

İÇİNDEKİLER

CONTENTS

HABERLER

NEWS

Editörden

77

From The Editor

Dernekten Haberler

78

News From The Association

ARICI

BEEKEEPER

Ballı Bitkiler ve Bal Arıları
İrfan KANDEMİR

79

Nectarous Plants and Honey bees
İrfan KANDEMİR

İsrail'de Arıcılık
Haim EFRAT, Yossi SLAVETZKY
Shimon BAREL, Deniz ZİLBERMAN
Boris YAKOBSON

82

Beekeeping in Israel
Haim EFRAT, Yossi SLAVETZKY
Shimon BAREL, Deniz ZİLBERMAN
Boris YAKOBSON

ARI BİLİMİ

BEE SCIENCE

Cypermethrinin Galleria Mellonella L. (Lepidoptera: Pyralidae)'nin Puplaşma ve Ölüm Oranlarına Etkisi
Olga SAK
Fevzi UÇKAN

88

Effects of Cypermethrin on the Pupation and Mortality of Galleria mellonella L. (Lepidoptera: Pyralidae)
Olga SAK
Fevzi UÇKAN

Kuzey Amerika Bombus Arıları (Bombus Sensu Stricto Latreille) Üzerinde Koruma Planları için Tür Veritabanı ve Tarihsel Dağılım Haritaları Oluşturulması
Jonathan B. KOCH
James P. STRANGE

97

Constructing a Species Database and Historic Range Maps for North American Bumblebees (Bombus Sensu Stricto Latreille) to Inform Conservation Decisions
Jonathan B. KOCH
James P. STRANGE

Santa Cruz ve Midilli Adasında Güneşçiçeği Bitkisinde Balözü Salgısı ve Arı Çeşitliliği: Bal Arıları Nereye Kayboldu?

109

Nectar Secretion and Bee Guild Characteristics of Yellow Star-Thistle on Santa Cruz Island and Lesvos: Where Have the Honey Bees Gone?

John F. BARTHELL, Meredith L. CLEMENT
Daniel S. SONG, Amy N. SAVITSKI
John M. HRANITZ, Theodora PETANIDOU Robbin W. THORP,
Adrian M. WENNER,
Terry L. GRISWOLD, Harrington WELLS

John F. BARTHELL, Meredith L. CLEMENT
Daniel S. SONG, Amy N. SAVITSKI
John M. HRANITZ, Theodora PETANIDOU Robbin W. THORP, Adrian
M. WENNER
Terry L. GRISWOLD, Harrington WELLS

EDİTORDEN

From the Editor

Değerli Okuyucularımız,

Uludağ Arıcılık Derneği'nin 13 Nisan 2000 tarihi olan kuruluşundan bu yana 10 yılı aşkın bir zamanın geçmesi ve Uludağ Arıcılık Dergisi'nin ise 9 yılı doldurmak üzere olması oldukça sevindiricidir. Ülkemizde maalesef mesleğe yönelik dergilerin ömürleri çok kısa olmaktadır. Bu zaman dilimi bir dergi için uzun olmasa bile "Arıcılık" dergisi gibi konusunda özel bir dergi için önemli görülmektedir. Zaman hızla akıp giderken ve sonrasında bu zaman içinde yapılan işler ve aşılın basamaklar aklımıza geliyor. Uludağ Arıcılık Derneği'nin kuruluşundan bu yana geçen 10 yıl öncesi ve sonrasında önemli değişiklikler olduğunu görüyoruz ve bu durum bizi mutlu ediyor. Sadece kırsal alanlarda ve köylerde konuşulan arıcılık artık şehirlerde ve hatta organik/ekolojik arıcılığın daha karlı olduğu düşünüldüğünde yatırımcıların, işadamlarının ve sanayicilerin ilgi odağı olmaya başlamıştır. Artık arıcılığın hobi olmaktan çıktığı büyük işletmelere doğru yol aldığını görüyoruz.

Arıcılarımız arıcılık bakım-besleme, hastalıklar konusunda eskisinden daha fazla bilgiye sahiptir. İstenilen seviyede olmasa bile yeni eğitilmiş ve okumaya meyilli gençlerin arıcılığa başlaması ile durum daha çok değişmeye başlamıştır. Daha önce arıcılarımızın bilgi almaya çalışırken yanlış bilgilendirilmeleri nedeniyle yaşadıkları hayal kırıklıkları, isteksizlik ve güven sorunları son yıllarda Uludağ Arıcılık Derneği'nin konusunda uzman kişileri davet ederek organize ettiği seminerler, konferanslar ve kongreler ile aşılmaya çalışılmıştır. Artık ülkemizde çok az sayıda da olsa arıcılık merkezleri açılmaya başlanmıştır. En önemli sorunlarımızdan biri olan arıcılıkta yetişmiş eleman ihtiyacı ise giderek artmaktadır. Meslek Yüksek Okullarında açılan Arıcılık Programlarında uygulamaların çok yetersiz olması, istenilen seviyede talebi karşılamaktan oldukça uzak kalmıştır. Arıcılık araştırma merkezlerinin özellikle uygulamaya yönelik proje çalışmaları ile arıcılık konusunda yüksek lisans seviyesinde hizmet vermesi durumunda arıcılık konusunda uzman eleman ihtiyacının karşılanabileceği düşüncesindeyim.

Bu yılın önemli konularından biri bu yılın Eylül ayında Fransa'da yapılacak olan Apimondia dünya arıcılık kongresidir. Dünyadaki en büyük ölçekli Arıcılık kongresi için ülkemizin ilk kez bu toplantının ülkemizde yapılması için adaylığını açıklamış olması önemlidir. Sonuç başarısız olsa bile ülkemizin adaylığını koymasının uluslararası camiada arıcılık konusunda biz de varız demesi bakımından önemli bir adım olduğu konusunda hemfikir olduğumuzu sanıyorum. Bu toplantının yeri konusunda ülkemiz lehine karar verilmesi durumunda ise ülkemiz arıcılığın tanıtılmasında önemli bir rol oynayacağını ve bunun için hepimizin çalışmasının yararlı olacağını düşünüyorum.

Arıcılarımızın en çok konuştuğu ve sorduğu konu ise bu yılki bal verimi nasıl olduğudur. Bir sezonu daha geride bırakıyoruz. Güney Marmara bölgesinde arıcılarımızın birçoğu verimin bu yıl düşük olduğunu ve arı kolonilerinin zayıf olduğunu belirtmektedir. Nektar salgısını etkileyen birçok etken olduğunu ve sadece etrafta çok çiçek olmasının çok nektar anlamına gelmediğini belirtmekte yarar var. Nektar akımının yüksek olması için gece gündüz sıcaklıklarının farkları, nispi nem, rüzgârın yönü, hızı ve etkileri gibi birçok faktörün rol oynamakta olduğunu, ancak ideal koşullarda yüksek nektar akımı olabileceğini hatırlatmakta yarar var. Bunun yanında sağlıklı ve güçlü kolonilerden yüksek verimin beklenmesi gerektiğini unutmamak gerekir.

Bundan sonra kolonilerin sonbahar bakım-besleme, hastalık ve zararlı mücadelesinin yapılması önemlidir. Bu mücadeleyi yaparken mümkün olduğunca ilaçları doğru ve dikkatli şekilde, mümkünse organik mücadele yöntemlerinin kullanılmasını tavsiye ediyoruz.

Bu yılın son sayısı olacak olan Kasım sayısında buluşmak dileğiyle, hoşçakalın...

Editör

Doç.Dr.İbrahim ÇAKMAK

DERNEKTEN HABERLER

News from Asociacion

Merhaba Sevgili Okuyucularımız,

Uludağ Arıcılık Derneği'nin kurulduğu günden bu güne değişmeyen ve gelişen faaliyetlerinden ötürü, kurumsal nitelikte bir dernek halini aldığını sevinerek bildirmek isterim.

Türkiye'deki arıcılığın doğru tanıtılması, gelişmesi yönünde birçok etkinlikte ve faaliyette bulunan derneğimizin kurumsal nitelik kazandıran etkinliklerini değerli okuyucularımız ile paylaşmak istiyorum.

Bunlardan birincisi şu anda, siz değerli okuyucularımıza ulaşmamı sağlayan "Uludağ Arıcılık Dergisi"dir. Bu derginin senede dört sayı olarak, arıcılığa ilgi duyan bizlere ulaşması için özverili çalışmalarda bulunan yönetim kurulu üyesi **Selvinar ÇAKMAK**'a ve Saygıdeğer Editörlerimize ve bugüne kadar emeği geçen herkese, her şeyden önce bir arı sever olarak ve daha sonra Uludağ Arıcılık Derneği başkanı olarak teşekkürü bir borç bilirim.

Gün geçtikçe gelişen diğer bir etkinliğimiz ise; kış aylarındaki tanışma ve bilgi paylaşma toplantıdır. Bu toplantılar Ekim–Nisan ayları arasında yapılmaktadır. Bu toplantılarda arıcılarımızın yaşadıkları problemleri birinci ağızdan duyma imkânı bulmaktayız. Ayrıca arılar ile ilgili kafalarını kurcalayan soruları sorma fırsatı bulan değerli katılımcılara birçok alternatif çözümler önerilmektedir. Tüm arıcıların yaşadığı baharı bekleme heyecanına benzer bir heyecanla bu toplantılar beklenmektedir. Bu toplantının yeri ve zamanı daha sonra değerli üye ve katılımcılara duyurulacaktır. Değerli okuyucularımız da Bursa'da gerçekleşen bu toplantılara katılmak isterlerse; telefon veya elektronik posta adreslerini bize ulaştırması yeterlidir.

Uluslararası düzeyde gerçekleşen Marmara Arıcılık Kongresi; 4. Marmara Arıcılık Kongresini Çanakkale'de gerçekleştirmek için; Uludağ Üniversitesi **AGAM Müdürü Prof. Dr. Levent AYDIN** ve Kurucu Başkanımız **Mustafa CİVAN** ile birlikte 16 Haziran 2009 Salı günü sıcak bir yaz gününde yola koyulduk. Çanakkale'ye vardığımızda bizi önce Çanakkale'nin o güzel rüzgârlı havası karşıladı, bunaltıcı sıcaklık yerini güzel bir yaz gününe bırakmıştı. Çanakkale Arıcı Birliği şirin tarihi bir binada faaliyetlerini yürütüyordu. Dergimizde yayınlanan yazısından tanıdığım telefon ile görüştüğüm **Çanakkale Arıcı Birliği Başkanı Cahit İLERİ** ve yönetim kurulu üyesi olup saymanlık görevini yürüten **Soner ÜNAL** ile tanışma fırsatı bulduk. Çanakkale Arıcı Birliği, ballarını kavanozlara doldurmak için son derece modern ve temiz bir tesis kurmuş ve birlik ballarını ARIBURNU markası ile pazarlamakta. "ARIBURNU" marka ismi benim çok hoşuma gitti. Çünkü ARIBURNU ismi Çanakkale'yi hatırlatan ve Çanakkale ile özdeşleşmiş bir isim. Bu ismi

marka yaparak, Çanakkale arıcıları kendi değerlerine sahip çıkmışlardır. Bu marka Çanakkale Arıcı Birliğine çok yakışmış, ARIBURNU denince ÇANAKKALE, ÇANAKKALE denince ARIBURNU aklımıza gelmektedir. Çanakkale Birlik yöneticileri ile birlikte öğle üzeri 18 Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi ile görüşmeye gittik. **18 Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dekan Yardımcısı Prof.Dr. Harun BAYTEKİN**, ve **Zootekni Bölümü Başkanı Prof.Dr. Türker SAVAŞ** Çanakkale Arıcı Birliği Başkanı Cahit İleri ve saymanı Soner Ünal ile yaptığımız toplantıda; 2010 yılı Kasım ayı sonu ile Aralık ayı başı arasındaki bir tarihte 4. Marmara Arıcılık Kongresini Çanakkale de yapmaya karar verdik. Dekan yardımcısı Prof.Dr.Harun BAYTEKİN, kendisinin de arı ile ilgilendiğini ve birkaç kovan arısı olduğunu, arıcılığı çok sevdiğini ve değer verdiğini öğrendik. Bizlere Marmara Arıcılık Kongrenin yapılacağı tesisleri gezdirdiler çok beğendik. 4. Marmara Arıcılık Kongresini Çanakkale de gerçekleştirecek olması bizleri heyecanlandırdı.

Çanakkale'ye gidenler bilir, gitmeyenler ise Çanakkale'yi çok duymuşlardır. Mutlaka teneffüs edilmesi ve görülmesi gereken yerlerdendir Çanakkale. Alacağınız tat ve lezzet size özel olacağından detaylara değinmiyorum. Çay içmek için Ziraat Fakültesinin bahçesine oturduğumuzda harika boğaz manzarası karşısında donup kaldım. Boğaza hâkim bir tepede kurulmuş olan fakültede katılımcıların keyif alacağı bir ortamda kongre gerçekleşecektir. 4.Marmara Arıcılık Kongresinin ev sahipliğini üstlenen 18 Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dekan yardımcısı Prof.Dr. Harun BAYTEKİN'e Zootekni Bölümü Başkanı Prof. Dr. Türker SAVAŞ'a, Çanakkale Arıcı Birliği Başkanı Cahit İLERİ'ye ve Uludağ Üniversitesi Arıcılık Geliştirme ve Araştırma Merkezi (AGAM) Müdürü Prof.Dr. Levent AYDIN'a teşekkür ederim.

Bu yazımda Uludağ Arıcılık Derneğinin kurulduğundan beri periyodik olarak gerçekleştirdiği faaliyetlerinden kısaca bahsetmek istedim. Çünkü bu devamlılık bizim derneğimize kurumsal bir nitelik kazandırmaktadır. Bu kurumsal yapı dernek mensuplarının gönüllü çalışmasından ve iş bölümünden kaynaklanmaktadır. Değerli üyelerimizin katkılarıyla oluşan bu olgu için tüm üyelerimize teşekkür ederim. Ve siz değerli okuyucularımız, eğer derneğimize üye değilseniz üye olup en azından yıllık ödentinizi ödemek kaydı ile derneğimize katkı sağlayabilirsiniz. Üye olmanız halinde dergimiz ücretsiz olarak sürekli gelecek ve aramızdaki bağımızı güçlendirmiş olmamız bizleri mutlu edecektir. Sağlıklı mutlu günler dileği ile sevgi ve saygılarımı sunarım.

Uludağ Arıcılık Derneği Başkanı
Refik BERİ

BALLI BITKILER VE BAL ARILARI

Nectarous Plants and Honey bees

Doç.Dr. İrfan KANDEMİR

Biyoloji Bölümü, Fen Fakültesi, Ankara Üniversitesi

Arıcıların merak ettiği konuların en önemlilerinden iki tanesi: hangi ağaçtan ne kadar nektar ve ne kadar polen alırım olmuştur. İlkbaharda arılar ne kadar iyi polen toplarsa koloni o kadar gelişir, ne kadar iyi nektar gelirse hasat da o kadar iyi olur. Hele bir de hasat sonrası polen gelmesi kolonilerin kışa daha güçlü ve iyi girmelerini sağlar.

2006 yılında Bulgaristan-Sofya'da Kraliçe arı seçimi ve ıslahı konusunda Apimondia Sempozyumuna katılmıştım. Her kongrede olduğu gibi orada da katılımcılara bir çanta verildi ve genelde bu çantalar kongre süresince kullanılır daha sonra çalışılan odada bir yere konular unutulur. Benim açımdan da bu durum farklı bir şekilde cereyan etmedi, ancak üniversite değiştirenince tabii bazı yer değiştirmelerden dolayı bu çantayı yeniden açtım ve çok ilginç küçük bir kitapçık fark ettim. Bu kitapçık Mihaela Yordanova tarafından yazılmış ve ismi de "Bulgaristan'da bal yetiştiriciliği bitkileri" şeklinde tarafıma tercüme edilmişti.

İşte buradaki bazı bilgileri sizlerle paylaşmak ve Ülkemizde de aşağı yukarı benzer olduğunu düşündüğümünden bitkilerin ürettikleri polen ve nektar bilgilerini aktarmanın arıcılarımıza gittikleri herhangi bir arazide ne kadar bal ve polen alabileceklerini tahmin etmeye yararlı olacağını düşünmekteyim.

Neden bu konu önemli diye soran elbette çıkmayacaktır. Çünkü arıcılar bitkisiz, bitkiler de arısız olamaz, hele hele kendi ülkemizde 10,000'den fazla tanımlanmış tür sayısı ve bunların yaklaşık %35'inin endemik olduğu düşünülürken. Bu bitki-arıcı ilişkisinin çok daha fazla olması gerekmektedir (Şekil 1). Bu kadar zengin flora karşısında lütfen ne kadar bal ürettiğimizi düşünüp arıcılığımızın gelişmesi için daha çok çabalamamız gerektiğini unutmayalım.

Tablo 1 sadece arıcılık açısından bazı özelliklerin derlendiği bitki listesini içermektedir ve başka bir ülke için hazırlanmıştır. Ülkemiz bitki sistematikçileri

de böyle bir eseri ülkemiz açısından bir araya getirebilirlerse, ülkemiz arıcılığı için son derece önemli bir kaynağı oluşturacak ve ülke arıcılığımıza büyük bir hizmet yapacaklardır.

Şekil 1 de ise Tablo 1 de yer almayan birçok bitki yer almakta ve ülkemiz bitki biyo-çeşitliliğini göstermektedir. Tablo 1 incelendiği zaman bitki çeşitliliği deniz seviyesinden 2500 metrelik rakımlara kadar ulaşmakta, çiçeklenme zamanının ise şubat ayından başlayıp ekim ayına kadar sürdüğü görülmektedir. Bu da ülkemiz farklı coğrafyalarında farklı zamanlarda arıcılık faaliyetlerinin yapılabileceğini ve bu da neden gezginci arıcılığın bu kadar ülkemizde yaygın olduğunu açıklamaktadır.

Bitkilerin polen ve nektar verimleri son derece farklılık göstermekte, bazı bitkiler az polen çok nektar, bazıları son derece zengin polen kaynağı iken sıfır nektar üretebilirler. Polen ve nektar verimlerinin yanında bitkilerin ne zaman bu arıcılık değerlerini salgıladığı ya da ürettiği önemlidir. Fındık bazı arıcılar tarafından arıcılık için değersiz gibi düşünülebilir, ancak Şubat ayında polen üreten bir bitki arının erken ilkbaharda gelişmesi için son derece yararlıdır. Aynı şekilde söğüt ağacı bilinenin aksine yine Mart ayında polen üretilmesi ile koloninin gelişimine son derece etki yapmaktadır.

Bitkiler arıcılar için son derece önemlidir ve arıcıların var olma nedenidir. Ancak arılar da bitkiler için tozlaşma açısından vazgeçilmezdir. Sadece tozlaşma değil, meyvenin tutması ve meyvenin düzgün şekilli olması da ne kadar iyi tozlaştığı ile direkt ilişkilidir. Tüm bunlardan dolayıdır ki özellikle ABD'de tarla sahiplerinin tozlaşma için arı kolonisi kiralamaları ve her bir koloni için yüzlerce dolar ödemesi son derece önemlidir. Ülkemizde de bu tür tozlaşma faaliyetleri yeni yeni başlamış olup, bu tür tozlaşma faaliyetleri ekonomik anlamda tarıma büyük katkılar yapacak ve arıcılarımıza da ek bir gelir sağlayacaktır.

ARICI / BEEKEEPER

Tablo 1. Bazı bitkilerin arıcılık açısından önemli karakteristikleri

Bitki İsmi	Latince ismi	Tipi	Rakım (m)	Çiçek Açma zamanı	Polen verimi	Bal verimi (kg/dönüm)
Yalancı akasya	<i>Robinia pseudoacacia</i>	Ağaç	0-1000	Nis-May	+++	66.3
Çivit ağacı	<i>Amorpha fruticosa</i>	Çalı	0-500	May-Haz	++	86
Orman sarmaşığı	<i>Hedera helix</i>	Otsu	0-1800	Ağu-Eyl	+++	4.3
Boğa dikenini	<i>Eryngium campestre</i>	Otsu	0-900	Tem-Ağu	++	3
Hayıt ağacı	<i>Vitex agnus-castus</i>	Çalı	0-400	Tem-Ağu	+++	25-140
Söğüt	<i>Salix alba</i>	Ağaç	-	Mar-May	+++	8
Yakı otu	<i>Epilobium angustifolium</i>	Otsu	100-1800	Haz-Eyl	+++	8-60
Gladiçya	<i>Gleditsia triacanthos</i>	Ağaç	0-1000	May-Haz	+++	16
Adi aliç	<i>Crateagus monogyna</i>	Çalı	0-1500	May-Haz	+++	12
Karahindiba	<i>Taraxacum officinale</i>	Otsu	0-2800	Nis-Eki	+++	2-5
Üçgül	<i>Trifolium repens</i>	Otsu	0-2800	May-Eki	++	27,2
Süs eriği	<i>Prunus ceracifera</i>	Ağaç	0-1500	Mar-Nis	++	2-7
Erguvan	<i>Cercis siliquastrum</i>	Ağaç	0-800	Nis-May	+++	28.4
Aslan otu	<i>Leonurus cardica</i>	Otsu	0-1000	Tem-Eyl	++	10
Gazel boynuzu	<i>Lotus corniculatus</i>	Otsu	0-2300	May-Eyl	+++	12.7
Zehirli yonca	<i>Dorycnium herbaceum</i>	Otsu	0-1700	May-Ağu	+	11.7
Kırmızı gelin	<i>Geranium macrorrhizum</i>	Otsu	300-2500	Nis-Tem	++	10.6
Yer elması	<i>Helianthus tuberosus</i>	Otsu	0-1000	Tem-Eki	++	14
Sigara ağacı	<i>Catalpa bignonioides</i>	Ağaç	-	Haz-Tem	+++	12
Anadolu kestanesi	<i>Castanea sativa</i>	Ağaç	0-1000	Haz-Tem	++	5
Güvey kandili	<i>Koelreuteria paniculata</i>	Ağaç	-	May-Haz	++	7
Ak taşyoncası	<i>Melilotus alba</i>	Otsu	0-1500	Haz-Eyl	+	16.4
Gümüşü adaçayı	<i>Salvia argentea</i>	Otsu	0-1000	Haz-Tem	+++	36.6
At kestanesi	<i>Aesculus hippocastanum</i>	Ağaç	200-1000	Nis-Haz	++	3.6
Lavanta	<i>Lavandula angustifolia</i>	Çalı	500-1000	Haz-Tem	+++	12
Fındık	<i>Corylus avellana</i>	Çalı	0-800	Şub-Nis	+++	-
Küçük yapraklı İhlamur	<i>Tilia cordata</i>	Ağaç	0-1500	Haz-Tem	+++	29.1
Büyük yapraklı İhlamur	<i>Tilia platyphyllos</i>	Ağaç	500-1600	Haz-Tem	+++	23.3
Gümüşü İhlamur	<i>Tilia tomentosa</i>	Ağaç	800-1500	Haz-Tem	+++	35
Yonca	<i>Medicago sativa</i>	Otsu	0-1200	May-Eyl	+++	10
Deve dikenini	<i>Carduus nutans</i>	Otsu	0-1500	Haz-Eki	++	6
İnci çalısı	<i>Symphoricarpus albus</i>	Çalı	-	Haz-Eyl	+++	230
Oğul otu	<i>Melissa officinalis</i>	Otsu	0-1200	Haz-Eyl	+	8.7
Kekik	<i>Thymus sp.</i>	Otsu	-	May-Eyl	++	4.9
Tatar akçaağacı	<i>Acer tataricum</i>	Ağaç	0-800	May-Haz	+++	11.2
Nane	<i>Mentha longifolia</i>	Otsu	0-1200	Haz-Eki	++	6
Çiçekli dişbudak	<i>Fraxinus ornus</i>	Ağaç	0-1500	Nis-May	++	8
Kuşüvezi	<i>Sorbus aucuparia</i>	Ağaç	600-2000	Nis-Tem	+++	3-4
Ayçiçeği	<i>Helianthus annuus</i>	Otsu	-	Haz-Ağu	+++	57-205
Keklik otu	<i>Origanum vulgare</i>	Otsu	0-1700	May-Ağu	+++	14.7
Sarkık Japon Soforası	<i>Sophora japonica</i>	Ağaç	-	Tem-Ağu	+++	14
Arı otu	<i>Phacelia tanacetifolia</i>	Otsu	0-500	Haz-Ağu	+++	35-120
Kiraz	<i>Prunus avium</i>	Ağaç	0-2000	Nis-May	++	2-4
Çınar yapraklı Akçaağaç	<i>Acer platanoides</i>	Ağaç	500-1500	Nis-May	+++	20
Elma	<i>Malus domestica</i>	Ağaç	0-1500	Nis-May	+++	9.5
Dağ akçaağacı	<i>Acer pseudoplatanus</i>	Ağaç	100-1400	Nis	+++	8.2

ARICI / BEEKEEPER



Şekil 1. Türkiye arıcılık açısından son derece önemli nektarlı bitki çeşitliliğine sahiptir. Ülkemizde tanımlanmış tür sayısı neredeyse tüm Avrupa bitki türleri sayısına eşittir

Teşekkür:

Bu küçük derlemeye çok büyük katkısı olan "Bulgaristan'daki ballı bitkileri" adlı kitabı yazan Mihaela YORDANOVA ve kitapta bazı tercümeleyen Mesur TÜRKER'e ve çektiği resimleri bu makaleden esirgemeyen Zonguldak İli Arı Yetiştiricileri Birliği Başkanı Selahattin GÜNEY'e çok teşekkür ederim.

Extended Summary

The present mini-paper was inspired from a book published by Mihaela Yordanova entitled "Honey plants of Bulgaria". During field trips to apiaries, I learned how beekeepers are curious about the pollen or nectar production of plant species. The fore mentioned book explained some of the beekeeping characteristics of plants of Bulgaria. From that book I adapted the characteristics to Turkish plants in which most of the plant species found in both countries. The common Turkish names were added. The importance of floral

distribution from the sea level to 3000 meters and the diversity of blooming time make our pristine country favorable for migratory beekeeping. Our beekeepers unfortunately cannot get the maximum benefit out of such floral richness, In turkey, the pollination business still is not in a level comparable to the benefit obtained from pollination in the USA, that orchard owners pays hundreds of dollars for the pollination to the beekeepers. This new business is just flourishing in Turkey that some seed producing companies are now hiring beekeepers for plant pollination. Not only the pollination but a good pollination also brings better morphology of the fruit that is favorable buy the consumers. Hopefully this pollination business by beekeepers finds wider application in our country so that farmers have much better profitable harvest and at the same time additional income for the beekeepers.

İSRAİL'DE ARICILIK

Beekeeping in Israel

Haim Efrat*, Yossi Slavetzky¹, Shimon Barel², Deniz Zilberman², Boris Yakobson³

¹Arıcıları Bilgilendirme ve Rehberlik Bölümü, Arıcılık Şubesi, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, İSRAİL

²Ulusal Kalıntı Kontrol Laboratuvarı, Kimron Veteriner Enstitüsü, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, İSRAİL

³Kimron Veteriner Enstitüsü Müdürü, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, İSRAİL

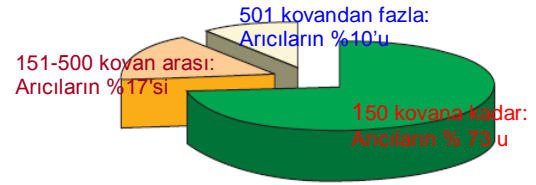
İsrail çok eski çağlardan beri "Süt ve Bal Ülkesi" olarak tanınır. Gerçekten günümüzde de İsrail süt sığırlarının ürettiği süt miktarı diğer ülkelerdeki sığırların yaklaşık üç katı daha fazladır. Buna ek olarak ülkede görülen değişik coğrafik iklimler İsrail arıcılarının çok çeşitli nektarlardan bölgeye has bal üretebilmelerine olanak sağlar.

Çok küçük bir ülke olan İsrail'de (nüfus: 7.000.000) 500 kadar arıcı 94.000 Langstroth kovanla yılda 3.200 ton bal üretmektedir. Bu kovanların yaklaşık olarak %75'i yüzlerce hatta binlerce koloniye sahip olan ticari, profesyonel arılık işletmelerine aittir. Gelişmiş ülkelerdeki ticari, profesyonel, büyük arılık işletmeleri ülke arıcılığının çok ufak bir yüzdesini oluşturmaktadır. İsrail'de bu yüzdenin yüksek olması yüksek teknolojik standartlarda çok modern bir arıcılık ve arılık işletmeciliğinin yapılmasından kaynaklanmaktadır.

İsrail'deki su sıkıntısı nektar kaynağı olan çiçeklerin gelişmesinde çok büyük bir engeldir bununla birlikte gittikçe artan şehirleşme ve nektar kaynağı olan okaliptüs ağaçlarının ve portakal ağacı koruluklarının yanından geçen otobanlar ve hava kirliliği bal üretimini olumsuz yönde etkilemektedir. Artan bu olumsuz şartlar İsraili arıcıları etkili ve modern arı üretme metotları bulmaya, yüksek teknoloji makinalar kullanmaya itmiştir ve bu yöntemlerle İsraili arıcılar yılda bir kovandan ortalama 40 kg bal alabilmektedir. İsrail Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı ile İsrail Balcılar Birliği nektar ve polen üretimini artırmak amaçlı ağaç dikimini ve çiçek ekimini destekleyen büyük çaplı bir projeye imza atmışlardır.

Arıcılığın tarımdaki önemi bal ve bal ürünleri üretiminden daha fazladır. Tarımda arıcılığın en büyük önemi meyve ve sebze üreten çiçeklerin arılar vasıtasıyla tozlaşması (polinasyonudur).

Arı Çiftliklerinin Büyüklüklerine Göre Dağılımı



İsrail arısı seçilmiş yerel stok arıları arasından yetiştirilmiş saldırgan ve modern arılıklarda çalışılması zor bir arıdır (*Apis mellifera syriaca*), bu arı zamanla uysallaştırılmak amacıyla ithal edilmiş diğer arı alt türleri ile melezlenmiştir. Günümüzde İsrail'de en çok görülen arı Amerika'dan ithal edilmiş olan İtalyan arısıdır. İtalyan arısı saldırgan değildir ve iyi bal veren bir arı olarak kabul edilmektedir. Uzun zamanlı ıslah programlarının amacı uysal, yüksek kalite bal veren, varroa'ya dirençli arı soyları (hatları) oluşturmaktır.

Bal Üretimi

İsrail'de yılda 3200 ton bal üretilmektedir. Küçük çaplı arıcılar yılda kovan başına 20-30 kg bal alırken bu rakam büyük çaplı ticari bal üreten arıcılarda yılda kovan başına 50-60 kg'dir. İsrail balının yaklaşık olarak %40'ı narıncıye (turunçgil) çiçeklerinden üretilir ve bu bal en kaliteli ballardan biridir. Geri kalan %60'lık miktar ise genellikle çeşitli yabancı çiçeklerden, bitkilerden, devedikeninden, orkideden ve bakliyalardan üretilen baldır. Ülke içindeki yıllık tüketim miktarı 3600 ton, yıllık getirisi ise 10 milyon dolardır.

Tozlaşma (Polinasyon)

Arıların dolayısıyla arıcılığın en önemli ve yeri doldurulamaz görevlerinden biri de avokado,

ARICI / BEEKEEPER

salatalık, çilek, ayçiçeği, kavun, kış sebzeleri ve daha birçok tarımsal ürününün tozlaşmasını (polinasyonunu) sağlamaktır. Birçok tarımsal bitki tozlaşmak için bal arılarına ihtiyaç duyar, diğerleri ise bal arıları sayesinde verimini %30 düzeyinde artırır. Arılar yeşil seralarda ve tarlalarda tozlaşma amacıyla kullanılmaktadırlar. 60,000'den fazla kovan tozlaşmada kullanılmaktadır. bunun yıllık getirisi 2.4 milyon dolardır. Uygulamada ise tozlaşmanın tüm İsrail tarımına olan ticari etkisi yaklaşık olarak 480 milyon dolardır.

Arı Ürünleri

Arıcılık endüstrisi bal üretimi ve tozlaşma dışında küçük çapta mum yapımında ve petek üretiminde kullanılmak üzere balmumu ve özellikle alternatif tıpta kullanılmak amacıyla arı zehri, arı sütü ve propolis üretmektedir.

Arıcılık Sektörünün Örgütlenme Yapısı

Arıcılık endüstrisi birçok kurum tarafından organize edilmekte ve yönetilmektedir.

• Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Arıcılık, Arıcıları Bilgilendirme ve Rehberlik Bölümü:

Bu bölümün görevi arıcıları, bilgilendirmek, rehberlik etmek, yeni çıkan gelişmelerden ve yöntemlerden arıcıları haberdar etmek, sahada karşılaşılan problemlere çözüm bulmak ve farklı arı soyları (hatları, melezleri) geliştirmektir.

• Veteriner Hizmetleri:

Arı hastalıkları, arı için zararlı böcekler, parazitlerden korunma ile arı ve arı ürünlerinin ithalat ve ihracatının yapılabilmesi için gereken yönetmeliklerin düzenlenmesinden sorumludur. Bu amaçla balda kalıntı kontrol analizleri yapılır. Veteriner Hizmetleri son beş yıldır ülkenin tamamını kapsayacak şekilde yıllık bal kalıntı analizleri yaparak ülkenin bal kalıntı analiz tablosunu çıkarır. Bu analizlerin içinde böcek zehri ilaçları (pestisitler: amitraz, kumafos, fluvalinat) antibiyotikler (sulfanamidler, tetrasiklin, kloramfenikol), ağır metaller ve fumagilin yer alır. Bu analizlerin birçoğu veteriner hizmetlerinin ulusal kalıntı kontrol laboratuvarında yapıldığı gibi bir kısmı da Avrupa'daki sadece bal ve bal ürünlerindeki kalıntı analizleri üzerine uzmanlaşmış dünyanın ileri gelen laboratuvarları ile ortak yapılmaktadır.

Veteriner Hizmetlerinin ulusal kalıntı kontrol laboratuvarında yukarıda belirtilen yıllık genel analizlerle beraber iç piyasada satılacak ya da ihraç

edilecek (Avrupa, Amerika, Kanada ve Japonya) bal ve bal ürünlerinin rutin kalıntı kontrol analizleri de gerçekleştirilmektedir. Bu analizlerin hepsi ihraç edilecek ülkenin de yönetmelikleri göz önünde bulundurularak (Avrupa, Amerika, Kanada ve Japonya) uluslararası kalite kontrol analiz yöntemlerine uygun olarak yapılmaktadır.

• Kudüs Hebrew Üniversitesi Tarımsal Gıda ve Çevre Kalitesi Bilimi Fakültesi, Triwaks Arı Araştırma Merkezi:

Arıcılıkla ilgili bilimsel araştırmalar yapma, arıcılara ve öğrencilere yönelik bilgilendirici kurslar vermekten sorumludur

• İsrail Arıcılar Birliği:

İsraili arıcıları gerek yurt içinde gerekse yurt dışında çeşitli forumlarda temsil eder. Avrupa, Amerika ve diğer ülkelerdeki arıcılar birliği ile bağlantılar kurar. Arıcıların yeni teçhizat alması ve modernizasyonu için her türlü desteği sağlar.

• İsrail Balcılar Birliği:

Arıcıların kayıtlarının yapılmasından, ekinlerin dağılımından ve bal pazarının denetiminden sorumludur.

İsrail Balcılar Birliği, bal ve bal ürünlerinin kalite kontrol zincirinin önemli bir halkasını oluşturmaktadır. Balcılar birliği kovan ve kovan iç malzemelerinden kavanozdaki bala kadar tüm üretim zincirinin kontrollerini yapmakla yükümlüdür. Ayrıca Balcılar Birliğinin en önemli görevlerinden biri ülkeye özgü bitkileri bularak yalnızca İsrail'e has balları üretmek ve bunları bir dünya markası haline getirmektir

• İdari Yönetim Kurulu

Yukarıda belirttiğimiz tüm kurumların temsilcilerinden oluşur ve bu şubenin tüm aktivitelerinin koordinasyonundan sorumludur.

İhracat:

Ballarını ihraç etmek isteyen arıcılar veteriner hizmetlerinden, ihraç edilecek ülkenin de yönetmeliklerine uygun olmak üzere ballarının uluslararası standartlara uygunluğunu belirten bir sertifika almak zorundadır. Bu şekilde İsraili arıcılar çok rahat bir şekilde ballarını Avrupa, Amerika, Kanada, Japonya ve daha birçok ülke pazarlarında satabilmektedirler.

İhracattaki en önemli başarılarından biri, yüksek teknoloji ile üretilmiş dünyanın en pahalı balı olan

ARICI / BEEKEEPER

(kilosu 1000 \$) "Life Mel"'dir. "Life Mel" dünyanın her yerinde satılmakta, özellikle Hollywood ve Londra'da ünlüler tarafından çok fazla tüketilmektedir. Bu bal BBC ve Skynews gibi birçok haber kanalında programlara konu olmuştur.



Arı ve Arı Ürünleri Araştırma, Geliştirme Çalışmaları

Üniversiteler haricinde, Tarım ve Köylüleri Bakanlığı çatısı altında arı ve arıcılık sektörü ile ilgili her türlü bilimsel araştırmayı gerçekleştiren özel bir birim bulunmaktadır. Bu birimi; Veteriner Enstitüsü, Arıcıları Bilgilendirme ve Rehberlik Bölümü, Tarım Araştırma Merkezi ve Volkanî Tarım Araştırma Organizasyonu'nda çalışan bilim adamları oluşturmaktadır.

Bu gurubun yaptığı en önemli araştırmalar arasında.

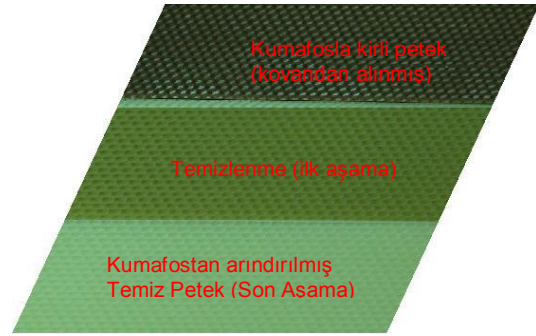
- Kumafosun yerini alabilecek varroa'ya karşı etkili yeni ilaçlar geliştirmek,
- "Koloni Çökme Bozukluğu (CCD)"nu daha iyi anlamak,
- Yeni antiviral ilaçlar üretmek,
- Genetik olarak ıslah edilmiş arılar üretmek,
- Arıların İsrail'e girişini ve yayılmasını önlemek,
- Kovan ve kovan malzemelerinden son ürüne kadar tüm üretim zincirinin kalite kontrolünü sağlamak,
- Kumafosu bir gösterge olarak kullanarak kalıntıların ve çevre kirliliğine yol açan maddelerin kovan içinde yayılma mekanizmasını, yolunu anlamak ve bu şekilde tedaviyi daha etkili kılacak yöntemler geliştirmek.

- "High-tech Honey" veya "Secondary Honey" (Yüksek Teknoloji Balı veya İkincil Bal) adı verilen balı yüksek teknoloji şirketleri ile birlikte geliştirmek ve dünya pazarına satmak (Life Mel) yer almaktadır.

Petek Temizlenmesi

Bu grubun yaptığı en ilginç ve zor çalışmalardan biri petekdeki kumafos kalıntı miktarı ile kraliçe arı ve işçi arılarının gelişimi arasındaki bağlantıyı göstermektir. Bu çalışmada petekdeki kumafos miktarı arttıkça kraliçe ve işçi arılarının gelişiminin negatif yönde etkilendiği görülmüştür. Bu çalışma da peteğin kumafostan temizlenmesinin koloni sağlığı, direnci ve gelecek nesil arılar için hayati önem taşıdığını göstermiştir.

Bu araştırma grubu, peteğin doğal kimyasal yapısını bozmadan oldukça ucuz bir teknikle, peteği kumafos'tan temizleme yöntemini geliştirmiştir.



Sonuç olarak, İsrail'de arıcılık multidisipliner olarak yapılmaktadır. Yani sadece bal verimine yönelik değil, tarım bitkilerinin tozlaşmasında, arı sütü, polen, propolis, arı zehri ve balmumu üretimine yönelik de verim ve kalite artırıcı bilimsel çalışmalar yapılmaktadır. Ülkenin ve halkın elde ettiği ekonomik gelir bu unsurların tümüne göre değerlendirilmektedir.

Arıcı-Üniversite-Devlet arasında güçlü bir koordinasyon sağlanmıştır ve bir sorun yaşandığında, tüm birimler kendi aralarında konuyu değerlendirerek sorunu çözülebilmektedir. Arıcıları ve halkı bilinçlendirmek, mevcut verimi ve kaliteyi artırmak amacıyla bilim ve teknoloji ışığında çalışmalar devam etmektedir.

**ULUDAĞ ARICILIK DERNEĞİ
ARICILARIMIZA ÜCRETSİZ AKASYA
FİDESİ DAĞITIMI YAPMAKTADIR**

REKLAM

REKLAM

ARI BİLİMİ / BEE SCIENCE

REKLAM

CYPERMETHRİNİN *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae)'nın PUPLAŞMA VE ÖLÜM ORANLARINA ETKİSİ

Effets of Cypermethrin on the Pupation and Mortality of *Galleria mellonella* L.
(Lepidoptera: Pyralidae)

(Extended Abstract in English can be found at the end of this article)

Olga SAK¹ ve Fevzi UÇKAN²

¹Balıkesir Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Çağış Yerleşkesi, 10145, Balıkesir, altun@balikesir.edu.tr

²Kocaeli Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Umuttepe, 41300, İzmit-Kocaeli

Anahtar Kelimeler: *Galleria mellonella*, Cypermethrin, Puplaşma

Key Words: *Galleria mellonella*, Cypermethrin, Pupation

ÖZET: Ağırlığına göre iki gruba ayrılan Büyük Balmumu Güvesi, *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae) son evre larvalarına farklı dozlarda cypermethrin besin içinde verildi. Cypermethrinin *G. mellonella*'da puplaşma ve ölüm oranlarına etkisi 25±1 °C sıcaklık, %60±5 nispi nem ve 12:12 saat (A: K) fotoperiyot uygulanan laboratuvar şartlarında incelendi. Cypermethrin aktif madde oranına göre saf su ile ppm düzeyinde seyreltilerek farklı konsantrasyonlarda çözeltiler hazırlandı ve bu çözeltiler petek, kepek, bal, gliserin ve su karışımından oluşan besin içindeki su yerine kullanıldı. Cypermethrinin Birinci Grup larvalar (0.12±0.02 gram) için 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 100, 500, 1000, 1500, 2000, 3000, 4000 ppm ve İkinci Grup larvalar (0.17±0.02 gram) için 5, 50, 100, 150, 200, 300, 400, 500, 1000 ppm değerleri uygulandı. Birinci ve İkinci Grup *G. mellonella* larvalarına insektisit uygulanması sonucu iki grup arasında puplaşma ve ölüm yüzdelerinde günlere göre büyük oranda benzerlik olduğu belirlendi. Cypermethrinin dozu arttıkça larval gelişim ve puplaşma süresi gecikti, puplaşma yüzdesi azaldı ve ölüm oranı arttı. İnsektisitlerin zararlı türlerin doğada larva gelişimlerini uzatması en çok zarar verdikleri bu evrede daha fazla kalmalarına yol açarak ekonomik kaybı artıracaktır. Ayrıca konaklarının pup evresine geç ulaşması, pup parazitoitleri düşünüldüğünde populasyon yoğunlukları ve nesillerinin devamlılığı açısından büyük tehlike yaratacaktır.

GİRİŞ

İnsanlar günümüzde kimyasal maddelerin oluşturduğu bir okyanus içinde yaşamaktadır. Bilinçsiz uygulanan kimyasal mücadele, kanserojen, teratojen ve mutajen olan kimyasalların bu okyanustaki birikimini artırmaktadır (Sternberg 1979, Schuytema ve ark. 1994, Shukla ve ark. 2002). Denetimsiz ve düzensiz kullanım, zaman içinde zararlıların direnç kazanmasına neden olarak, dozun her geçen gün daha da artırılmasına sebep olmaktadır (Ahmad ve ark. 1997, Soderlund ve Knipple 1999, Ribeiro ve ark. 2003). Buna bağlı olarak hem çevre kirlenmesi hızlanmakta hem de

ekonomik kayıp artmaktadır.

Doğal dengenin özüne ters olan kimyasal kontrol yönteminin ortaya çıkardığı sorunlar karşısında, diğer kontrol yöntemlerine yönelme zorunluluğu doğmuş ve "Birleşik Zararlı Yönetimi (Integrated Pest Management)" (IPM) denilen yöntem geliştirilmiştir (Hillocks 1995, Elad ve Shtienberg 1995, Öncüer 2000). Bu yöntemde amaç, pestisit kullanımını en aza indirmek, bütün kontrol olanaklarını araştırmak ve zararlıların doğal düşmanlarından en üst düzeyde yararlanmaktır (Hillocks 1995, Hill ve Foster 2000, Simmonds ve ark. 2002, Tomberlin ve ark. 2002). "Biyolojik

ARI BİLİMİ / BEE SCIENCE

Kontrol" bu yöntem içinde önemli bir yer tutmaktadır (Hillocks 1995, Öncüler 2000, Andow ve ark. 1997). Biyolojik kontrolde kullanılan ajanlar içinde belki de en uygunu, en az risk taşıyan ve en çok spesifik etki yapanı parazitoitlerdir (Andow ve ark. 1997, Xu ve ark. 2001, Chen ve Welter 2002, Uçkan ve Gülel 2002).

IPM programlarında her ne kadar kimyasal madde kullanımı en son çare ise de bazı durumlarda biyolojik ve kimyasal mücadele yöntemlerinin uygun olarak birlikte kullanılması gerekebilir. Bu nedenle, pestisitlerin zararlı tür ve doğal düşmanlar üzerindeki potansiyel etkilerinin belirlenmesi IPM programlarının önemli bir bölümünü oluşturur (Takada ve ark. 2001). Sentetik piretroit yapısında olan cypermethrin (Öncüler 2000, Kamrin 1997) kullanım alanı oldukça geniş, temas ve beslenmeye bağlı etki gösteren sistemik olmayan bir insektisitir (Kamrin 1997, Tomlin 2000). Ülkemizde cypermethrinin meyve, sebze, hububat, endüstri ve süs bitkileri zararlıları başta olmak üzere çok geniş bir uygulama alanı vardır (T.C. Tarım ve Köyüşleri Bakanlığı Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü 1999). Cypermethrin diğer sentetik piretroitler gibi sinir sisteminin normal işleyiş mekanizmasını bozarak etkili olur (Cox 1996).

Son yıllarda zararlı kontrolünde insektisitlerin kullanımı (Kudon ve ark. 1988, Nowak ve ark. 2000) ve bu maddelerin zararlı tür üzerindeki etkileri ile ilgili (Ahmad ve ark. 1997, Soderlund ve Knipple 1999, Hill ve Foster 2000) çok sayıda çalışma yapılmıştır. Ayrıca cypermethrinin konak-parazitoit ilişkisi içinde konak ve parazitoit türler üzerindeki etkilerini araştıran (Sak ve ark. 2006, 2009, Ergin ve ark. 2007) çalışmalar da mevcuttur. Birçok parazitoit böceğin konağı olan Büyük Balmumu Güvesi, *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae) arı kovanlarında gelişen zararlı bir türdür. Güvenin larvaları polen ve petekle beslenerek arı kovanlarına büyük zarar vermektedir. Daha önceki çalışmalarımızda cypermethrinin konak-parazitoit ilişkisi içinde parazitoit tür, *Pimpla turionellae* (L.) (Hymenoptera: Ichneumonidae)'nın biyolojik özelliklerini (Sak ve ark. 2009), toplam metabolit içeriklerini (Sak ve ark. 2006) ve hemositlerini (yayınlanmamış bilgi) nasıl etkilediğini araştırdık. Ayrıca cypermethrinin *G. mellonella*'nın toplam puplaşma yüzdesi (Sak ve ark. 2006) ile pup ağırlığı, erginleşme süresi ve larva davranışı üzerindeki (Sak ve ark. 2009) etkilerini de inceledik. Bu çalışmada ise farklı cypermethrin konsantrasyonlarının, larva ağırlığına

bağlı olarak *G. mellonella*'nın puplaşma yüzdesi ve ölüm değerlerini günlere göre nasıl etkilediğini belirlemeyi amaçladık.

GEREÇ VE YÖNTEM

Büyük Balmumu Güvesi, *G. mellonella*'nın stok kültürü laboratuvarımızdaki kolonilerden oluşturuldu ve belli zamanlarda Balıkesir çevresindeki arıcılardan alınan peteklerden elde edilen ergin güveler ile yenilendi. Kültürler, larvaların en iyi düzeyde gelişme gösterdiği 25 ± 1 °C sıcaklık, 60 ± 5 nispi nem ve 12:12 saat (Aydınlık: Karanlık) fotoperiyot şartlarında yetiştirildi. Pestisitli gruplar için aynı koşullara sahip ayrı bir laboratuvar kullanıldı. *G. mellonella* kültürü Bronskill (1961) tarafından geliştirilen (petek, kepek, bal, gliserin ve su karışımı) ve Sak ve arkadaşları (2006) tarafından modifiye edilen besin ortamında devam ettirildi. Bunun için kepek oranı %50 artırılarak besindeki nem oranının azalması sağlandı (Sak ve ark. 2006). Ergin keleklerin yumurta bırakabilmesi ve yumurtadan yeni çıkan larvaların beslenebilmesi için stok kültür kavanozlarına zaman zaman petek ilave edildi.

Cypermethrin (Imperator, 250 g/litre EC, Zeneca Ltd., İzmir, Türkiye) bütün deneylerde aktif madde oranına göre saf su ile ppm düzeyinde seyreltilerek farklı konsantrasyonlarda çözeltiler hazırlandı ve besin suyu yerine kullanıldı. Pestisite dirençte larva ağırlığının etkili olup olmadığını araştırmak üzere iki ayrı deney grubu oluşturuldu. Birinci Grup deneylerde ağırlıkları 0.12 ± 0.02 gram, İkinci Grup deneylerde ise 0.17 ± 0.02 gram olan *G. mellonella* son evre larvaları kullanıldı. Deney gruplarında cypermethrin, doğrudan ya da değişik oranlarda seyreltilerek besin içinde *G. mellonella* son evre larvalarına verildi. Cypermethrinin doğrudan uygulandığı deneylerde yüksek düzeyde toksik etki gözlemlendikten sonra her iki grupta değişik ppm değerlerinde daha seyreltik çözeltiler ile çalışıldı. Birinci Grup için cypermethrinin 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 100, 500, 1000, 1500, 2000, 3000, 4000 ppm ve İkinci Grup için 5, 50, 100, 150, 200, 300, 400, 500, 1000 ppm değerleri uygulandı. Birinci Grup'ta 5-40 ppm aralığında puplaşma oranları etkilenmediği için ve puplaşma açısından 50 ve 500 ppm arasındaki değişimi daha iyi gözleyebilmek amacıyla İkinci Grup deneylerde farklı dozlar çalışıldı. Cypermethrin eklenerek hazırlanan besinler (10 gram) 210 mililitrelik cam kavanozlara kondu ve içlerine 10 adet *G. mellonella* son evre larvası bırakıldı. Kavanozların ağzı hava

ARI BİLİMİ / BEE SCIENCE

sirkülasyonunu önlemeyecek şekilde delikli kapaklar ile kapatıldı. Bütün bireyler puplaşmaya ya da ölene kadar 30 gün boyunca cypermethrinli ortamda tutuldu. Pup yapanlar ve ölenler ortamdaki uzaklaştırıldı. Pup yapanların kaçınıcı gün puplaştıkları kaydedildi. Her bir deney serisi farklı zaman ve farklı süksesif kültürlerden alınan bireyler ile dört kez tekrar edildi. Puplaşma ve ölüm oranları yüzde olarak verildi.

İSTATİSTİK

Bir deney serisinde elde edilen veriler kontrol grubu ve kendi aralarında karşılaştırılmak suretiyle değerlendirildi. Birinci ve İkinci grup *G. mellonella* son evre larvalarının 1-7 günlük puplaşma değerleri ve toplam puplaşma oranları üzerine farklı cypermethrin konsantrasyonlarının etkileri Tek Yönlü Varyans Analizi Testi ile değerlendirildi. Ortalamalar arası farkın önem kontrolünde Tukey HSD Testi kullanıldı (SPSS 1999).

Değerlendirmede 0,05 güven sınırı esas alındı.

BULGULAR

Birinci ve İkinci Grup konak larvalarına doğrudan verilen cypermethrin ikinci günün sonuna kadar larvaların tamamının ölümüne neden oldu. Farklı konsantrasyonlar uygulanarak Birinci ve İkinci Grup larvalar ile yapılan deney verileri Tablo 1 ve 2'de verilmektedir. Birinci ve İkinci Grup konak larvalarına madde uygulanması yedinci günün sonunda puplaşma oranlarında önemli farklılıklara neden oldu (Birinci Grup: $F= 86,741$; $sd= 15, 48$; $P<0,001$; İkinci Grup: $F= 38,073$; $sd= 9, 30$; $P<0,001$) (Tablo 1 ve 2). Birinci Grupta, kontrol grubu ve 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40 ppm olarak uygulanan deneylerde yedinci günün sonunda larvalarda ölüm olmadığı ve tamamının puplaştığı görüldü (Tablo 1). İkinci Grup deneylerde de 5 ppm ve kontrol grubunda yedinci günün sonunda larvaların tamamı puplaştı (Tablo 2).

Tablo 1. Cypermethrinin Birinci Grup *G. mellonella* son evre larvalarında puplaşma ve ölüm üzerine etkisi.

ppm	n	PUPLAŞMA GÜN ARALIĞI								PUPLAŞMA		ÖLÜM	
		1-7		8-14		15-21		22-30		P.L.S.	%	Ö.L.S.	%
		Pup	%	Pup	%	Pup	%	Pup	%				
K	40	40	100a	---	---	---	---	---	---	40	100a	---	---
5	40	40	100a	---	---	---	---	---	---	40	100a	---	---
10	40	40	100a	---	---	---	---	---	---	40	100a	---	---
15	40	40	100a	---	---	---	---	---	---	40	100a	---	---
20	40	40	100a	---	---	---	---	---	---	40	100a	---	---
25	40	40	100a	---	---	---	---	---	---	40	100a	---	---
30	40	40	100a	---	---	---	---	---	---	40	100a	---	---
40	40	40	100a	---	---	---	---	---	---	40	100a	---	---
50	40	22	55b	11	27,5	4	10	---	---	37	92,5ab	3	7,5
100	40	16	40b	18	45	---	---	1	2,5	35	87,5b	5	12,5
500	40	0,0	0,0c	2	5	---	---	---	---	2	5c	38	95
1000	40	0,0	0,0c	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0c	40	100
1500	40	0,0	0,0c	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0c	40	100
2000	40	0,0	0,0c	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0c	40	100
3000	40	0,0	0,0c	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0c	40	100
4000	40	0,0	0,0c	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0c	40	100

Sonuçlar her biri 10 larvadaki oluşun dört tekrara aittir. Aynı sütunda aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir ($P>0,05$, Tukey HSD testi). n; Birey sayısı, P.L.S.; Puplaşan larva sayısı, Ö.L.S.; Ölen larva sayısı, K; Kontrol.

İlk yedi gün içerisinde Birinci ve İkinci Grup larvalarda, puplaşma oranı kontrol ile karşılaştırıldığında 50 ppm'den itibaren önemli oranda bir düşüş gösterdi. Birinci Grupta 500 ppm ve üstündeki değerlerde, İkinci Grupta 400, 500 ve 1000 ppm'de tek bir larva bile puplaşmadı. Deney grupları arasındaki farklılıklar karşılaştırıldığında

Birinci Grupta, 50 ve 100 ppm'e göre diğer gruplardaki artma ve azalmaların anlamlı olduğu görüldü. İkinci grupta ise 5 ppm'e göre diğer gruplardaki azalmanın, 50 ppm'e göre 200, 300, 400, 500 ve 1000 ppm'deki azalmanın istatistiksel olarak da önemli olduğu belirlendi (Tablo 1, 2). İki deney grubunda 50 ve 100 ppm'deki puplaşma

ARI BİLİMİ / BEE SCIENCE

değerleri karşılaştırıldığında, Birinci Grup larvaların puplaşma yüzdesinin ilk yedi gün içinde daha

yüksek olduğu ve larvaların daha erken puplaştıkları görüldü (Tablo 1, 2).

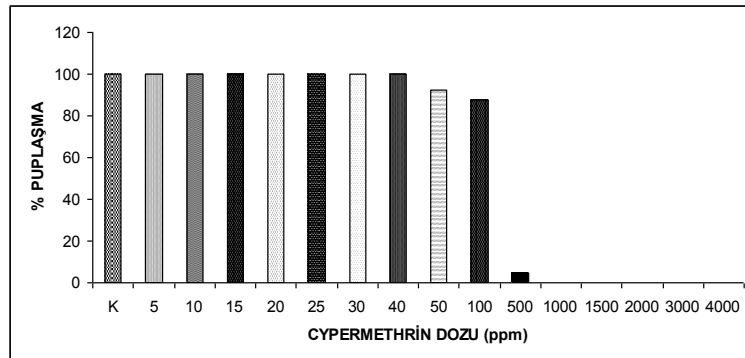
Tablo 2. Cypermethrinin İkinci Grup *G. mellonella* son evre larvalarında puplaşma ve ölüm üzerine etkisi.

ppm	n	PUPLAŞMA GÜN ARALIĞI								PUPLAŞMA		ÖLÜM	
		1-7		8-14		15-21		22-30		P.L.S.	%	Ö.L.S.	%
		Pup	%	Pup	%	Pup	%	Pup	%				
K	40	40	100a	---	---	---	---	---	---	40	100a	---	---
5	40	40	100a	---	---	---	---	---	---	40	100a	---	---
50	40	17	42,5b	17	42,5	2	5	1	2,5	37	92,5ab	3	7,5
100	40	6	15bc	24	60	1	2,5	1	2,5	32	80ab	8	20
150	40	7	17,5bc	19	47,5	3	7,5	---	---	29	72,5ab	11	27,5
200	40	1	2,5c	19	47,5	3	7,5	---	---	23	57,5bc	17	42,5
300	40	3	7,5c	9	22,5	2	2,5	---	---	14	35cd	26	65
400	40	0,0	0,0c	7	17,5	1	2,5	---	---	8	20d	32	80
500	40	0,0	0,0c	2	5	---	---	---	---	2	5d	38	95
1000	40	0,0	0,0c	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0d	40	100

Sonuçlar her biri 10 larvadan oluşan dört tekrara aittir. Aynı sütunda aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir ($P>0,05$, Tukey HSD testi). n; Birey sayısı, P.L.S.; Puplaşan larva sayısı, Ö.L.S.; Ölen larva sayısı, K; Kontrol.

Otuz günlük toplam puplaşma değerlerine bakıldığında cypermethrin uygulanmasının hem Birinci Grup deneylerde ($F= 701,015$; $sd= 15, 48$; $P<0,001$) hem de İkinci Grup deneylerde ($F= 28,074$; $sd= 9, 30$; $P<0,001$) anlamlı farklılıklara neden olduğu tespit edildi (Tablo 1, 2). Birinci Grup deneylerde olduğu gibi İkinci Grup deneylerde de 50 ppm'den itibaren konsantrasyon arttıkça puplaşmanın geciktiği ve puplaşma yüzdesinin azaldığı görülmektedir (Şekil 1, 2). Ancak, kontrol ile karşılaştırıldığında Birinci Grup deneylerde puplaşma değerlerinde 100 ppm'den itibaren görülen azalmanın, İkinci Grup deneylerde ise 200 ppm'den itibaren görülen düşmenin istatistiksel olarak da anlamlı olduğu görüldü (Tablo 1, 2).

Her iki deney grubunda da 50-500 ppm aralığında 30 günün sonunda hem puplaşan hem de ölen bireyler oldu, 1000 ppm'den itibaren ise hiçbir larva puplaşmadı (Tablo 1, 2 - Şekil 1, 2). Deney grupları arasındaki farklılıklar karşılaştırıldığında; Birinci Grupta, 50 ve 100 ppm'in toplam puplaşma değerleri birbirine çok yakın olup aralarındaki fark anlamlı değildi. 500 ppm'deki puplaşma yüzdesi %5 ile diğer gruplara göre önemli oranda daha düşüktü (Tablo 1). İkinci Grupta ise 50, 100 ve 150 ppm'in yüzde puplaşma değerleri birbirine çok yakın olup aralarındaki fark anlamlı değildi. Ancak, 500 ppm %5'lik toplam puplaşma yüzdesi ile diğer gruplara göre önemli oranda daha düşüktü (Tablo 2).



Şekil 1. Cypermethrinin Birinci Grup *G. mellonella* son evre larvalarında 30 günlük toplam puplaşma değerleri üzerine etkisinin karşılaştırılması. K; Kontrol.

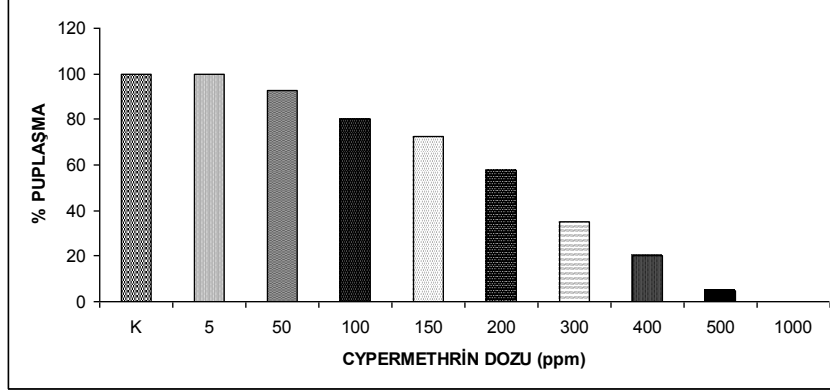
Toplam ölüm değerlerine bakıldığında, Birinci Grupta 50 ppm'e kadar kontrolde olduğu gibi

larvaların hiç birinin ölmediği, 1000 ppm'den itibaren ise ölüm oranının %100'e çıktığı

ARI BİLİMİ / BEE SCIENCE

görülmektedir. 500 ppm'de ölüm oranı %95 olup, 50 ve 100 ppm'e göre oldukça yüksektir (Tablo 1). İkinci Grupta da benzer şekilde 5 ppm ve kontrolde hiçbir larva ölmekte ve tamamı puplaşmaktadır.

400 ve 500 ppm'de ölüm oranları sırasıyla % 80 ve %95 iken 1000 ppm'de ise % 100'e ulaşmaktadır (Tablo 2).



Şekil 2. Cypermethrinin İkinci Grup *G. mellonella* son evre larvalarında 30 günlük toplam puplaşma değerleri üzerine etkisinin karşılaştırılması. K; Kontrol.

TARTIŞMA

Pestisitlerin zararlı tür üzerindeki etkileri böcek türüne (Ahmad ve ark. 1997, Soderlund ve Knipple 1999, Ribeiro ve ark. 2003) ve kullanılan pestisite göre (Soderlund ve Knipple 1999, Mcleod ve ark. 2002) büyük oranda değişiklik göstermektedir. Ayrıca parazitoit olan türler doğada kullanılan insektisitlere karşı oldukça duyarlı iken (Xu ve ark. 2001, Tillman ve Mulrooney 2000, Nowak ve ark. 2001, Sak ve ark. 2006, Ergin ve ark. 2007) zararlı türlerin zaman içinde bu maddelere karşı hızla direnç kazandıkları da (Ahmad ve ark. 1997, Soderlund ve Knipple 1999, Ribeiro ve ark. 2003) bilinmektedir.

Cypermethrin uygulaması sonucu *G. mellonella*'da, Birinci ve İkinci Grup larvalar arasında puplaşma ve ölüm yüzdelerinde günlere göre büyük oranda benzerlik olduğu belirlendi. Ancak, iki deney grubu arasında 50 ve 100 ppm'deki puplaşma değerleri karşılaştırıldığında, Birinci Grup larvaların puplaşma yüzdesinin ilk yedi gün içinde daha yüksek olduğu ve larvaların daha erken puplaştıkları görülmektedir. İnsektisit uygulamasının öldürücü olmasa da ağırlık, gelişme, ölüm ve puplaşma oranı gibi biyolojik özellikleri etkileyebileceği yapılan diğer çalışmalarla da gösterilmiştir (Biddinger ve Hull 1999, Takada ve ark. 2001, Tomberlin ve ark. 2002, Sak ve ark. 2006, Ergin ve ark. 2007). İkinci Grup larvalara cypermethrin uygulanması sonucu 30 günün sonunda elde ettiğimiz puplaşma değerleri, güvenin son evre larvalarını (0.16±0.01 gram) kullanarak yaptığımız diğer bir çalışmamızdaki (Sak

ve ark. 2006) değerler ile aynıdır. Cypermethrin uygulaması konsantrasyona bağlı olarak *G. mellonella* gelişiminin uzamasına yol açarak puplaşma süresini geciktirdi. Daha önceki çalışmamızda benzer şekilde güvenin son evre larvaları 7 gün süre ile cypermethrine maruz kaldığında, erginleşme süresinin 150, 200 ve 300 ppm'de önemli oranda uzadığı, 400 ve 500 ppm'de ise erginleşen birey olmadığı tespit edilmiştir (Sak ve ark. 2009). Diğer Lepidoptera türleri ile yapılan çalışmalarda da bazı insektisitlerin subletal dozlarda zararlıların larval gelişim süresini uzattığı belirlenmiştir (Biddinger ve Hull 1999, Gaaboub ve ark. 1985). Elma zararlısı, *Platynota idaeusalis* (Walker) (Lepidoptera: Tortricidae) larvalarına bazı insektisitler (diflubenzuron, fenoxycarb, tebufenozide, abamectin, azinphosmethyl) besin yüzeyine uygulanarak verilmiş ve larval ve pupal gelişim ile ölüm oranları üzerine etkileri araştırılmıştır (Biddinger ve Hull 1999). Çalışılan insektistlerden fenoxycarbın larval gelişim süresini önemli oranda arttırdığı ifade edilmiştir (Biddinger ve Hull 1999). Gaaboub ve arkadaşları (1985) *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae) son evre larvalarına diflubenzuronu subletal dozlarda besin ile verdiklerinde larval gelişim süresinde artış olduğunu ifade etmişlerdir. *Drosophila melanogaster* Meig. (Diptera: Drosophilidae)'de besin içine uygulanan 2,4-Diklorofenoksiasetik asit (2,4-D) ve 4-Klorofenoksiasetik asit (4-CPA)'in yüksek dozlarda böceğin F₁ kuşağında puplaşma süresi ve pup evresini önemli ölçüde geciktirdiği de ifade edilmiştir (Kaya ve Yanıkoğlu 1999). Gelişim

ARI BİLİMİ / BEE SCIENCE

evrelerinde ortaya çıkan bu tür etkiler, böcekte bulunan ve böceğin gelişimini kontrol altında tutan juvenil hormon dengesindeki değişim sonucu meydana gelmiş olabilir (Oppenoorth 1985, Kaya ve Yanıkoğlu 1999).

Hayvanlar stres koşulları ile mücadele etmek için yüksek oranda enerjiye ihtiyaç duyarlar ve çeşitli onarma mekanizmaları için daha çok enerji harcayabilirler (Choi ve ark. 2001, Lohar ve Wright 1993). Sonuçta, cypermethrin uygulamasına bağlı olarak ortaya çıkan stres durumunu atlatabilmek için *G. mellonella*'nın enerji depolarında oluşabilecek azalma, güvenin gelişiminin uzamasına yol açarak özellikle yüksek dozlarda puplaşma süresini geciktirmiş olabilir. Cypermethrinin larvalar üzerindeki bu etkisinin bazı detoksifikasyon işlemleri ve adaptasyon mekanizmalarının devreye girmesi sonucu zaman ve doza bağlı olarak geri dönüşümlü olduğunu söyleyebiliriz (Sak ve ark. 2009). İnsektisit inhibe edici etkisi ortadan kalktıktan sonra larvaların kontrolde olduğu gibi gelişimini tamamlaması, puplaşması ve hatta ergin evreye ulaşabilmesi (Sak ve ark. 2009) bu ifademizi desteklemektedir. Böcekler gelişimleri sırasında larva evrelerinde erginleşmelerine engel olmayacak bir dozda insektisite maruz kalsalar bile ileride populasyon yoğunluklarına zarar verebilecek gizli bir etki oluşabilir (Davis ve ark. 1988). Özellikle parazitoit türlerin *G. mellonella* gibi konak böcekleri hayat devirlerinin bir bölümünde beslenme ve üreme amacıyla kullandıkları düşünüldüğünde, konak-parazitoit ilişkisi içinde pestisitlerin zararlı etkilerinin ne kadar büyük olduğu da görülecektir. Nitekim bu durum daha önce yapmış olduğumuz çalışmalar ile pup parazitoiti *P. turionellae* (Sak ve ark. 2006, 2009) ve erken evre larva parazitoiti *Apanteles galleriae* Wilkinson (Hymenoptera: Braconidae)'da (Ergin ve ark. 2007) da gösterilmiştir. Parazitoitlerin biyolojik kontrol çalışmalarında kullanılmak üzere doğaya salındıklarında zararlılara uygulanmış olan insektisitlerin parazitoitleri de etkileyebileceği düşünüldüğünde bulgularımızın ne kadar önem taşıdığı ortadadır.

Çevre kirliliğinin yüksek olduğu yerlerde bitkilerdeki kimyasal yapının değişmesi nedeniyle bazı böceklerin sayılarının arttığı bilinen bir gerçektir (Ortel 1995). Bununla beraber, parazitoit türler çevre kirliliğine karşı daha duyarlı olup daha fazla etkilenmektedirler (Ortel 1995). Örneğin çevre kirliliğinin yüksek olduğu yerlerde zararlının parazitlenme oranında azalma olmaktadır

(Simmonds ve ark. 2002). Bu nedenle çevre kirliliğine neden olan çeşitli maddelerin (metaller, insektisitler vs.) parazitoitler üzerindeki etkilerinin yanı sıra konak türler üzerindeki etkilerinin de bilinmesi (Simmonds ve ark. 2002, Ortel 1995) biyolojik kontrol uygulamaları açısından oldukça önemlidir. Yaptığımız bu çalışma ve diğer çalışmalardan elde ettiğimiz veriler (Sak ve ark. 2006, 2009); cypermethrinin öldürücü olmadığı dozlarda *G. mellonella* gelişiminin uzamasına yol açarak puplaşma süresini geciktirmesi, puplaşma yüzdesini azaltması, erginleşme süresini uzatması ve pup ağırlığında azalmaya neden olması bu insektisit *G. mellonella* üzerinde toksik etkilerinin olduğunu ve bu etkinin doza bağlı olarak değişiklik gösterdiğini açıkça göstermektedir. Ayrıca larval gelişiminin uzaması ve puplaşma oranlarının düşmesi cypermethrinin konak üzerinde gelişimsel ve fizyolojik değişikliklere neden olduğunu da göstermektedir. İnsektisitlerin zararlı türlerin doğada larva gelişimlerini uzatması en çok zarar verdikleri bu evrede daha fazla kalmalarına yol açarak ekonomik kaybı artıracaktır. Ayrıca konaklarının pup evresine geç ulaşması, pup parazitoitleri düşürüldüğünde populasyon yoğunlukları ve nesillerinin devamlılığı açısından büyük tehlike yaratacaktır. Bu durum doğada konak-parazitoit arasındaki dengeyi bozarak biyolojik kontrol çalışmalarını da olumsuz olarak etkileyecektir. Bulgularımızın pestisitlerin konak türler ve biyolojik kontrol ajanları üzerindeki etkileri ile ilgili literatüre ve biyolojik kontrol uygulamalarına önemli katkılar yapacağı düşüncesindeyiz. İnsektisit ve insektisit konsantrasyonuna bağlı olarak yapılan çalışmalar IPM programlarındaki başarıyı da etkileyecektir.

TEŞEKKÜR

Uludağ Arıcılık Dergisinin editörü ve hakemlerine makalenin değerlendirilmesindeki önemli katkıları ve değerli görüşlerinden dolayı teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Ahmad, M., Arif, M.I. and Attique, M.R. 1997. Pyrethroid resistance of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Pakistan. *Bull. ent. Res.*, 87: 343-347.
- Andow, D.A., Ragsdale, D.W. and Nyvall, R.F. 1997. Ecological interactions and biological control. Westview Press, Colorado, p.334.
- Biddinger, D.J. and Hull, L.A. 1999. Sublethal effects of selected insecticides on growth and reproduction of a laboratory susceptible strain

ARI BİLİMİ / BEE SCIENCE

- of tufted apple bud moth (Lepidoptera: Tortricidae). *J. Econ. Entomol.*, 92(2): 314-324.
- Bronskill, J.F. 1961. A cage to simplify the rearing of the greater wax moth, *Galleria mellonella* (Pyrilidae). *J. Lep. Soc.*, 15(2): 102-104.
- Chen, Y.H. and Welter, S.C. 2002. Abundance of a native moth *Homoeosoma electellum* (Lepidoptera: Pyralidae) and activity of indigenous parasitoids in native and agricultural sunflower habitats. *Environ. Entomol.*, 31(4): 626-636.
- Choi, J., Roche, H. and Caquet, T. 2001. Hypoxia, hyperoxia and exposure to potassium dichromate or fenitrothion alter the energy metabolism in *Chironomus riparius* Mg. (Diptera: Chironomidae) larvae. *Comp. Biochem. Physiol.*, 130C(1): 11-17.
- Cox, C. 1996. Insecticide Factsheet. Cypermethrin. *Journal of Pesticide Reform*, 16(2): 15-20.
- Davis, A.R., Solomon, K.R. and Shuel, R.W. 1988. Laboratory studies of honeybee larval growth and development as affected by systemic insecticides at adult-sublethal levels. *Journal of Apicultural Research*, 27(3): 146-161.
- Elad, Y. and Shtienberg, D. 1995. *Botrytis cinerea* in greenhouse vegetables: chemical, cultural, physiological and biological controls and their integration. *Integrated Pest Management Reviews*, 1: 15-29.
- Ergin, E., Er, A., Uçkan, F. and Rivers, D.B. 2007. Effect of cypermethrin exposed hosts on egg-adult development time, number of offspring, sex ratio, longevity, and size of *Apanteles galleriae* Wilkinson (Hymenoptera: Braconidae). *Belg. J. Zool.*, 137(1): 27-31.
- Gaaboub, I.A., el-Helaly, M.S. and Moustafa, S.M. 1985. Food utilization, rate of larval growth, and fecundity of *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae) fed mulberry leaves treated with methoprene, triprene, and diflubenzuron. *J. Econ. Entomol.*, 78: 1182-1186.
- Hill, T.A. and Foster, R.E. 2000. Effect of insecticides on the diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) and its parasitoid *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *J. Econ. Entomol.*, 93(3): 763-768.
- Hillocks, R.J. 1995. Integrated management of insect pests, diseases and weeds of cotton in Africa. *Integrated Pest Management Reviews*, 1: 31-47.
- Kamrin, M.A. 1997. Pesticide Profiles. Toxicity, environmental impact and fate. CRC Press, New York, p. 676.
- Kaya, B. ve Yanıkoğlu, A. 1999. 2,4-D ve 4-CPA'nın *Drosophila melanogaster*'in F₁, F₂ ve F₃ kuşaklarında gelişim süresi ve ergin birey sayısına etkileri. *Tr. J. of Zoology*, 23(Ek Sayı 1): 297-301.
- Kudon, L.H., Berisford, C.W. and Dalusky, M.J. 1988. Refinement of a spray timing technique for the Nantucket pine tip moth (Lepidoptera: Tortricidae). *J. Entomol. Sci.*, 23(2): 180-186.
- Lohar, M.K. and Wright, D.J. 1993. Changes in the lipid content in the haemolymph, fat body and oocytes of malathion treated *Tenebrio molitor* L. adult females. *Pakistan Journal of Zoology*, 25(1): 57-60.
- McLeod, P., Diaz, F.J. and Johnson, D.T. 2002. Toxicity, persistence, and efficacy of spinosad, chlorfenapyr, and thiamethoxam on eggplant when applied against the eggplant flea beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). *J. Econ. Entomol.*, 95(2): 331-335.
- Nowak, J.T., Fettig, C.J., McCravy, K.W. and Berisford, C.W. 2000. Efficacy tests and determination of optimal spray timing values to control Nantucket pine tip moth (Lepidoptera: Tortricidae) infestations. *J. Econ. Entomol.*, 93(6): 1708-1713.
- Nowak, J.T., McCravy, K.W., Fettig, C.J. and Berisford, C.W. 2001. Susceptibility of adult hymenopteran parasitoids of the Nantucket pine tip moth (Lepidoptera: Tortricidae) to broad-spectrum and biorational insecticides in a laboratory study. *J. Econ. Entomol.*, 94(5): 1122-1129.
- Oppenoorth, F. J. 1985. Biochemistry and genetics of insecticide resistance, In: G.A. Kerkut and L.I. Gilbert (eds.), *Comprehensive insect physiology, biochemistry, and pharmacology*. Pergamon Press, Oxford, pp. 731-774.
- Ortel, J. 1995. Accumulation of Cd and Pb in successive stages of *Galleria mellonella* and metal transfer to the pupal parasitoid *Pimpla turionellae*. *Entomol. Exp. Appl.*, 77: 89-97.

- Öncüler, C. 2000. Tarımsal zararlılarla savaş yöntemleri ve ilaçları. Adnan Menderes Üniversitesi Yayınları, Aydın, 13: 379s.
- Ribeiro, B.M., Guedes, R.N.C., Oliveira, E.E. and Santos, J.P. 2003. Insecticide resistance and synergism in Brazilian populations of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Stored Products Research*, 39: 21-31.
- Sak, O., Gülgönül, E.E. and Uçkan, F. 2009. Effects of cypermethrin exposed to host on the developmental biology of *Pimpla turionellae* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 102 (2): 288-294.
- Sak, O., Uçkan, F. and Ergin, E. 2006. Effects of cypermethrin on total body weight, glycogen, protein, and lipid contents of *Pimpla turionellae* (L.) (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Belg. J. Zool.*, 136(1): 53-58.
- Schuytema, G.S., Nebeker, A.V. and Griffis, W.L. 1994. Toxicity of guthion and guthion 2S to *Xenopus laevis* embryos. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 27: 250-255.
- Shukla, Y., Yadav, A. and Arora, A. 2002. Carcinogenic and cocarcinogenic potential of cypermethrin on mouse skin. *Cancer Letters*, 182: 33-41.
- Simmonds, M.S.J., Manlove, J.D., Blaney, W.M. and Khambay, B.P.S. 2002. Effects of selected botanical insecticides on the behaviour and mortality of the glasshouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* and the parasitoid *Encarsia formosa*. *Entomol. Exp. Appl.*, 102: 39-47.
- Soderlund, D.M. and Knipple, D.C. 1999. Knockdown resistance to DDT and pyrethroids in the house fly (Diptera: Muscidae): from genetic trait to molecular mechanism. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 92(6): 909-915.
- SPSS Inc. 1999. SPSS 10.0 Statistics. SPSS, Chicago, IL.
- Sternberg, S.S. 1979. The carcinogenesis, mutagenesis and teratogenesis of insecticides. Review of studies in animals and man. *Pharmac. Ther.*, 6: 147-166.
- T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü. 1999. Ruhsatlı Zirai Mücadele İlaçları, Ankara. 279s.
- Takada, Y., Kawamura, S. and Tanaka, T. 2001. Effects of various insecticides on the development of the egg parasitoid *Trichogramma dendrolimi* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *J. Econ. Entomol.*, 94(6): 1340-1343.
- Tillman, P.G. and Mulrooney, J.E. 2000. Effect of selected insecticides on the natural enemies *Coleomegilla maculata* and *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae), *Geocoris punctipes* (Hemiptera: Lygaeidae), and *Bracon mellitor*, *Cardiochiles nigriceps*, and *Cotesia marginiventris* (Hymenoptera: Braconidae) in cotton. *J. Econ. Entomol.*, 93(6): 1638-1643.
- Tomberlin, J.K., Sheppard, D.C. and Joyce, J.A. 2002. Susceptibility of black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae and adults to four insecticides. *J. Econ. Entomol.*, 95(3): 598-602.
- Tomlin, C.D.S. 2000. The e-Pesticide Manual: Cypermethrin. *The British Crop Protection Council*.
- Uçkan, F. and Gülel, A. 2002. Age-related fecundity and sex ratio variation in *Apanteles galleriae* (Hym., Braconidae) and host effect on fecundity and sex ratio of its hyperparasitoid *Dibrachys boarmiae* (Hym., Pteromalidae). *J. Appl. Ent.*, 126(10): 534-537.
- Xu, J., Shelton, A.M. and Cheng, X. 2001. Comparison of *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae) and *Microplitis plutellae* (Hymenoptera: Braconidae) as biological control agents of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae): field parasitism, insecticide susceptibility, and host-searching. *J. Econ. Entomol.*, 94(1): 14-20.

EXTENDED ABSTRACT

Goal: Here, we aimed at showing how cypermethrin that is likely to be accumulated in the host larvae affects the pupation and mortality rates of *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae). Using pesticides in controlling pests have harmful effects on natural balance and cause environmental problems. For instance, frequent uses of pesticides have carcinogenic, teratogenic, and mutagenic effects on living organisms. Moreover, continuous or pulse exposure to pesticides may cause serious problems for non target organisms such as

ARI BİLİMİ / BEE SCIENCE

parasitoids. Predators and parasitoids are often more sensitive to toxicants than their prey. So, using other controlling methods has become obligate in Integrated Pest Management (IPM) programs. Biological control has important advantages over other controlling methods. It is known that parasitoids are the most suitable, the least risky, and the most specific agents in controlling pests among others as biological control candidates. Assessment of the potential effects that insecticides have on the natural enemies in a host-parasitoid system is therefore an important part of IPM programs. Besides, it is also very important to evaluate the potential effects of insecticides on host species.

Materials and Method: Cypermethrin (CYP) ((±) α -cyano-3-phenoxybenzyl (±) cis, trans-3-(2,2-dichlorovinyl)-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate) is a non-systemic pyrethroid insecticide with contact and stomach action. It is widely used in the control of various agricultural pests. Various doses of cypermethrin included in diet were applied to greater wax moth, *G. mellonella* last instars separated into two groups according to their weight. The effects of cypermethrin on the pupation and mortality of *G. mellonella* were investigated at 25 ± 1 °C, 60 ± 5 % relative humidity and a photoperiod of 12:12 h (L: D). Host colony was maintained by feeding the insects with a diet and a piece of honeycomb was added for egg deposition and feeding of the newly hatched larvae. Cypermethrin (Imperator, 250 g/liter EC, Zeneca Ltd., İzmir, Turkey) was used in all bioassay as water source

and prepared in distilled water as parts per million of active ingredient. *G. mellonella* larvae were exposed to 15 different doses (5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 100, 500, 1000, 1500, 2000, 3000, and 4000 ppm) and nine different doses (5, 50, 100, 150, 200, 300, 400, 500, and 1000 ppm) of cypermethrin to evaluate the effects of the insecticide on the pupation and mortality. Last instars of moths were exposed to selected doses of cypermethrin for 30 d until pupation or they die. Host larvae were controlled daily and pupation date was recorded.

Results and Conclusion: Similar results were obtained from both experimental groups of *G. mellonella* larvae (larval weight: 0.12 ± 0.02 and 0.17 ± 0.02 gram) according to daily results of percent pupation and mortality. Developmental and pupation time of larvae delayed, percent pupation decreased and mortality increased gradually with increasing doses of cypermethrin. Such an insecticide-related prolongation in the most deleterious larval stage of pests will give rise to more damage in nature and may increase the economical lost caused by pests. Furthermore, prolongation in the larval developmental time of host species on exposure to insecticides represents a potential threat to the survival and continuity of the generation of the pupal parasitoids. Our results may be of value for pesticide research literature and biological control applications. Moreover, the assessment of the dose-related effects of insecticides will also contribute to success in IPM programs.

CONSTRUCTING A SPECIES DATABASE AND HISTORIC RANGE MAPS FOR NORTH AMERICAN BUMBLEBEES (*Bombus sensu stricto* LATREILLE) TO INFORM CONSERVATION DECISIONS

Kuzey Amerika *Bombus* Arıları (*Bombus Sensu Stricto* Latreille) Üzerinde Koruma Planları için Tür Veritabanı ve Tarihsel Dağılım Haritaları Oluşturulması

(Genişletilmiş Türkçe Özet Makalenin Sonunda Verilmiştir)

Jonathan B. KOCH¹ and James P. STRANGE^{1,2}

¹ Department of Biology, Utah State University, 5305 Old Main Hill, Logan, UT 84322-5305, USA

² USDA-ARS Pollinating Insect Research Unit, Utah State University, 261 BNR, Logan, UT 84322-531, USA

E-mail: James.Strange@ars.ars.gov

Key words: *Bombus*, range declines, pollinator conservation, species database, species distribution modeling.

Anahtar Kelimeler: *Bombus*, yayılış alanı azalması, tozlaştırıcı koruması, tür veritabanı, tür dağılım modellemesi.

ABSTRACT: Bumblebees (*Bombus* Latreille 1802) are important native pollinators in North America. However, in the last decade at least six North American *Bombus* have experienced significant range contraction or population declines. A major limitation to studying species declines is the level of knowledge of historic occurrences and abundance. Here we review the current status of a bumblebee subgenus in North America, *Bombus sensu stricto* Latreille 1801, and present a method for generating a database and probable historic range maps from multiple museum collections. These databases and range maps can be useful tools when facilitating monitoring programs for at risk species.

INTRODUCTION

Bumblebees (*Bombus* Latreille 1802) are valuable pollinators of wild flowers (reviewed in Milliron 1971, Thorp et al. 1983) and several agricultural crops such as blueberry (*Vaccinium angustifolium* Aiton), cranberry (*Vaccinium macrocarpon* Aiton), greenhouse tomatoes (*Solanum lycopersicum* (Dunal) Spooner, G.J. Anderson & R.K. Jansen) and greenhouse sweet peppers (*Capsicum annuum* Latreille) (Banda & Paxton 1991, Shipp et al. 1994, Javorek et al. 2002, Cane & Schiffauer 2003). Although many bumblebees are generalist foragers, several wild flowers depend exclusively on bumblebees to be pollinated effectively (Macior 1983). In greenhouse settings some bumblebees are better suited and more efficient than commercially reared honey bees (*Apis mellifera* Linnaeus 1758) in facilitating the fruit-set of

important crops (Banda & Paxton 1991). Thus, the loss of pollination services provided by bumblebee fauna may have profound impact on the stability of ecosystems and economic markets (Allen-Wardell et al. 1998, Kearns et al. 1998).

To date, several studies have documented range contractions (Fitzpatrick et al. 2007, Williams et al. 2007, Colla & Packer 2008, Goulson et al. 2008); population declines (Thorp 2003, Thorp & Sheppard 2005), decreased community richness (Tommasi et al. 2004, Colla & Packer 2008, Gixti et al. 2009) and localized extirpations of bumblebee fauna (McFrederick & LeBuhn 2006, Kosier et al. 2007). While some studies have identified the probable cause of bumblebee decline (e.g. Gixti et al. 2009), others remain speculative (Thorp 2003,

Colla & Packer 2008). A review by Goulson et al. (2008) identifies four prevailing hypotheses contributing to bumblebee decline: global climate change, pathogen pressure, urbanization and agricultural intensification (e.g. Williams 1986, Colla et al. 2006, McFrederick & LeBuhn 2006, Otterstatter & Thomson 2008, Williams et al. 2007). Of the four hypotheses the latter two are the most intensively documented in both Europe and North America; however pathogen pressures from commercially reared congeners is currently receiving more attention (Colla et al. 2006, Otterstatter & Thompson 2008).

Worldwide there are approximately 250 species of bumblebees, of which 50 species occur in North America (Cameron et al. 2007). These species are grouped into subgenera based on behavior, morphology and molecular phylogenies (Stephen 1957, Hobbs 1968, Richards 1968, Milliron 1971, Thorp et al. 1983, Cameron et al. 2007, Williams et al. 2008). Of the species occurring in North America, six species have been identified as potentially declining in abundance and range (Thorp 2005, Colla & Packer 2008, Evans et al. 2008, Goulson 2008, Grixti et al. 2009). Four species belong to the subgenus *Bombus sensu stricto* Latreille 1801, whereas the other two species, *Bombus pensylvanicus* (Degeer) 1773 and *Bombus sonorus* Say 1837 belong to the subgenus *Fervidobombus* Skorikov 1922. The contractions of the species ranges are not restricted to a single geographic region, but are occurring across the North American continent. Currently the causes of localized extirpations of these six *Bombus* species are unknown. Here we review the current status of four North American bumblebee species of the subgenus *Bombus s. str.* We do not include an investigation of the two North American *Fervidobombus* species.

The decline of North American bumblebees was first observed in the early 1990's (Thorp 2003; 2005, Evans et al. 2008), whereas declines of some European bumblebees has been observed as early as the late 1940's (Williams 1986, Goulson et al. 2008). Although most of the preliminary observations of species decline were anecdotal, recent studies in North America have documented both decreased bumblebee richness and absence of some species where they were once fairly abundant (McFrederick & LeBuhn 2006, Colla & Packer 2008, Grixti et al. 2009). However the full geographic extent of range contractions of North

American *Bombus*, particularly those of the subgenus *Bombus s. str.* is not well documented.

A major problem confronting conservation biologists is determining the historic range of a species experiencing range contractions (Shaffer et al. 1999). This appears to be especially true for insects since many are sessile, have patchy distributions across broad geographic scales and display a great deal of phenological variability. Although entomological collections are informative, they rarely have specimen representation of a species across its entire geographic range. This is because insect collectors seldom target a single species, but rather often focus on collecting a large diversity of insects. Second, collectors generally survey near the institution where they deposit their specimens; and when travelling, they are often limited to collecting in areas near major transportation corridors. Third, many institutions have considerable unidentified holdings in their collections or may have specimens that are misidentified. Finally, collection data from determined specimens are usually not incorporated into searchable databases or may be misidentified (reviewed in Soberón et al. 2002, Graham et al. 2004).

Here we demonstrate a model for generating probable historic range maps for a species based on specimens from multiple museum collections. The maps generated from museum collection data can be use to inform conservation work. Range maps generated from species distribution modeling (SDM) techniques can be more effective than the traditional shaded-distribution maps (e.g. Milliron 1971) which provide little information on the probability of finding the species within the distribution. While there are numerous studies that apply SDM techniques to compare and contrast historic and current distribution of species, few studies actually focus on studying the distributions of terrestrial invertebrates (but see Oberhauser & Peterson 2003). SDM techniques provide conservation biologists a tool to determine the likelihood of occurrence using presence, presence/absence or abundance data. Since confirmed absence of bumblebees can be difficult to assess, we utilize SDM techniques that only require presence data. We then demonstrate refinement of mapping through expansion of a database using multiple collections covering a board geographic distribution. We especially focus

on *Bombus occidentalis* Greene 1858 as a model for demonstrating the strength of the technique.

MATERIALS AND METHODS

***Bombus sensu stricto*: Description and Biology**

Bombus s. str. is represented by 12 species of bumblebee distributed across Europe, Asia, and North America (Williams 1998, Cameron et al. 2007, Hines 2008). North American *Bombus s. str.* includes *Bombus affinis* Cresson 1863 (rusty patched bumblebee), *Bombus franklini* Frison 1921 (Franklin's bumblebee), *Bombus moderatus* Cresson 1863 (white-tailed bumblebee), *B. occidentalis* (western bumblebee), and *Bombus terricola* Kirby 1837 (yellow banded bumblebee) (Plate 1). *Bombus s. str.* are short tongue bumblebees and have been documented to forage on flowers with short corollas, as well as nectar rob flowers with long corollas. With the exception of *B. moderatus*, for which there is no data to support decline in abundance or range contraction, the North American species of this subgenus are documented to be experiencing decreased abundance in areas they were relatively once common (Thorp et al. 2003, Thorp 2005, Colla et al. 2006, McFrederick & LeBuhn 2006, Rao & Stephen 2007, Gixti et al. 2009).

***Bombus affinis*, the rusty patch bumblebee**

The historic distribution of *B. affinis* spans the eastern half of North America. Historic records are known mostly from the Appalachian Mountain region and the prairies of the Midwest (Medler & Carney 1963, Speight 1967). The northern limit of its historic distribution includes southern Ontario, whereas the southern limit approaches Georgia (Hurd 1978). *B. affinis* is associated with a broad range of habitats including agricultural landscapes, marshes, and forests within its historic range. As a generalist forager, *B. affinis* has been documented to visit at least 65 genera of plant (Macfarlane 1974), and nectar rob several different species of flowering plants with long corollas (Colla & Packer 2008). *B. affinis* have relatively large colony outputs and have been documented to produce a mean of 1081 workers/males and 181 queens in a single reproductive season (Macfarlane et al. 1994).

***Bombus franklini*, Franklin's bumblebee**

B. franklini has the smallest geographic range of all *Bombus s. str.* in North America, and arguably the

smallest range of all species of bumblebee (~27,555 km²) (Thorp et al. 1983, Williams 1998, Thorp 2005). Historically *B. franklini* was found in northern California and the extreme southern end of Oregon, spanning the Pacific coastline into the Sierra-Cascade Crest (Thorp 2005). This narrow range of *B. franklini* may have made it more vulnerable to genetic bottlenecks, although this was never tested since robust populations have not been detected in the past decade. *B. franklini* has been observed visiting 27 genera of plant across five families (Thorp et al. 1983). Although not much is known about the nesting biology of *B. franklini*, it has been observed to produce well over 100 individuals per colony (Plowright & Stephen 1980) and is likely to nest in abandoned rodent holes, both common characteristics of *Bombus s. str.* (Hobbs 1968). Workers and queens of *B. franklini* have also been suggested to be much larger in size relative to other North American *Bombus s. str.* (R. Thorp pers. comm.) Historically, *B. franklini* was treated as conspecific to *B. occidentalis* (Milliron 1971). However Plowright & Stephen (1980) describe significant morphological differences in the male genitalia between *B. franklini* and *B. occidentalis*, as well as differences in wing venation. Molecular data also support separate species designations (Scholl et al. 1992, Cameron et al. 2007).

***Bombus occidentalis*, the western bumblebee**

As both the common and specific name implies, *B. occidentalis* occurs in western North America. Its latitudinal distribution includes Alaska and the Aleutian Archipelago, south to the mountain ranges in Arizona and New Mexico. The species longitudinal distribution is from the Pacific coastline of the United States and Canada east to the plains of central Canada and central Colorado. *B. occidentalis* has also been detected in the Big Horn Mountains, Wyoming and the geographically isolated Black Hills of South Dakota (Milliron 1971). Historic *B. occidentalis* collections are typically associated with sub-alpine meadows, coastlines, and high elevation valleys. Historically, specimens of *B. occidentalis* were not collected in areas receiving little annual rainfall (i.e. the Great Basin Desert and Mojave Desert). Host plants of *B. occidentalis* include 661 different species of plant across 21 families and 54 genera. It is a generalist forager and has also been observed nectar robbing by biting holes in flower corollas such as *Linaria vulgaris* Miller (J. Koch pers. obs.). Like *B. affinis*,

B. occidentalis has relatively high colony outputs. The species has been observed to produce a mean of 1007 workers/males and 146 queens in a single reproductive season (Macfarlane et al. 1994). At various times in the past *B. occidentalis* was presumed to be a subspecies of *B. terricola* (Milliron 1971). Although recent molecular evidence distinguishes *B. occidentalis* and *B. terricola* as distinct species (Cameron et al. 2007), others continue to treat *B. occidentalis* as a subspecies of *B. terricola* (Williams 2008). In this review we treat *B. occidentalis* as a unique species because of the treatment it has received based on taxonomic designation (Stephen 1957, Thorp et al. 1983) and molecular data (Cameron et al. 2007).

***Bombus terricola*, the yellow-banded bumblebee**

Similar to *B. affinis*, the historic distribution of *B. terricola* includes the eastern half of North America and extends north into Canada (Milliron 1971). While the species occurred along the Appalachian Mountain Crest, it was more abundant in the forests and prairies of Canada and far northern United States. In the southeastern extreme of its range *B. terricola* seems to be associated with higher elevations (Speight 1967). The western limit of *B. terricola* includes the eastern portion of Montana, and may overlap with the geographic distribution of its sister species *B. occidentalis* (Milliron 1971, Thorp et al. 1983). It has also been described to be abundant on the northern end of Wisconsin on the Apostle Islands Sea Shore (Medler & Carney 1963). *B. terricola* colonies have been documented to produce a mean of 390 workers/males and 32 queens in a single reproductive season (Macfarlane et al. 1994).

Historic distribution maps

To demonstrate the utility of SDM techniques in predicting the probable historic range of a species, two data sets were applied. The first data set was generated by entering specimen locality records and dates into a database using specimens housed in the museum at the United States Department of Agriculture- Agricultural Research Service (USDA-ARS) National Pollinating Insect Database (NPID) prior to incorporating data from other collections for *B. occidentalis* and *B. franklini*. NPID is located in Logan, Utah, USA, and hosts a comprehensive collection of bees from the western USA. For the

eastern species, *B. terricola* and *B. affinis*, we collected locality data made available from the Global Biodiversity Information Facility (GBIF) (<http://gbif.org>). From GBIF we extracted records from a total of eight different institutions in both the United States and Canada.

Because collections are composed of specimens captured and preserved over a long period of time, data on insect labels are usually not entered into a computer database. Therefore, it was necessary to retroactively capture the data on labels and enter it into a searchable database. In many instances both NPID and GBIF have descriptive locality information associated with specimen labels (e.g. township range and section (TRS), telegraph, geographic coordinates). However, major limitations in applying locality information found on specimen labels to SDMs include inconsistencies when defining localities and the use of broad geographic locality descriptions (Bannerman 1999). To construct the comprehensive potential range map for *B. occidentalis* we first located existing collections housed at universities and government collections in the United States and Canada. For each specimen we recorded all information on the specimen label. To each recorded specimen, a unique identifier number was attached in the form of a small label with a barcode to avoid multiple entries of single specimens. If specific latitude, longitude and elevation data were not included on the label, georeferenced localities were estimated with Google Earth (<http://earth.google.com>) using any locality data provided by the collector on the specimen label. These data were entered into NPID.

By including the material housed in multiple collections *B. occidentalis* records were increased from 973 specimens to 2958 total specimens. These 2958 specimens represented 1302 unique localities and were utilized to construct the historic distribution map of *B. occidentalis*. To produce the primary species distribution maps, for *B. affinis*, *B. franklini* and *B. terricola*, 90, 11 and 84 unique localities were used, respectively. With the exception of *B. franklini*, the extremely low sample size of *B. affinis* and *B. terricola* is a reflection on the lack of georeferenced locality data available. *B. franklini* on the other hand is narrowly distributed naturally (Thorp 2005), and thus the small sample size of the species is suggested to be a true representation of its known range.



Bombus affinis



Bombus franklini



Bombus occidentalis



Bombus terricola

Plate 1. Representative *Bombus* species of the subgenus *Bombus sensu stricto*

MaxEnt applies entropy to information (data aggregated with a set of constraints) so as to produce a least biased result (model) relative to a probability distribution (Phillips et al. 2006). For a full discussion of the MaxEnt algorithm see Phillips et al. (2004). One limitation to MaxEnt is the need to have a representative sample across a species entire range to determine the most suitable habitat. However, MaxEnt has been tested to produce highly accurate SDMs despite small samples sizes (Wisz et al. 2008; Elith et al. 2007). We evaluated the SDMs of the target *Bombus* using the default parameters as prescribed by Phillips et al. (2006). Unlike algorithms that generate a SDM based on presence/absence or abundance data, MaxEnt requires only presence data. This approach is advantageous for organisms like bumblebees because they can be hard to detect, thus a recorded absence point may not be true absence. To evaluate likelihood of occurrence, MaxEnt calculates a habitat suitability index (HSI); HSI values closer to 0 indicate areas with low habitat suitability, whereas values closer to 1 indicate areas with high habitat suitability (Phillips et al. 2006). These values are visually reflected onto a geographic space using a coloring scheme.

Nineteen bioclimatic variables were applied in the construction of each bumblebee SDM at a spatial resolution of 3.5 arc seconds (Hijmans et al. 2005). These variables were selected because bumblebees display a great deal of phenological variation across latitude, longitude, and elevation. These variables have also been widely used in assessing the geographic distribution of several taxa like other bees (e.g. Hinojosa-Diaz et al. 2005; 2008). Including all variables also limited any potential bias that may be imposed from manually selecting variables based on the known ecology, distribution, and biology of the species in question. ArcGIS 9.2 (ESRI 2006) was utilized to clip all bioclimatic variables to the North American continent, as well as process and visualize results from the SDMs constructed in MaxEnt. Because maximum and minimum HSI vary across the four SDMs, the calculated HSI for each model is re-classed in ArcGIS 9.2 under a 10-fold equal interval.

RESULTS

In total we increased the *Bombus s.str* database from 1006 individuals to 3143 individuals. For *B. affinis* we compiled 67 occurrence records from

ARI BİLİMİ / BEE SCIENCE

GBIF, which include Ohio State University Insect Collection, Canadian Biodiversity Information Facility Bombus of Canada and York University Knerer Collection. Outside of GBIF we include six locality records from Milliron (1971), three records from Washington State University James Museum of Entomology and seven records from the University of Kansas Snow Entomology Museum. For *B. terricola* we compiled 57 records from GBIF, which includes specimens from Ohio State University Insect Collection, University of Kansas Snow Entomology Collection, Illinois Natural History

Survey, New Mexico Biodiversity Collections Consortium Database, Borror Laboratory of Bioacoustics, York University Knerer Collection, and a Ph.D. thesis. Outside of GBIF we include 14 records from Milliron (1971) and three from University of Kansas Snow Entomology Collection. For *B. franklini*, we compiled 11 localities from specimens housed at the University of California-Davis Bohart Museum of Entomology. The largest increase has been in *B. occidentalis* where we have added 1955 specimens to our database from eight museum collections (Table 1).

Table 1. Number of *Bombus occidentalis* specimen records compiled to date.

Institution	Number of specimens	Age range of specimens
Brigham Young University	246	1930
Oregon State University	1064	1898-1969
Simon Fraser University	13	1915-1960
Utah State University (NPID)	973	1900-2008
University of Idaho	79	1953-1997
University of Nevada-Reno	4	1957-1958
University of Wisconsin-Madison	153	1921-1979
Washington State University	151	1950-1987
University of California-Davis	120	1923-1992
Publications	125	

For *B. affinis*, two maps of the probable historic range are given in Figure 1a and 1b. Map 1a is generated using data extracted from the GBIF database and shows the probable historic distribution with darker areas representing a higher probability of occurrence based on habitat suitability. Map 1b is the traditional map (Milliron 1971) showing the extremities of the species range. Clear differences in the southern extent of the species distribution occur between the two maps and the habitat suitability map designates several western US locations as suitable habitat.

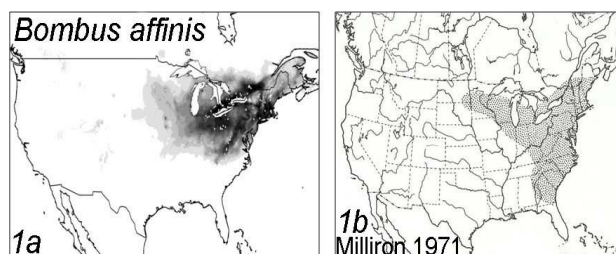


Figure 1. The range maps of *Bombus affinis*, 1a: GBIF database map and 1b: Traditional map

Two maps of the historic distribution of *B. terricola* are also presented. Figure 2a is the habitat suitability map and Figure 2b is the traditional extremity map (Milliron 1971). Both maps show similar probable historic distributions of the species, particularly at the species northern limit. The model shows a probable distribution slightly further south in the Midwest than the traditional shaded map.

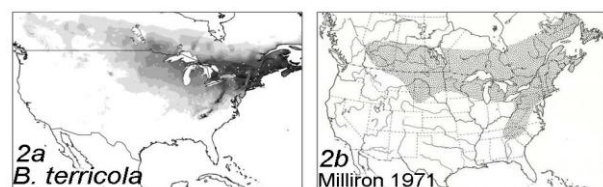


Figure 2. The range maps of *Bombus affinis*, 2a: habitat suitability map and 2b: Traditional extremity map

Three maps of probable historic range of *B. occidentalis* are shown in Figures 3a, 3b, and 3c. Figure 3a shows the historic range map based on NPID prior to addition, Figure 3b shows the historic range map of Milliron (1971), and Figure 3c show the probable historic distribution after addition of

1985 specimens from collections. While map 3b shades only broad geographic areas, the other two maps highlight differences in topography and habitat. The differences in intensity of shading illustrate the relatively higher probability of encountering the species in a given habitat and therefore can inform investigation. The map derived from NPID records before the addition from other institutions has a range significantly smaller than the map of Milliron (1971). However, Figure 3c, which includes data from six institutions more closely resembles the shaded map of Milliron, except that it provides detail especially in the basin and mountain range topography of the inland portion of the species distribution. Figure 4 is a distributional map of *B. franklini* as predicted by 58 specimens representing 11 unique localities. However, the SDM generated from these occurrence records extend far beyond the known distribution of *B. franklini*.

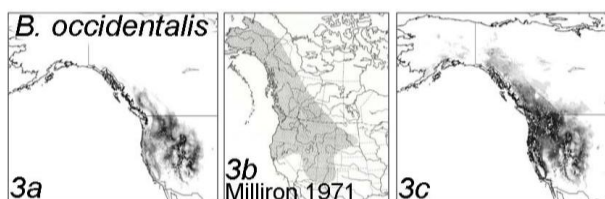


Figure 3. The range maps of *B. occidentalis*, 3a: map based on NPID, 3b: range map of Milliron, 3c: probable historic distribution.

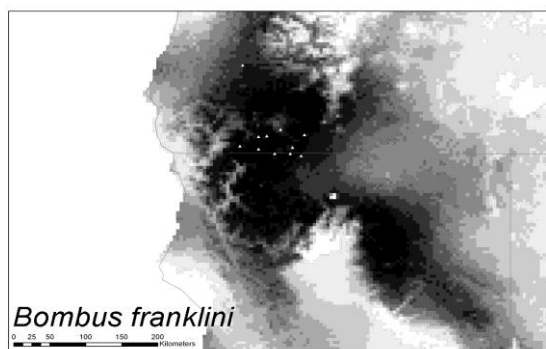


Figure 4. The range map of *B. franklini*

DISCUSSION

Creating a database of historic specimens allows for a broad geographic sample of species occurrence; and may be useful when refining predictive maps using SDM techniques (Graham et al. 2004). While no practical map will fully represent the distribution of a specific bumblebee across a

large geographic landscape, it is possible to generate a probable species distribution that is informative to the bee conservationist or collector. Using SDM software to model historic ranges of species is not without problems (Shaffer et al. 1998, Austin 2002); however, considering the information contained in the traditional range maps such as Milliron (1972) several advantages are apparent.

SDMs have the ability to take geographic and climatic variance to account, whereas these characters are usually not reflected in traditional maps. In areas with high environmental variance (e.g. the Great Basin) localities that are unlikely to be inhabited by a species are omitted from the predicted range. The inclusion or exclusion of species across a geographic space is a reflection of the environmental predictors selected when occurrence data is aggregated. This becomes clear when viewing the range map of *B. occidentalis*, where the species is known to occur only on isolated mountain ranges in the Great Basin (Figure 3c). This phenomenon appears elsewhere in the range of the species and is, in fact, seen across the subgenus. *B. affinis*, for example occurs along the crest of the Appalachian Mountains in the eastern United States much further south than it occurs in the lower lying plains. The areas of high elevation in the eastern United States appear as likely habitat in the SDM (Fig 1a). The distribution of *B. terricola* follows a similar pattern to *B. affinis*, extending its distribution in southern mountain ranges (Fig 2a).

The intensity of shading provided in the species distribution models also helps to inform the researcher which sites are more likely habitat for the bee. By focusing efforts to locate populations only in areas of high likelihood of occurrence, time and resources can be allocated wisely. However, caution must be placed when defining areas as either 'suitable' or 'unsuitable' when SDMs are utilized. This is especially true when designing conservation or agricultural zones. It is important to note that SDMs are only as good as the data that is provided to construct them. Thus, SDMs are susceptible to bias by the modeler when predictor variables are selected, as well as the size of the sample used to represent a species known occurrence.

Maps generated by SDMs are dynamic and can be refined with the addition of data. As researchers locate additional specimens, they can be incorporated into the existing database. Once

historic data is in a database, it can be accessed easily and made available to a broad community of interested parties. Each subsequent addition of data only serves to refine the distributional map. This refinement is demonstrated clearly with our maps of *B. occidentalis*, especially at the northern extremities of the range. The addition of specimens greatly expanded the predicted range into Canada and Alaska, whereas the first model based on only data from one institutional museum database (NPID) resulted in a more southerly distribution. Interestingly, the distributional maps of *B. terricola* and *B. affinis* that we produced seem to reflect the distribution described by Milliron (1971) more accurately than we observed with *B. occidentalis*. This was despite the use of fewer specimens to generate the maps, indicating that some distributions may require less data to model than others.

Despite the advantages of SDM techniques in generating maps of bumblebee ranges, it is important to remember that, as with all models, the maps are only predictive and do not show with absolute certainty where a species will occur. In some cases the model falsely predicts range for which there is no historical data to support the model. One area of concern for the model of historic distribution is that it predicts the distribution of *B. occidentalis* into the mountains of southern California and northern Mexico. Despite this prediction by the model, there is no historic data to support this distribution. However, NPID does document a single *B. occidentalis* record in San Diego, CA, USA. This record suggests that (1) *B. occidentalis* was found in San Diego, (2) the specimen was incorrectly labeled, or (3) that the specimen was misidentified. It is possible that the southern Sierra Mountains was historically colonized by *B. occidentalis* but that specimens were never collected in the region; however given the intensity of collection in California (Thorp et al. 1983), that seems unlikely. Alternatively, this area may never have been colonized by *B. occidentalis* or colonized in the distant past but the species was extirpated prior to human collection. Either way, the model predicts an area of likely occurrence for which historic records are not available to support the hypothesis. The SDM generated by the *B. franklini* occurrence records also extend well beyond the species known geographic range (Thorp 2005). Although this phenomenon may be an artifact of the small sample size provided, it is

likely that the SDM generated for *B. franklini*, like *B. occidentalis* is unable to capture dispersal limitations and natural history of a species (Guisan & Zimmerman 2000). Another type of error that occurs is non-detection of actual habitat as is seen as a result of incomplete data sets with *B. affinis*. In the case of *B. affinis*, the historic data supports a range further south and east. This limitation is best addressed by adding data from a broader array of intuitions, particularly in the missing portion of the historic range.

The generation of the SDMs is useful for not only understanding the habitat occupied in the past, but it also informs research efforts of the future. Comparisons of current distributions to historic distributions help us to understand the effects of landscape and climate changes on bee populations. Predicting future range geometry of species distribution is possible only when a full understanding of the factors affecting past and current distributions is achieved (Shaffer et al. 1998, Scott et al. 2002, Oberhausen & Peterson 2003, Vaughan & Omerod 2005). However, this requires that the datasets used to generate the maps are robust; thus constructing a database of historic records is an essential first step.

CONCLUSION

Of the 467 described genera of bee, *Bombus* are one of the most charismatic and recognizable due to their typically bright, furry and robust appearance (Heinrich 1979, Michener 2007). Thus the decline and range contraction of the genus has been recognized by both the scientific community and the general public. Although baseline data of historic bumblebee communities in North America is sorely lacking, current efforts to retroactively capture records from publications and insect collections (Colla & Packer 2008, Evans et al. 2008, Grixiti et al. 2009, Koch & Strange unpub. data) are underway. Here we demonstrated the utility of applying museum records of specimen data across a relatively large sample of institutional collections. As in the case with *B. occidentalis*, increasing institutional databases with specimens from other institutions widens the geographic scope of a species, and has the potential to build more detailed SDMs for determining distribution. This data also provides insight on the phenological variation of a species across its range. While retroactive data capture is time consuming, the benefits are clear.

Acknowledgements

We thank Joe Wilson and Irfan Kandemir for graciously reviewing an early version of this manuscript and providing comments for improvement. We extend our deepest gratitude to the many curators and collectors at institutions who have assisted us in many ways, especially Christopher Marshall, Robbin Thorp, Rich Zack, Frank Merickel, W. P. Stephen and Virginia Scott. Finally, we thank Walter S. Sheppard, Timothy Hatten and Michael Burgett for their support of our research.

REFERENCES

- Allen-Wardell, G., Bernhardt, P., Bitner, R., Burquez A., Buchmann, S., Cane, J., Cox, P.A. 1998. The potential consequences of pollinator declines on the conservation of biodiversity and stability of food crop yields. *Conservation Biology* 12:8-17.
- Austin, M.P. 2002. Spatial prediction of species distribution: an interface between ecological theory and statistical modelling. *Ecological Modelling* 157: 101-118.
- Banda, H. J., Paxton, R.J. 1991. Pollination of greenhouse tomatoes by bees. *Acta Horticulturae* 288: 194-198.
- Bannerman, B.S. 1999. Positional accuracy, error, and uncertainty in spatial information. Geoinnovations, Howard Springs, NT. Australia. (<http://www.geoinnovations.com.au/posacc/patocc.htm>) [Accessed 28 Apr. 2009].
- Biodiversity occurrence data provided by: *Bombus* of Canada (accessed through GBIF data portal, <http://data.gbif.org/datasets/resource/525> 31/03/2009); Insects (accessed through GBIF data portal, <http://data.gbif.org/datasets/resource/625> 31/03/2009); Knerer collection / Gschwendtner property (accessed through GBIF data portal, <http://data.gbif.org/datasets/resource/1945> 31/03/2009); Insects (accessed through GBIF data portal, <http://data.gbif.org/datasets/resource/625> 06/04/2009) Entomology Collection (accessed through GBIF data portal, <http://data.gbif.org/datasets/resource/7911> 06/04/2009); Illinois Natural History Survey (accessed through GBIF data portal, <http://data.gbif.org/datasets/resource/225> 06/04/2009); New Mexico Biodiversity Collections Consortium database (accessed through GBIF data portal, <http://data.gbif.org/datasets/resource/7856> 06/04/2009); Borror Laboratory of Bioacoustics (accessed through GBIF data portal, <http://data.gbif.org/datasets/resource/1767> 06/04/2009); Knerer collection / Gschwendtner property (accessed through GBIF data portal, <http://data.gbif.org/datasets/resource/1945> 06/04/2009). Morandin PhD Thesis / La Crete, Alberta (accessed through GBIF data portal, <http://data.gbif.org/datasets/resource/1946> 06/04/2009).
- Cane, J. H., Schiffhauer, D. 2003. Dose-response relationships between pollination and fruiting refine pollinator comparisons for cranberry (*Vaccinium macrocarpon*). *American Journal of Botany* 90: 1425-1432.
- Cameron, S. A., Hines, H.M., Williams, P.H. 2007. A comprehensive phylogeny of the bumblebees (*Bombus*). *Biological Journal of the Linnean Society* 91: 161-188.
- Colla S.R., Otterstatter, M.C., Gegear, R.J., Thomson, J.D. 2006. Plight of the bumblebee: pathogen spillover from commercial to wild populations. *Biological Conservation* 129: 461-467.
- Colla, S. R., Packer, L. 2008. Evidence for the decline of Eastern North American Bumblebees, with special focus on *Bombus affinis* Cresson. *Biodiversity and Conservation* 17: 1379-1391.
- Elith, J., Graham, C.H., Anderson, R.P., Dudík, M., Ferrier, S., Guisan, A., Hijmans, R.J., Huettmann, F., Leathwick, J.R., Lehmann, A., Li, J., Lohmann, L.G., Loiselle, B.A., Manion, G., Mortiz, C., Nakamura, M., Nakazawa, Y., Overton, J.M., Peterson, A.T., Phillips, S.J., Richardson, K., Scachetti-Pereira, R., Schapire, R.E., Soberon, J., Williams, S., Wisz, M.S., Zimmerman, N.E. 2007. Novel methods improve prediction of species' distribution from occurrence and pseudo-absence data. *Journal of Applied Ecology* 41: 263-274.
- ESRI. 2006. ArcGIS 9. 2. ESRI, Redlands, California.
- Evans, E., Thorp, R., Jepsen, S., Black, S.H. 2008. Status Review of Three Formerly Common Species of Bumblebee in the Subgenus *Bombus*: *Bombus affinis* (the rusty patched bumblebee), *B. terricola* (the yellow banded bumblebee), and *B. occidentalis* (the western

ARI BİLİMİ / BEE SCIENCE

- bumblebee). The Xerces Society of Invertebrate Conservation, Portland, OR.
- Fitzpatrick, Ú, Murray, T.E., Paxton, R.J., Breen, J., Cotton, D., Santorum, V., Brown, M.J.F. 2007. Rarity and decline in bumblebees- A test of causes and correlates in the Irish Fauna. *Biological Conservation* 136: 185-194.
- Goulson, D., Lye, G.C., Darvill, B. 2008. Decline and conservation of bumblebees. *Annual Review of Entomology* 53: 191-208.
- Graham, C.H., Ferrier, S., Huettman, F., Moritz, C., Peterson, A.T. 2004. New developments in museum-based informatics and applications in biodiversity analysis. *Trends in Ecology and Evolution* 19(9): 497-503.
- Grixti, J.C., Wong, L.T., Cameron, S.A., Favret, C. 2009. Decline of bumblebees (*Bombus*) in the North American Midwest. *Biological Conservation* 142: 75-84.
- Guisan, A. & Zimmermann, N.E. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135: 147-186.
- Heinrich B. 1979. Bumblebee Economics. Harvard University Press, Cambridge, MA and London, England.
- Hines, H.M. 2008. Historical biogeography, divergence times, and diversification patterns of bumble bees (Hymenoptera: Apidae: *Bombus*). *Systematic Biology* 57: 58-75.
- Hijmans, R.J., S.E. Cameron, J.L. Parra, P.G. Jones, P. G., Jarvis, A. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25: 1965-1978 [available at www.worldclim.org].
- Hinojosa-Díaz, I.A., Yáñez-Ordóñez, O., Chen G., Peterson, A.T., Engel, M.S. 2005. The North American Invasion of the Giant Resin Bee (Hymenoptera: Megachilidae). *Journal of Hymenoptera Research* 14(1): 69-77.
- Hinojosa-Díaz, I.A., Feria-Arroyo, T.P., Engel, M.S. 2008. Potential distribution of orchid bees outside their native range: The cases of *Eulaema polychroma* (Mocsáry) and *Euglossa viridissima* Friese in the USA (Hymenoptera: Apidae). *Diversity & Distributions* DOI: 10.1111.
- Hobbs, G.A. 1968. Ecology of species of *Bombus* (Hymenoptera: Apidae) in southern Alberta VII. Subgenus *Bombus*. *The Canadian Entomologist* 100: 156-164.
- Javorek S.K., MacKenzie K.E., Vander Kloet S.P. 2002. Comparative pollination effectiveness among bees (Hymenoptera: Apoidea) on lowbush blueberry (Ericaceae: *Vaccinium angustifolium*) *Annual Entomological Society of America* 95: 345-351.
- Kearns, C., Inouye, D., Waser, N. 1998. Endangered mutualisms: The conservation of plant-pollinator interactions. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 29: 83-112.
- Kosior, A., Celary, W., Olejniczak, P., Fijat, J., Krol, W., Solarz, W., Plonka, P. 2007. The decline of the bumblebees and cuckoo bees (Hymenoptera: Apidae: Bombini) of western and central Europe. *Oryx* 41: 79-88.
- Macfarlane, R. P. 1974. Ecology of Bombinae (Hymenoptera: Apidae) of Southern Ontario, with emphasis on their natural enemies and relationships with flowers. PhD Thesis, University of Guelph, Guelph.
- Macfarlane, R. P., K. D. Patten, L. A. Royce, B. K. W. Wyatt, and D. F. Mayer. 1994. Management potential of sixteen North American bumblebee species. *Melanderia* 50: 1- 12.
- McFrederick, Q. S., LeBuhn, G. 2006. Are urban parks refuges for bumblebees *Bombus spp.* (Hymenoptera: Apidae)? *Biological Conservation* 129: 372-382.
- Medler, J. T., Carney, D.W. 1963. Bumblebees of Wisconsin (Hymenoptera: Apidae). Research Bulletin, University of Wisconsin, Agricultural Experiment Station 240: 47 pp.
- Michener, C.D. 2007. *The bees of the world*. 2nd edition.
- Milliron, H.E. 1971. A monograph of the western hemisphere bumblebees (Hymenoptera: Apidae; Bombinae) I. The genera *Bombus* and *Megabombus* subgenus *Bombias*. *Memoirs of the Entomological Society of Canada* 82: iii- 80.
- Oberhauser, K., Peterson, A.T. 2003. Modeling current and future potential wintering distributions of eastern North American monarch butterflies. *PNAS* 100(24): 14063-14068.
- Otterstatter M.C., Thomson, J.D. 2008. Does Pathogen Spillover from Commercially Reared Bumblebees Threaten Wild Pollinators? *PLoS ONE* 3(7): e2771
- Phillips S.J., Anderson R.P., Schapire R.E. 2006. Maximum entropy modeling of species

ARI BİLİMİ / BEE SCIENCE

- geographic distribution. *Ecological Modelling* 190: 231-259.
- Phillips, S.J., Dudík, M., Schapire, R.E. 2004. A maximum entropy approach to species distribution modeling, *Proceedings of the 21st International Conference on Machine Learning*, ACM Press, New York pp. 655–662.
- Plowright, R. C., Stephen, W.P. 1980. The taxonomic status of *Bombus franklini* (Hymenoptera: Apidae). *Canadian Entomologist* 112: 475-480.
- Rao, S., Stephen, W.P. 2007. *Bombus* (*Bombus*) *occidentalis* (Hymenoptera: Apiformes): in decline or recovery? *The Pan-Pacific Entomologist* 83: 360-362.
- Richards, O.W. 1968. The subgeneric division of the genus *Bombus* Latreille (Hymenoptera: Apidae). *Bulletin of the British Museum (Natural History) Entomology* 22: 209-276.
- Shaffer, H.B., Fisher, R.N., Davidson, C. 1998. The role of natural history collections in documenting species declines. *Trends in Ecology and Evolution* 13(1): 27-30.
- Scholl, A., Thorp, R.W., Obrecht, E. 1992. The genetic relationship between *Bombus franklini* (Frison) and other taxa of the subgenus *Bombus s.str.* (Hymenoptera: Apidae). *Pan-Pacific Entomologist* 68: 46–51.
- Scott, J.M., Heglund, P.J., Haufler, J.B., Morrison, M., Raphael, M.G., Wall, W.B. 2002. Predicting Species Occurrences: Issues of Accuracy and Scale. Island Press, Covelo, CA.
- Shipp J.L., Whitfield G.H., Papadopoulos A.P. 1994. Effectiveness of the bumblebee, *Bombus impatiens* Cr. (Hymenoptera: Apidae), as pollinator of greenhouse sweet pepper, *Sci. Hortic.* 57: 29-39.
- Soberón, J., Arriaga, L., Lara, L. 2002. Issues of quality control in large mixed-origin entomological databases. In: Saarenmaa, H., Nielsen, E.S., Eds. Towards a global biological information infrastructure, challenges, opportunities, synergies, and the role of entomology. European Environment Agency, Copenhagen 7: 15-22.
- Speight, D. L. 1967. The bumblebees (Hymenoptera, Apidae, Bombinae) of east Tennessee. Master's Thesis, University of Tennessee, Knoxville, TN.
- Stephen, W.P. 1957. Bumblebees of western America. Oregon State university Technical Bulletin 40, 162 pp. Stockwell, D. R. B. 1999. Genetic algorithms II. Pages 123-144 in A. H. Fielding, editor. Machine learning methods for ecological applications. Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Thorp, R.W., Horning, D.S. Jr., Dunning, L.L. 1983. Bumblebees and cuckoo bumblebees of California (Hymenoptera: Apidae). *Bulletin of California Insect Survey* 23, viii-79.
- Thorp, R.W. 2003. Bumblebees (Hymenoptera: Apidae): Commercial use and environmental concerns. pp. 21-40. In K. Strickler and J. H. Cane (eds.). For nonnative crops, whence pollinators of the future? Thomas Say Publications in Entomology: Proceedings. Entomological Society of America, Lanham, MD.
- Thorp, R. 2005. *Bombus franklini* Frison 1921 Franklin's Bumblebee (Hymenoptera: Apidae: Apinae: Bombinae). In Shepherd, M.D. Vaughan, D.M., Black, S.H. (Eds.), Red List of Pollinator Insects of North America. CD-ROM Version 1 (May 2005). The Xerces Society of Invertebrate Conservation, Portland, OR.
- Thorp, R. W. and Shepherd, M. D. 2005. Subgenus *Bombus*. Latreille, 1802 (Apidae:Apinae: Bombini). In Shepherd, M. D., D. M. Vaughan, and S. H. Black (eds.) Red List of Pollinator Insects of North America. CD-ROM Version 1 (May 2005). Portland, OR: The Xerces Society for Invertebrate Conservation. www.xerces.org/Pollinator_Red_List/Bees/Bombus_Bombus.pdf
- Tommasi, D., Miro, A., Higo, H.A., Winston, M.L. 2004. Bee diversity and abundance in an urban setting. *The Canadian Entomologist* 136: 851-869.
- U.S. National Pollinating Insects Database, United States Department of Agriculture, Agriculture Research Service, Bee biology and Systematics Laboratory, Logan, Utah (Accessed 2009-10-04).
- Vaughan, I.P. & Ormerod, S. J. 2005. The continuing challenges of testing species distribution models. *Journal of Applied Ecology* 42(4): 720-730.
- Williams, P. H. 1986. Environmental change and the distribution of British bumblebees (*Bombus* Latr.). *Bee World* 67: 50-61.
- Williams, P. H. 1998. An annotated checklist of bumblebees with an analysis of patterns of description (Hymenoptera: Apidae, Bombini). *Bulletin of the Natural History Museum, London*

ARI BİLİMİ / BEE SCIENCE

(Ent.) 67: 79-152. updated at: www.nhm.ac.uk/research-curation/projects/bombus/

- Williams, P.H., Araujo, M.B., Rasmont, P. 2008 Can vulnerability among British bumblebee *Bombus* species be explained by niche position and breadth? *Biological Conservation* 138: 493-505.
- Williams, P.H., Cameron, S.A., Hines, H.M., Cederberg, B., Rasmont, P. 2008. A simplified subgeneric classification of the bumblebees (genus *Bombus*). *Apidologie* 39: 46-74.
- Wisz, M.S., Hijmans, R.J., Li, J., Peterson, A.T., Graham, C.H., Guisan, NCEAS Predicting Species Distributions Working Group (2008). Effects of sample size on the performance of species distribution models. *Diversity and Distributions* 14: 763-773.

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Amaç: Buradaki derleme ile Kuzey Amerika örneği olan *Bombus s. str.* altcinsine ait bilgi birikiminin aktarılması ve entomoloji koleksiyonlarındaki örnekleri kullanılarak tür veritabanları oluşturma metodunun sunulması amaçlanmıştır. *Bombus* arıları Kuzey Amerika'da bulunan hem yabani çiçekleri hem de tarımsal ürünleri tozlaştırıcı balarısı gibi diğer tozlaştırıcıların olmadığı yerlerdeki en önemli tozlaştırıcılardan birisidir. Geçen on yıllık dönemde en azından altı Kuzey Amerika bombus arısı (*Bombus Latreille* 1802) türü önemli anlamda yayılma alanının daralması ya da populasyon azalması ile karşı karşıya bulunmakta ve bunlardan birinin (*Bombus franklini* Franklin 1921) soyu tükenmiş te olabilir.

Gereç ve Yöntem: Müzelerdeki içlenenmiş arı örneği verileri toplanmış ve veritabanına girilmiştir. Örnek etiketi üzerinden olabilecek tüm veriler, örneğin: toplama tarihi, toplama bölgesi ve toplayıcı bilgileri toplanmıştır. Tarihi örneklerin toplama bölgelerinin enlem, boylam ve rakım verileri coğrafik bilgi yazılımına girilmiştir. Bu veriler kullanılarak birçok entomoloji müzesinde bulunan örnek verileri ile olası tarihi dağılım haritaları oluşturulmuştur.

Bulgular ve Sonuç: Bu çalışmada bir türe yoğunlaşarak, *Bombus occidentalis* Greene 1858, veri miktarının artması vurgulanmıştır. Toplanan veriler 973 den 2928 örnek verilerine çıkınca elde edilen haritanın gerçeğe daha yaklaştığı gösterilmiştir. Örnek sayısının artmasındaki nedenler arasında 9 kuruluşun örnek elde edilmesi, çok sayıda yayına ulaşılması ve türün yayılış alanındaki birçok farklı bölgeden veri elde edilmesi sayılabilir. Genişletilmiş verilerin kullanımı tahmini yayılış alanını genişletmiş ve dağılımı üzerinde bulunma olasılığını değiştirmiştir ki bu da örneğin bir kuruluşta tamamlanmamış verilerden oluşturduğunu göstermektedir. Altıncı içerisindeki diğer üç türe *Bombus affinis* Cresson 1863, *B. franklini* and *Bombus terricola* Kirby 1837 ait ön dağılım haritaları veritabanları tam olmamakla beraber bu çalışmada verilmiştir. Bu oluşturulan haritalar tarihte var olan ve kullanılan dağılım haritaları ile karşılaştırılmıştır. Gelecekte tür dağılım değişiklikleri modellemeler ile tahmin edilmekle beraber, bu tahmini dağılım haritaları tehlike altındaki türlerin durumlarının tespitinin başlatılmasında ve korunmasında çok yararlı olabilecektir. Şu an Kuzey Amerika'daki bombus arısı faunasındaki azalmayı açıklayan geçerli hipotezler içerisinde habitat parçalanması ve bozulması, ve ticari anlamda üretilenlerden gelen patojenler yer almaktadır. *Bombus pensylvanicus* (DeGeer) 1773 ve *Bombus sonoroides* Say 1837 dışındaki dördü risk altında bulunan türler tek bir altcins (*Bombus sensu stricto* Latreille 1801) bağlıdır. Her bir tür için, populasyon azalması kaydedilmiş, fakat ne kadar yayılış alan daralması olduğu ve altında yatan sebepler tam anlamıyla anlaşılabilmiştir. Bu türlerin yayılış alanlarındaki daralmanın çalışılabilmesindeki en önemli sınırlama Kuzey Amerikadaki geniş dağılım alanındaki tarihsel dağılımın bilinmemesidir. Bu türlerin populasyonlarındaki azalmayı daha detaylı çalışabilmek ve gelecekteki populasyon takiplerini gerçekleştirmek için tarihsel dağılım haritalarına ihtiyaç vardır.

NECTAR SECRETION AND BEE GUILD CHARACTERISTICS OF YELLOW STAR-THISTLE ON SANTA CRUZ ISLAND AND LESVOS: WHERE HAVE THE HONEY BEES GONE?

Santa Cruz ve Midilli Adasında Güneşçiçeği Bitkisinde Balözü Salgısı ve Arı
Çeşitliliği: Bal Arıları Nereye Kayboldu?

(Genişletilmiş Türkçe Özet Makalenin Sonunda Verilmiştir)

John F. BARTHELL¹, Meredith L. CLEMENT¹, Daniel S. SONG^{2,4}, Amy N. SAVITSKI³,
John M. HRANITZ³, Theodora PETANIDOU⁴, Robbin W. THORP⁵, Adrian M.
WENNER⁶, Terry L. GRISWOLD⁷ & Harrington WELLS⁸

¹Department of Biology, University of Central Oklahoma, Edmond, OK 73034, USA, E-mail: jbarthell@uco.edu

²Department of Environmental Science, Policy & Management, University of California, Berkeley, CA 94720, USA

³Department of Biological & Allied Health Sciences, Bloomsburg University of Pennsylvania, Bloomsburg, PA 17815, USA

⁴Department of Geography, University of the Aegean, Mytilene, Lesvos, GREECE

⁵Department of Entomology, University of California, Davis, CA 95616, USA

⁶Department of Ecology, Evolution & Marine Biology, University of California, Santa Barbara, CA 93106, USA

⁷USDA-ARS Bee Biology & Systematics Lab, Utah State University, Logan, UT 84322, USA

⁸Department of Biological Sciences, University of Tulsa, Tulsa, OK 74104, USA

Key words: *Centaurea solstitialis*, invasive species, Lesvos, pollination, Santa Cruz Island, yellow star-thistle.

Anahtar kelimeler: *Centaurea solstitialis*, istilacı tür, Midilli, tozlaşma, Santa Cruz adası, Güneşçiçeği

ABSTRACT: We compared nectar secretion rates and bee guilds of yellow star-thistle, *Centaurea solstitialis*, on Santa Cruz Island (USA) and the Northeast Aegean Island of Lesvos (Greece). This plant species is non-native and highly invasive in the western USA but native to Eurasia (including Lesvos). “Nectar flow” was assessed by measuring nectar volumes in florets of flower heads covered with mesh bags (preventing visitation by bees); “nectar standing crop” data were taken from open (unbagged) flower heads to which all bees could gain access. We censused bees at *C. solstitialis* during comparable periods on both islands and determined the bee guild composition of the plant on Lesvos. Significant differences in nectar levels occurred between bagged and unbagged florets at each locale, especially during the period that pollinators were most common. Nectar flow and nectar standing crop volumes were lower on Lesvos than on Santa Cruz Island. The bee guild diversity at Lesvos was higher relative to Santa Cruz Island. Surprisingly, however, honey bees were not recorded during our monitoring periods on Lesvos.

INTRODUCTION

Yellow star-thistle, *Centaurea solstitialis* L., a highly invasive, non-native plant species, now inhabits much of the extreme western United States, especially California (Pitcairn et al. 2006). It is an obligate outcrossing species with its origin in Eurasia, including Turkey (Sun and Ritland 1997,

Uygur et al. 2004). Because of its breeding system requirements, the ability to attract pollinators is critical to its reproductive success. Plants can attract pollinators (bees) with rewards that include nectar, pollen and oils (Proctor et al. 1996), and may depend upon these inducements to “market” themselves to potential pollinators (Chittka and

Schürkens 2001). Nectar is one such inducement that may be a key attribute of a successful plant invader (Ghazoul 2002), and at least one experimental study shows that non-native flowering plant species can draw potential pollinators away from native plants to effect pollination (Brown et al. 2002). The other requirement is that at least one reliable pollinator species is available to take advantage of the reward; in the case of *C. solstitialis*, the honey bee, *Apis mellifera* L., can serve in this role (Maddox et al. 1996, McIver et al. 2009).

We have been studying the relationship between honey bees and thistles for over two decades on Santa Cruz Island (SCI) where over 25 percent of the flowering plant species are non-native, including *C. solstitialis* which was first detected there in 1930 (Junak et al. 1995). This species is the near antithesis of the successful, self-compatible weed species predicted by Baker (1965) because of its dependence on strong-flying pollinators to effect pollination (Maddox et al. 1996, Sun and Ritland 1997, Gerlach and Rice 2003). Early studies on SCI showed that the exclusion of the non-native honey bee from flower heads of this species caused a significant decline in reproduction for *C. solstitialis* (Barthell et al. 2001). However, the same effect was not observed on the obligate outcrossing native gumplant, *Grindelia camporum* Greene, which drew relatively few honey bees to its flower heads (Thorp et al. 1994, Barthell et al. 2000). Another study on SCI of the self-compatible *Centaurea melitensis* L., or tocalote, demonstrated no seed set differences when honey bees were excluded from its flower heads (Porrás and Álvarez 1999, Barthell et al. 2005). So, although Baker's hypothesis aptly describes this latter species' invasion success, *C. solstitialis* stands out as a clear exception to this generalization on SCI (but see Memmott and Waser 2002).

Honey bees were recorded on SCI in the late 1800s (Wenner and Thorp 1993 and 1994). By the year 2000 honey bee colonies had declined to below detectable levels there due to a biological control program (begun in December of 1993) that used the varroa mite, *Varroa destructor* Anderson & Trueman, to kill or disable developing and adult honey bees (Wenner et al. 2000); this ectoparasitic species had already established itself six years earlier in the United States and continues to be a major factor in the decline of commercial and feral honey bee colonies throughout the USA

(Sammataro et al. 2000). A concomitant decline in seed set of *C. solstitialis* has accompanied this reduction in honey bee numbers (Barthell et al. 2004). *Centaurea solstitialis* became established in California during the mid-1800s (Hendry and Bellue 1936, Gerlach et al. 1998) and, in the western USA, its nectar has long been considered a favorite of honey bees and beekeepers alike (Pellet 1976). The strong association of honey bees with *C. solstitialis*, coupled with our studies cited above, suggest a mutualistic invasion mechanism by these two species (Barthell et al. 2001). This viewpoint is bolstered by the fact that both species are Eurasian in origin (Hickman 1993, Michener 2000).

In order to better understand the relationship between the invasive *C. solstitialis* and its most visible pollinator in California, the honey bee, we examined these species in a region where they are both native, predicting that they should remain close counterparts there (e.g., Olesen et al. 2002). The island of Lesbos (Greece), a Northeast Aegean island near the western coast of Turkey, was chosen for the comparison. Below, we present preliminary information on 1) "nectar flow" and "standing crop" levels of *C. solstitialis* over the course of a day, 2) bee visitation levels of this plant during the day, and 3) pollinator guild composition of *C. solstitialis* plants on Lesbos. This information is relevant to invasiveness since a self-incompatible plant species must 1) have an ability to attract (using nectar or other rewards) pollinators and 2) have a sufficient pool (guild) of pollinators to draw from in order to succeed in a new environment. Indeed, we intend that these avenues of investigation will inform future studies of plant invasion in island and mainland ecosystems, including in Greece, Turkey and the USA.

STUDY LOCALES

Lesbos, Greece (Latitude 39°N–Longitude 26°E)

The largest of the Northeast Aegean islands (Fig. 1a), Lesbos is 1,614 square km and 986 m at its highest point (Foufopoulos and Mayer 2007). Lesbos has a large, resident human population (ca. 100,000), and scientific history on the island dates back over two millennia with the marine biological studies of Aristotle near the ancient city of Pyrrha (Tipton 2006). Our nectar and visitation studies were located near this same city, along the eastern shore of Kalloni Bay. Along with its many municipalities, Lesbos has an agricultural history that includes the production of grapes, wine, figs

and, most recently, olives, as well as grazers (Marathianou et al. 2000, Dalaka and Petanidou 2006). Efforts spearheaded by one of us (TP) have yielded a growing base of knowledge about plant-pollinator communities on Lesvos (Petanidou and Lamborn 2005, Potts et al. 2006). Non-native species of plants and bees found on SCI are native to Lesvos and the surrounding region (Theophrastus 1916, Michener 2000), including the honey bee and its host plant *C. solstitialis*.



Figure 1. Maps showing Lesvos (a) and Santa Cruz Island (b) in relationship to the Turkish and US mainlands, respectively.

Santa Cruz Island, USA (Latitude 34° N – Longitude 119° W)

The largest of the eight Channel Islands, SCI is situated 30 km off the coast of southern California (Fig. 1b). The island is 249 square km in area and is 753 m at its highest point (Junak et al. 1995). SCI has an agricultural history that includes the introduction of several vertebrate species (pigs, sheep, cattle) and crops (grapes, hay, alfalfa, walnuts, almonds, vegetables) during 150 years of European settlement (Gherini 1997, 2005). Cattle ranching ceased in the 1980s and both sheep and pigs have been extirpated within the last decade.

This agricultural period, however, is undoubtedly the source of several transported weed species, including *C. solstitialis* that was presumably carried onto the island with alfalfa seed, as in other areas of California (Hendry and Bellue 1936). The current study was carried out at the western edge of the Central Valley at the base of Portezuela grade.

MATERIALS AND METHODS

Nectar Flow and Standing Crop

In order to assess total nectar volumes available to nectarivores (including honey bees) during the day, nectar flow and standing crop levels were monitored at Lesvos on 16 June, 2007, and at SCI on 3 August of the same year. At each study locale, 15 plants were identified and tagged along a belt transect (≥ 1 m apart). Between 16:00 and 18:00, the evening prior to nectar collection, we marked and bagged two flower heads on each plant with a fine mesh bag that blocked visitors from accessing nectar. The following morning, the bag was removed from one of the flower heads to allow access by all visitors to its florets (“standing crop”), while the other bag was left on (“nectar flow”). The following day from 07:00 to 19:00 hours, we inserted 0.25 μ L capillary tubes into one floret on each flower head every two hours. After removing the nectar we measured the amount of nectar in the capillary tubes using digital, hand-held calipers. The readings were taken in millimeters and later converted into μ L (Kearns and Inouye 1993). After nectar was removed from the bagged flowers, we immediately rebagged the flower head until the next collection time. After removing nectar we lightly marked the used florets with a Sharpie™ marker to ensure that a different floret was used during each collection period. The heights of all 15 transect plants (at each locale) were measured to the nearest cm to assess differences between populations at Lesvos and SCI.

Visitation Monitoring and Collections

Bee monitoring records were collected the day after nectar readings at both Lesvos (17 June) and SCI (4 August). As in previous studies (Barthell et al. 2000, Barthell et al. 2001, Barthell et al. 2005), monitoring was conducted by walking each transect (roundtrip) six consecutive times at a pace of five min for the entire transect (a total of 30 min per survey). Any visitors seen on flower heads were recorded according to family and genus, when possible. Each survey was repeated 4 times at the

ARI BİLİMİ / BEE SCIENCE

following start times: 09:00, 12:00, 15:00 and 18:00. The same 15 plants identified for nectar flow studies (above) were used in the visitation trials.

At Lesvos, collections of visitors were made (primarily) at adjoining patches of *C. solstitialis* (ca. 500 m from the visitation transect) near the study site at Pyrra. Additional collections were made on and near the campus of the University of the Aegean in Mytilene and in the vicinity of Kapi, near the northern apex of the island. These collections were compared with descriptions of existing collections for SCI (Rust et al. 1985, Thorp et al. 1994 and 2000), to determine the degree of overlap between *C. solstitialis*' pollinator guilds in its native and invaded habitats. At Pyrra, on 17 June, reciprocal collections were made by two of us (JFB and MLC) for concurrent 15 min intervals, with one person collecting from *C. solstitialis* and the other from the bush *Vitex agnus-castus* L. which was flowering among patches of *C. solstitialis*. These were conducted to assess if honey bees were in the area but demonstrating a preference for one species over the other one. Voucher specimens from our study are housed in the National Pollinating Insects Collections (USDA-ARS Bee Biology and Systematics Laboratory) in Logan, Utah, and in collections at the University of Central Oklahoma in Edmond, Oklahoma.

Nectar Quality

To assess nectar quality we used all 15 of our study plants and an additional five plants, bagging three flower heads per plant. We allowed them to build up their nectar supply throughout the last day (during monitoring of visitors) before cutting the stems below the flower heads and transporting them in Ziploc™ bags to the laboratory. We kept the bags cool until we were able to begin removing the nectar. We did so by centrifuging flower heads in a 10 mL tube at 2500 rpm for five min per sample (Kearns and Inouye 1993). A sample was comprised of three inverted flower heads (wedged by their stems between the centrifuge tube opening and a rubber cork). A pipette was then used to transfer the resulting nectar from the tubes to a handheld refractometer for reading the concentration of sucrose equivalents using a BRIX scale (Kearns and Inouye 1993).

Analyses

Repeated measures MANOVAs were used to test for Island, Time of day, and Island x Time interaction effects on nectar flow and standing crop

levels. Nectar flow and standing crop levels were tested for differences at sampling time intervals with two-tailed t-tests (see Fig. 2); the same test was used to differentiate plant heights. No statistical tests of nectar quality readings were conducted because the higher values of some samples could not be read due to the upper limit (50%) of our refractometer.

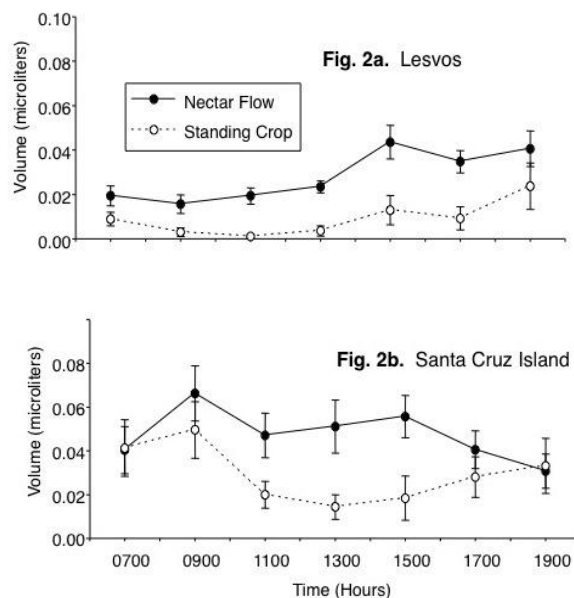


Figure 2. Nectar flow and standing crop of *Centaurea solstitialis* over 12 hour periods on Lesvos (a) and Santa Cruz Island (b).

RESULTS

Nectar Flow and Standing Crop

According to the repeated measures MANOVA, for nectar flow, there was a significant Island effect ($F = 9.19$; $df = 1, 28$; $P = 0.005$) and Island x Time interaction effect ($F = 2.51$; $df = 6, 23$; $P = 0.051$). Time by itself was not a significant factor ($F = 1.41$; $df = 6, 23$; $P = 0.2538$). For standing crop, there was only a significant Island effect ($F = 7.19$; $df = 1, 28$; $P = 0.012$). Neither the Time effect ($F = 2.04$; $df = 6, 23$; $P = 0.101$) nor Island x Time interaction effect was significant ($F = 1.65$; $df = 6, 23$; $P = 0.178$).

At Lesvos, nectar flow levels in *C. solstitialis* florets were significantly different from standing crop levels at each hourly interval except for the first (07:00) and last (19:00) ones according to two-tailed t-tests (Fig. 2a): 07:00 ($t = -1.93$, $df = 28$, $P = 0.06$), 09:00 ($t = 2.75$, $df = 28$, $P = 0.01$), 11:00 ($t = 4.87$, $df = 28$, $P = 0.001$), 13:00 ($t = 5.64$, $df = 28$, $P = 0.001$),

ARI BİLİMİ / BEE SCIENCE

15:00 ($t = 3.06$, $df = 28$, $P = 0.005$), 17:00 ($t = 3.55$, $df = 28$, $P = 0.001$) and 19:00 ($t = 1.28$, $df = 28$, $P = 0.21$).

The greatest difference between these treatments occurred at 15:00 (0.031 μL). An overall decrease in average nectar flow levels occurred between 15:00 and 19:00 while the converse is shown for standing crop during the same time period (Fig. 2a). Overall, nectar flow (as well as standing crop) never exceeded 0.050 μL during the 12 hr monitoring period and it exceeded 0.040 μL only twice (at 15:00 and 19:00).

Readings of flow and standing crop treatments on SCI were only significantly different during the three middle monitoring periods (11:00, 13:00 and 15:00): 07:00 ($t = -0.06$, $df = 28$, $P = 0.95$), 09:00 ($t = 0.92$, $df = 28$, $P = 0.36$), 11:00 ($t = 2.29$, $df = 28$, $P = 0.03$), 13:00 ($t = 2.75$, $df = 28$, $P = 0.01$), 15:00 ($t = 2.67$, $df = 28$, $P = 0.013$), 17:00 ($t = 0.981$, $df = 28$, $P = 0.34$) and 19:00 ($t = -0.16$, $df = 28$, $P = 0.88$). The largest difference between treatments was at 15:00 (0.037 μL). As at Lesvos, an overall decline in nectar flow levels occurred between 15:00 and 19:00 while standing crop levels increased during the same time period (Figure 2b). Average nectar flow levels exceeded 0.050 μL at three sampling periods (09:00, 13:00 and 15:00) and were above 0.040 μL on all occasions but one (19:00).

Nectar Quality

A total of 20 flower head samples from the Pyrra transect on Lesvos were centrifuged for nectar. Of these, nine gave an average reading of 45.44% ($\pm 1 \text{ SE} = 1.24$). The remaining 11 did not yield usable readings. At least five of these clearly exceeded the upper limit of the refractometer scale (50%). On SCI, seven of the 20 plant samples yielded an average reading of 45.14 (± 2.56); the remaining 13 samples did not yield usable readings and, of these, at least nine had also exceeded the limit of the refractometer scale.

Visitation Patterns

Bee visitation remained between 10 and 20 individuals per 30 min monitoring period at both Lesvos and SCI until the final sampling period (18:00) when SCI declined to zero (Fig. 3). Bee numbers peaked at 15:00 for both locales when 19 individuals were recorded at Lesvos and 18 at SCI. Temperatures taken at the outset of transect

monitoring periods for Lesvos include the following:

No.	%	Temperature
		27° C (09:00),
		36° C (12:00),

39° C (15:00) and 32° C (18:00); these high temperatures were accompanied by a regular breeze. For SCI, temperatures were 23° C, 25° C, 26° C and 24° C for the same times. At Lesvos the day was clear while at SCI fog was present (as is typical) during the initial monitoring period. By the last monitoring period at SCI, our study plants were beginning to be shaded by nearby canyon walls. In addition, plants used during our study on Lesvos were generally much larger in size (122.40 cm \pm 6.27) than those on SCI (52.83 \pm 3.83); this difference was significant according to a two-tailed t-test ($P = 0.001$; $t = 9.47$) and reflects our observation that *C. solstitialis* plants were generally smaller in stature (and less dense) on SCI in 2007.

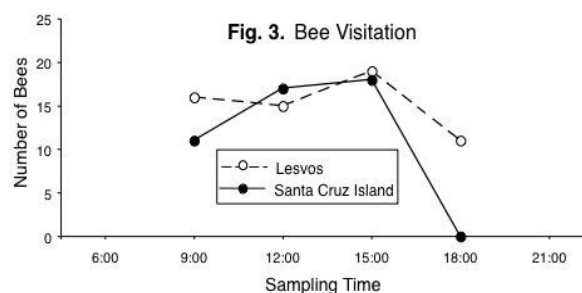


Figure 3. Total number of bees recorded on Lesvos and Santa Cruz Island at four sampling periods

Pollinator Guild (Lesvos Collections)

Table 1 shows that four families, 21 genera and 40 species are represented among our collections of bees at Lesvos: Andrenidae (one genus and two species), Apidae (six genera and 12 species), Halictidae (three genera and five species) and Megachilidae (11 genera and 21 species). Among the Apidae, the most commonly represented genus was *Eucera* (four species) but only one specimen of the honey bee (*Apis mellifera*) was collected at *C. solstitialis*. Two species of the genus *Lasioglossum* were identified within the family Halictidae. Among the Megachilidae, the most commonly represented genus was *Megachile* (eight species); no other genus was represented by more than three species.

ARI BİLİMİ / BEE SCIENCE

Table 1.
star-thistle

	<i>Andrena flavipes</i> Panzer	1	0.5	Yellow bee guild
	<i>Andrena</i> sp.	5	2.5	
Apidae	<i>Amegilla albigena</i> (Lepeletier)	2	1.0	
	<i>Amegilla quadrifasciata</i> (Villers)	1	0.5	
	<i>Apis mellifera</i> L.	1	0.5	
	<i>Ceratina dallatorreana</i> Friese	2	1.0	
	<i>C. aff. chalybea</i> Chevrier	3	1.5	
	<i>C. chalcites</i> Germar	1	0.5	
	<i>Eucera (Heterocera)</i> sp. #1	1	0.5	
	<i>Eucera (Heterocera)</i> sp. #2		1.0	
	<i>Eucera (Synhalonia)</i> sp. #1	1	0.5	
	<i>Eucera (Synhalonia)</i> sp. #2		1.0	
	<i>Pasites maculata</i> Jurine	1	0.5	
	<i>Xylocopa iris</i> (Christ)	1	0.5	
Halictidae	<i>Halictus resurgens</i> Nurse	7	3.5	
	<i>Halictus aff. polinosus</i> Sichel	3	1.5	
	<i>Lasioglossum ancillum</i> Vachal	2	1.0	
	<i>Lasioglossum (Evylyaeus)</i> sp.	3	1.5	
	<i>Pseudapis bispinosa</i> (Brullé)	1	0.5	
Megachilidae	<i>Afranthidium carduele</i> (Morawitz)	2	1.0	
	<i>Coelioxys argentea</i> Lepeletier	1	0.5	
	<i>Heriades crenulatus</i> Lepeletier	1	0.5	
	<i>Hoplosmia bidentata</i> (Morawitz)	46	23.0	
	<i>H. spinigera</i> (Latreille)	2	1.0	
	<i>H. elegans</i> Tkalcu	1	0.5	
	<i>Icterantheidium grohmanni</i> (Spinola)	3	1.5	
	<i>Lithurgus chrysurus</i> Fonscolombe	35	17.5	
	<i>Megachile albisecta</i> (Klug)	4	2.0	
	<i>M. (Eutricharaea) anatolica</i> Rebmann	4	2.0	
	<i>M. (Eutricharaea) apicalis</i> Spinola	7	3.5	
	<i>M. (Eutricharaea) pilidens</i> Alfken	1	0.5	
	<i>M. (Eutricharaea)</i> sp.	1	0.5	
	<i>M. lefebvrei</i> (Lepeletier)	16	8.0	
	<i>M. melanopyga</i> Costa	1	0.5	
	<i>M. pilicrus</i> Morawitz	22	11.0	
	<i>Osmia signata</i> Erichson	2	1.0	
	<i>Pseudoanthidium lituratum</i> (Panzer)	8	4.0	
	<i>P. reticulatum</i> (Mocsary)	1	0.5	
	<i>Rhodanthidium septemdentatum</i> (Latreille)	1	0.5	
	<i>Trachusa dumerlei</i> (Warncke)	1	0.5	
Total: 40 species (21 genera and 4 families)		200	(-)	

composition based on collections from Lesvos, Greece, during June of 2007.

ARI BİLİMİ / BEE SCIENCE

A total of 200 bee specimens were collected on *C. solstitialis* at Lesvos (Table 1). Of these, 160 (80.0%) were in the family Megachilidae; eighteen (9.0%) were in the Apidae, 16 (8%) in the Halictidae and six (3%) in the Andrenidae. Four species exceeded fifteen specimens during the collection period (all in the family Megachilidae): 1) *Hoplosmia bidentata* (Morawitz) (46 specimens), 2) *Lithurgus chrysurus* Fonscolombe (35), 3) *Megachile lefebvrei* (Lepelletier) (16), and 4) *Megachile pilicrus* Morawitz (22). Two species known to have occurred on SCI as non-native species, the honey bee (*Apis mellifera* L.) and the leafcutting bee *Megachile apicalis* Spinola, were both found on Lesvos; only one honey bee was collected, however, as opposed to seven specimens of *M. apicalis*.

During two, 15 min, reciprocal collections made on 17 June, MLC collected a single female *Megachile* sp. (no honey bees) on *C. solstitialis* while JFB collected five honey bees and one each of species in the genera *Megachile* (male), *Lasioglossum* (female) and *Xylocopa* (male) from 10:00 to 10:15 at *V. agnus-castus*. From 10:15 to 10:30, after exchanging species to monitor, JFB collected one each of a *Ceratina* species (male) and a *Hoplosmia* species (female) on *C. solstitialis* while MLC collected two honey bees and one specimen of a *Ceratina* species (female). In each case, honey bees were only collected on *V. agnus-castus*.

On several occasions we were able to observe an unidentified species of aphid (Homoptera) feeding in aggregations along stems of *C. solstitialis* plants near our study plot; the stems and associated flower buds were sometimes underdeveloped and/or discolored. Voucher specimens were collected for later identification and are currently being stored in the University of Central Oklahoma Invertebrate and Insect Collection in Edmond, Oklahoma.

DISCUSSION

Nectar Patterns

Significant differences between nectar flow and standing crop levels (during mid-day) on both Lesvos and SCI indicate that pollinators utilize substantial amounts of nectar during the warmer periods of the day. At both locales, the peak bee visitation time (15:00) corresponded to the greatest difference in nectar levels between nectar flow and standing crop. The lack of accumulated nectar

volume at the outset of the day (07:00) on both Lesvos and SCI suggests that nectar reabsorption and/or variable secretion rates may be occurring during nocturnal and/or early morning periods. The congeneric *C. scabiosa* L. and *C. nigra* L., for example, are known to have reduced nectar production during periods of cool weather and overcast conditions (Lack 1982). Indeed, on SCI, where temperatures were relatively cool, a decline in nectar flow is revealed after 15:00 when the temperature was beginning to decline. It is also noteworthy that nectar levels were highest at both locales during the afternoon when the highest temperatures were recorded during our monitoring study (15:00); heat-induced nectar production has been described for at least one other Mediterranean plant species, *Thymus capitatus* Hoffmans (Petanidou and Smets 1996).

Perhaps the most conspicuous difference between the study locales is the higher overall nectar secretion levels at SCI relative to Lesvos. This pattern may reflect the effect of abiotic factors such as high temperature and wind that were both evident in the exposed, beachside location of our plant transect at Lesvos (through evaporative effects). The extremely high sucrose concentrations recorded for nectar at both Lesvos and SCI may also be an artifact of water loss from the nectar since concentrations taken earlier in the day were lower during an earlier study on SCI (Barthell et al., unpublished data). Such abiotic effects can influence plant nectar quality and, consequently, pollinator behavior (Peat and Goulson 2005). The occurrence of phloem-feeding aphids on these plants (absent in the western USA) may also be a contributor to reduced nectar volumes, and their influence should be examined in the future. Another factor may be the presence of seed head predators that are presumably quite common in the native range of *C. solstitialis*, including seven species introduced from Eurasia (including from Greece and Turkey) to the western USA (Turner et al. 1995, Rees et al. 1996, Balciunas and Villegas 2001). At least two species of fruit flies (in the genera *Urophora* and *Chaetorellia*) have been identified on SCI in recent years (Barthell et al. 2004). During the initial period of an invasion by *C. solstitialis*, the influence of such natural enemies is likely to be lessened and, consistent with this conjecture, *C. solstitialis* plant densities measured in nearby Turkey are substantially reduced relative to the western USA (Uygur et al. 2004).

Pollinator Guilds

Within one week we were able to accumulate 40 species of bees visiting *C. solstitialis* on Lesvos; this represents 1.6 times the number of species composing the SCI pollinator guild described by Thorp et al. (1994). At least two species were found in both locations, the honey bee (*Apis mellifera*) and the leafcutting bee *Megachile apicalis*, both of which are native to Eurasia and non-native to North America (Mitchell 1962, Michener 2000); we have also identified *M. apicalis* in western Turkey (Bursa), suggesting it is native to the Aegean region of Turkey as well. Overall bee diversity on Lesvos remains to be determined but is at least three-fold the 121 species currently recognized on SCI (R. W. Thorp, unpublished data). This is consistent with species-area predictions as substantiated for the Channel Islands (Rust et al. 1985, Thorp et al. 1994). The number of genera reported for SCI (21) is the same as that recorded for Lesvos (Thorp et al. 1994). The number of *Megachile* species on Lesvos was higher than for any other genus, a possible reflection of adaptations to *C. solstitialis* and other asteraceous species by some species of the genus *Megachile* and subgenus *Eutricharaea* (Müller and Bansac 2004).

Four bee families are recognized on both islands when guilds are compared with the findings of Thorp et al. (1994). However, the family Andrenidae was not detected at *C. solstitialis* on SCI, although species representing this genus do occur on the island. A species in the family Colletidae (genus *Hylaeus*) was collected on SCI but no representatives of this family were found during our collection period on Lesvos. The other three families are shared between locales: Apidae, Halictidae and Megachilidae. Of these, the highest proportion of species was in the family Megachilidae on Lesvos (at least 53% versus 28% on SCI) while on SCI the family Apidae was most common (40% versus 30% on Lesvos). The high representation of Megachilidae on Lesvos is consistent with the known diversity of the subgenus *Eutricharaea* in Eurasia (at least four species were detected on Lesvos during the current study). Observations indicate that a species in this subgenus, *Megachile apicalis*, is a frequent and important visitor of *C. solstitialis* in the western USA (Barthell et al. 2003, Stephen 2003, McIver et al. 2009), including on SCI (Thorp et al. 2000).

Yellow Star-thistle–Benefiting from New Circumstances?

Through the latter part of the 20th century and into the 21st, *C. solstitialis* has spread dramatically throughout the western USA (Maddox and Mayfield 1985, Pitcairn et al. 2006). Its requirement to be outcrossed contradicts classical assertions in the literature about how invasive plants succeed (Stebbins 1957, Baker 1965). Clearly, a mutualist (e.g., the ubiquitous honey bee) was required to facilitate the invasion of *C. solstitialis* into the western USA. Indeed, among the eight Channel Islands, the only islands with populations of *C. solstitialis* are those with a history of honey bee introductions: Santa Cruz Island and Santa Catalina Island. Santa Rosa Island, despite a long and intensive agricultural period (Allen 1996), remains without well-established populations of *C. solstitialis*. This observation is consistent with earlier work on SCI that shows a depression in reproductive capacity of *C. solstitialis* when honey bees are excluded from its flower heads (Barthell et al. 2000, Barthell et al. 2001). An exception is the self-compatible congener, *Centaurea melitensis*, which occurs in populations across Santa Rosa Island (as it does on SCI). The high levels of nectar in *Centaurea solstitialis* florets suggest that this species was able to draw honey bees away from competing plant species and this statement is corroborated by 1) our comparisons of honey bee visitation to *Grindelia camporum*, a native asteraceous species (Barthell et al. 2000), and 2) higher average nectar flow quantities and nectar (sucrose) quality (Barthell et al., unpublished data). Thus, the high nectar-producing environment at SCI, both in terms of flow and standing crop, was ideal for honey bees during the 1900s.

So why, in our preliminary observations on Lesvos, was *C. solstitialis* not attractive to honey bees to the same extent it is in the western USA? There appear to be at least two possible reasons as to why this is the case. First, another high nectar producing plant, *Vitex agnus-castus*, is effective in competing for other large-bodied, eusocial pollinators that may prefer (or require) larger nectar reserves (Schaffer et al. 1979); preliminary information from another study support this hypothesis both in terms of nectar volume and quality (Barthell et al., unpublished data). Secondly, the impact of native natural enemies (weevils, fruitflies, aphids, etc.) may compromise nectar production to such an extent that the plant becomes relatively unprofitable

ARI BİLİMİ / BEE SCIENCE

for foraging honey bees, even if a large and diverse set of smaller bodied bees persist in taking lower nectar levels from the plant as observed in the current study. These conjectures are not mutually exclusive, however, and probably influence one another at our study locale on Lesvos. Indeed, *C. solstitialis* and any other invasive plant that requires pollination may be the victim or beneficiary of its newly found circumstances when it arrives in a new habitat. In the case of *C. solstitialis*, it appears to have arrived in the right place at the right time since a surplus of mutualists (honey bees) and the absence of high nectar-secreting plant competitors and natural enemies may have ensured its success on SCI.

Implications for Conservation and Future Studies

Islands provide a special set of circumstances for the study of plant and animal invasions since, in mainland environments, the sheer diversity of species and number of individuals can make the progression of invasion events difficult to monitor (e.g., Roubik 1983). However, in our study locales the relatively low numbers of species (e.g., 121 species on SCI) allows one to more easily define plant-pollinator landscapes (Bronstein 1995); the mutualistic interactions in these landscapes would otherwise be especially difficult to ascertain, even though it is critical to identify these relationships in order to preserve them (Kearns et al. 1998). Understanding these interactions is also important because islands (with their reduced species diversity) may be especially vulnerable to biological invasions (Fritts and Rodda 1998). The willful spread of pollinators for real or perceived environmental benefits can have exceedingly important implications for both natural and agricultural systems and should be carefully evaluated for risks (Barthell et al. 2003). Growing evidence suggests that the cavalier spread of pollinator species such as the honey bee also negatively impacts native species (Goulson 2003, but see Butz Huryn 1997). The practice of globalizing the honey bee is an especially poignant case study wherein over-reliance on a single pollinator has led to a decline in pollinators for crops in the USA for the indefinite future (Barthell and Wells 2007).

We predict that the role of nectar (and other plant rewards) will be critical to understanding pollinator-plant mutualisms in both island and mainland

locales; ecologists and conservation biologists have called for more significant efforts in this area for at least a decade (Kearns et al. 1998). Here, we have taken a preliminary step in testing this prediction by characterizing nectar flow and quality of an ubiquitous invasive plant species in the western USA, as well as establishing pollinator guild overlap between native and non-native environments where *C. solstitialis* occurs (islands in the USA and Greece). Future studies will focus more directly on the how nectar quantity and quality (and factors like handling time) determine foraging behavior of honey bees and solitary bees (e.g., Amaya-Márquez et al. 2008, Çakmak et al. 2009). This study has demonstrated that honey bees and solitary bee species (such as *Megachile apicalis*) represent model organisms for this effort. We will also try to understand the impact of negative interactions (e.g., insect phytophagy) on nectar production in *C. solstitialis* on both SCI and Lesvos. Indeed, plant-pollinator-herbivory interactions represent a growing area of interest among ecologists (e.g., Irwin et al. 2004). Finally, to our knowledge, this work is the first attempt to characterize and publish biogeographical data on nectar flow and quality in *C. solstitialis*, a model species for studies of mutualism-based interactions, including invasions (see Simberloff and Von Holle 1999, Richardson et al. 2000, Bruno et al. 2003).

Acknowledgements

We thank the University of California's Natural Reserve System and Marine Science Institute for assisting our efforts on Santa Cruz Island (SCI); Lyndal Laughrin kindly provided logistical advice and support to our group during our 2007 field season. We also appreciate the role of The Nature Conservancy and National Park Service in supporting research efforts on Santa Cruz Island. The Joe C. Jackson College of Graduate Studies and Research provided partial support for the work conducted on SCI (Dean J. Garic and Interim Associate Dean G. Wilson). The Bloomsburg University of Pennsylvania's College of Science and Technology (Dean, R. Marande) provided travel support to JMH. The National Science Foundation's REU Program (DBI 0552717) provided funding for the work at Lesvos. We thank all participants involved in the REU project, including C. I. Abramson (Oklahoma State University) and I. Çakmak (Uludag University), as well as students E. Serrano, G. Johnson and A. Mixson. Kristin Brubaker (Bloomsburg University of

ARI BİLİMİ / BEE SCIENCE

Pennsylvania) assisted in field efforts on SCI. Christine Damiani, N. Waser and an anonymous reviewer provided valuable reviews of this manuscript. Finally, we also thank W. Chen, C. Hughes, S. Clement and S. Walker for their assistance with administration of the project as well as aspects of manuscript preparation.

REFERENCES

- Allen, K. B. (editor). 1996. Island of the cowboys. Santa Rosa Island. Occasional Paper No. 7. Santa Cruz Island Foundation, Santa Barbara, CA.
- Amaya-Márquez, M., Hill, P. S. M., Barthell, J. F., Pham, L. L., Doty, D. R. & Wells, H. 2008. Learning and memory during foraging of the blue orchard bee, *Osmia lignaria* Say (Hymenoptera: Megachilidae). *Journal of the Kansas Entomological Society*, 81, 315-327.
- Baker, H. G. 1965. Characteristics and mode of origin of weeds. Pages 147-172. *In*: Baker, H. G. & G. L. Stebbins (eds.), *The Genetics of Colonizing Species*, Academic Press, New York, NY.
- Barthell, J. F., Randall, J. M., Thorp, R. W. & Wenner, A. M. 2001. Promotion of seed set in yellow star-thistle by honey bees: evidence of an invasive mutualism. *Ecological Applications*, 11, 1870-1883.
- Barthell, J. F., Thorp, R. W., Frankie, G. W., Kim, J.-Y. & Hranitz, J. M. 2003. Impacts of introduced solitary bees on natural and agricultural systems: the case of the leafcutting bee, *Megachile apicalis* Spinola (Hymenoptera: Megachilidae). Pages 151-162. *In*: Strickler, K., J. H. Cane & J. Brown (eds.), *For Non-native Crops, Whence Pollinators of the Future?* Thomas Say Publications in Entomology, Entomological Society of America, Lanham, MD.
- Barthell, J. F., Thorp, R. W., Randall, J. M., Wenner, A. M., Reidenbaugh, R. T. & Rice, K. D. 2004. Positive and negative interactions with non-native insects affect yellow star-thistle reproduction on Santa Cruz Island, California. 52nd Annual Meeting of the Entomological Society of America. 17 November, 2004, Salt Lake City, UT. [ABSTRACT]
- Barthell, J. F., Thorp, R. W., Wenner, A. M. & Randall, J. M. 2000. Yellow star-thistle, gumplant, and feral honey bees on Santa Cruz Island: a case of invaders assisting invaders. Pages 269-273. *In*: Browne, D. R., K. L. Mitchell & H. W. Chaney (eds.), *Fifth California Islands Symposium*, MBC Applied Environmental Sciences, Costa Mesa, CA.
- Barthell, J. F., Thorp, R. W., Wenner, A. M., Randall, J. M. & Mitchell, D. S. 2005. Seed set in a non-native, self-compatible thistle on Santa Cruz Island: implications for the invasion of an island ecosystem. Pages 269-273. *In*: Garcelon, D. K. & C. A. Schwemm (eds.), *Sixth California Islands Symposium*, Institute for Wildlife Studies, Arcata, CA.
- Barthell, J. F. & Wells, H. 2007. Honey bee globalization: why the world should *not* be flat. *Business Review Journal of the St. Joseph's College of Business Administration*, 2, 51-63.
- Bronstein, J. L. 1995. The plant-pollinator landscape. Pages 256-288. *In*: Hansson, L., L. Fahrig & G. Merriam (eds.), *Mosaic Landscapes and Ecological Processes*, Chapman and Hall, London.
- Brown, B. J., Mitchell, R. J. & Graham, S. A. 2002. Competition for pollination between an invasive species (purple loosestrife) and a native congener. *Ecology*, 83, 2328-2336.
- Bruno, J. F., Stachowicz, J. J. & Bertness, M. D. 2003. Inclusion of facilitation into ecological theory. *Trends in Ecology and Evolution*, 18, 119-125.
- Butz Huryn, V. M. 1997. Ecological impacts of introduced honey bees. *Quarterly Review of Biology*, 72, 275-297.
- Çakmak, I., Sanderson, C., Blocker, T. D., Pham, L. L., Checotah, S., Norman, A. A., Harader-Pate, B. K., Reidenbaugh, R. T., Nentchev, P., Barthell, J. F. & Wells, H. 2009. Different Solutions by Bees to a Foraging Problem. *Animal Behaviour*, 77, 1273-1280.
- Chittka, L. & Schürkens, S. 2001. Successful invasion of a floral market. *Nature*, 411, 653.
- Dalaka, A. & Petanidou, T. 2006. The effects of grazing in the terraced agro-ecosystems of Lesvos Island (Greece). Pages 51-57. *In*: Papanastassis, V. P., Z. M. Parissi (eds.), *Proceedings of the 5th Panhellenic Rangeland Congress*, Heraclion of Crete, Range Science of Xerothermic Areas, Hellenic Range and Pasture Society, Thessaloniki.
- Foufopoulos, J. & Mayer, G. C. 2007. Turnover of passerine birds on islands in the Aegean Sea

ARI BİLİMİ / BEE SCIENCE

- (Greece). *Journal of Biogeography*, 34, 1113-1123.
- Fritts, T. H. & Rodda, G. H. 1998. The role of introduced species in the degradation of island ecosystems: a case history of Guam. *Annual Review of Ecology, and Systematics*, 29, 113-140.
- Gerlach, J. D., Jr. & Rice, K. J. 2003. Testing life history correlates of invasiveness using congeneric plant species. *Ecological Applications*, 13, 167-179.
- Ghazoul, J. 2002. Flowers at the front line of invasion? *Ecological Entomology*, 27, 638-640.
- Gherini, J. 1997. Santa Cruz Island: A History of Conflict and Diversity. The Arthur Clark, Company, Spokane, WA.
- Gherini, J. 2005. Radio Santa Cruz: a glimpse of island ranch life from 1951 to 1984. Pages 121-130. In: Garcelon, D. K. & C. A. Schwemm (eds.), Sixth California Islands Symposium, Institute for Wildlife Studies, Arcata, CA.
- Goulson, D. 2003. Effects of introduced bees on native ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 34, 1-26.
- Hendry, G. W. & Bellue, M. K. 1936. An approach to southwestern agricultural history through adobe brick analysis. Pages 65-72. In: Symposium on Prehistoric Agriculture, University of New Mexico Bulletin Number 296, New Mexico University Press, Albuquerque, NM.
- Hickman, J. C. (editor). 1993. The Jepson Manual: Higher Plants of California. University of California Press, Berkeley and Los Angeles, CA.
- Irwin, R. E., Adler, L. S., & Brody, A. K. 2004. The dual role of floral traits: pollinator attraction and plant defense. *Ecology*, 85, 1503-1511.
- Junak, S., Ayers, T., Scott, R., Wilken, D. & Young, D. 1995. A Flora of Santa Cruz Island. Santa Barbara Botanic Garden, Santa Barbara, CA.
- Kearns, C. A. & Inouye, D. W. 1993. Techniques for Pollination Biologists. University of Colorado Press, Niwot, CO.
- Kearns, C. A., Inouye, D. W. & Waser, N. M. 1998. Endangered mutualisms: the conservation of plant-pollinator interactions. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 29, 83-112.
- Lack, A. J. 1982. Competition of pollinators in the ecology of *Centaurea scabiosa* L. and *Centaurea nigra* L. *New Phytologist*, 91, 309-320.
- Maddox, D. M., Joley, D. B., Supkoff, D. M. & Mayfield, A. 1996. Pollination biology of yellow starthistle (*Centaurea solstitialis*) in California. *Canadian Journal of Botany*, 74, 262-267.
- Maddox, D. M. & Mayfield, A. 1985. Yellow starthistle infestations are on the increase. *California Agriculture*, 39, 10-12.
- Marathianou, M., Kosmas, C., Gerontidis, S. & Detsis, V. 2000. Land-use evolution and degradation in Lesvos (Greece): a historical approach. *Land Degradation and Development*, 11, 63-73.
- McIver, J., Thorp, R., & Erickson, K. 2009. Pollinators of the invasive plant yellow starthistle (*Centaurea solstitialis*), in north-eastern Oregon, USA. *Weed and Biology Management*, 9, 137-145.
- Memmott, J., & Waser, N. M. 2002. Integration of alien plants into a native flower-pollinator visitation web. *Proceedings of the Royal Society London B*, 269, 2395-2399.
- Michener, C. D. 2000. The Bees of the World. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, MA.
- Müller, A. & Bansac, N. 2004. A specialized pollen-harvesting device in western palearctic bees of the genus *Megachile* (Hymenoptera, Apoidea, Megachilidae). *Apidologie*, 35, 329-337.
- Olesen, J. M., Eskildsen, L. I. & Venkatasamy, S. 2002. Invasion networks on oceanic islands: importance of invader complexes and endemic super generalists. *Diversity and Distributions*, 8, 181-192.
- Peat, J. & Goulson, D. 2005. Effects of experience and weather on foraging rate and pollen versus nectar collection in the bumblebee, *Bombus terrestris*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 58, 152-156.
- Pellet, F. C. 1976. American Honey Plants. Dadant and Sons, Hamilton, IL.
- Petanidou T. & Lamborn, E. 2005. A land for flowers and bees: studying pollination ecology in Mediterranean communities. *Plant Biosystems*, 139, 279-294.
- Petanidou T. & Smets, E. 1996. Does temperature stress induce nectar secretion in Mediterranean plants? *New Phytologist*, 133, 513-518.
- Pitcairn, M. J., Schoenig, S., Yacoub, R. & Gendron, J. 2006. Yellow starthistle continues its spread in California. *California Agriculture*, 60, 83-90.

ARI BİLİMİ / BEE SCIENCE

- Potts, S. G., Petanidou, T., Roberts, S., O'Toole, C., Hulbert, A. & Willmer, P. 2006. Plant-pollinator biodiversity and pollination services in a complex Mediterranean landscape. *Biological Conservation*, 129, 519-529.
- Proctor, M., Yeo, P. & Lack, A. 1996. The Natural History of Pollination. Timber Press, Inc., Portland, OR.
- Richardson, D. M., Allsopp, N., D'Antonio, C. M., Milton, S. J. & Rejmánek, M. 2000. Plant invasions-the role of mutualisms. *Biological Review*, 75, 65-93.
- Roubik, D. W. 1983. Experimental community studies: time-series tests of competition between African and neotropical bees, *Ecology*, 64, 971-978.
- Rust, R., Menke, A. & Miller, D. 1985. A biogeographic comparison of the bees, sphecid wasps and mealybugs of the California Channel Islands (Hymenoptera, Homoptera). Pages 29-59. *In: Menke, A. S. & D. R. Miller (eds.), Entomology of the Channel Islands: Proceedings of the First Symposium, Santa Barbara Museum of Natural History, Santa Barbara, CA.*
- Sammataro, D., Gerson, U. & Needham, G. R. 2000. Parasitic mites of honey bees: life history, implications and impact. *Annual Review of Entomology*, 45, 517-546.
- Schaffer, W. M., Jensen, D. B., Hobbs, D. E., Gurevitch, J., Todd, J. R. & Valentine Schaffer, M. 1979. Competition, foraging energetics, and the cost of sociality in three species of bees. *Ecology*, 60, 976-987.
- Simberloff, D. & Von Holle, B. 1999. Positive interactions of nonindigenous species: invasional meltdown? *Biological Invasions*, 1, 21-32.
- Stebbins, G. L. 1957. Self fertilisation and population variability in the higher plants. *American Naturalist*, 91, 337-354.
- Stephen, W. P. 2003. Solitary bees in North America: a perspective. Pages 41-66. *In: Strickler, K., J. H. Cane & J. Brown (eds.), For non-native crops, whence pollinators of the future? Thomas Say Publications in Entomology, Entomological Society of America, Lanham, MD.*
- Sun, M. & Ritland, K. 1997. Mating system of yellow starthistle (*Centaurea solstitialis*), a successful colonizer in North America. *Heredity*, 46, 20-23.
- Thorp, R. W., Wenner, A. M. & Barthell, J. F. 1994. Flowers visited by honey bees and native bees on Santa Cruz Island. Pages. 259-286. *In: Halverson, L. & G. J. Maender (eds.), Fourth California Islands Symposium: Update on the Status of Resources, Santa Barbara Museum of Natural History, Santa Barbara, CA.*
- Thorp, R. W., Wenner, A. M. & Barthell, J. F. 2000. Pollen and nectar resource overlap among bees on Santa Cruz Island. Pages 261-268. *In: Browne, D. R., K. L. Mitchell & H. W. Chaney (eds.), Fifth California Islands Symposium, MBC Applied Environmental Sciences, Costa Mesa, CA.*
- Tipton, J. A. 2006. The animal world: the case of kobios and phucis. *Perspectives in Biology and Medicine*, 49, 369-383.
- Uygur, S., Smith, L., Uygur, F. N., Cristofaro, M. & Balciunas, J. 2004. Population densities of yellow starthistle (*Centaurea solstitialis*) in Turkey. *Weed Science*, 52, 746-753.
- Wenner, A. M. & Thorp, R. W. 1993. The honey bees of Santa Cruz Island. *Bee Culture*, 121, 272-275.
- Wenner, A. M. & Thorp, R. W. 1994. Removal of feral honey bee (*Apis mellifera*) colonies from Santa Cruz Island. Pages 513-522. *In: Halverson, W. L. & G. J. Meander (eds.), Fourth California Islands Symposium: Update on the Status of Resources, Santa Barbara Museum of Natural History, Santa Barbara, CA.*
- Wenner, A. M., Thorp, R. W. & Barthell, J. F. 2000. Removal of European honey bees from the Santa Cruz Island ecosystem. Pages 256-260. *In: Browne, D. R., K. L. Mitchell & H. W. Chaney (eds.), Fifth California Islands Symposium, MBC Applied Environmental Sciences, Costa Mesa, CA.*

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı *Centaurea solstitialis* (Güneşçiçeği) bitkisinin Santa Cruz adası (ABD) ve Ege Denizi'nde bulunan Midilli adasında (Yunanistan) balözü akımı ve bu bitkiyi ziyaret eden arıların sayı ve çeşitliliğinin karşılaştırılmasıdır. Güneşçiçeği bitkisinin anavatanı Avrasya olup kendine döllemeyen bir bitkidir. Yani dölleme ve tohumun oluşması için başka bir bitkiden çiçek özü veya polenin gelmesi gerekmektedir. Bu yüzden bu tip bitkiler gelecek nesillerinin devamı sağlayacak tohum oluşturulması için tozlayıcıları özellikle arıları

ARI BİLİMİ / BEE SCIENCE

cezbetmek için balözü, çiçek özü ve yağ gibi maddeler salgılar.

Gereç ve Yöntem: Güneşçiçeği bitkisinin doğal alanı Avrasya olup batı Amerika'da yabancı bir bitki olarak oldukça istilacı bir yapıdadır. Balözünü akımı çiçek tablaları arıların girmesi engelleyecek delikli kafes torbalar ile örtülerek çiçekçiklerdeki balözünü miktarı ölçülmüştür. Balözünü mevcut veya açık olan çiçek verileri ise delikli kafes torba ile kapatılmayan ve arılara açık olan çiçeklerden toplanmıştır. Her iki bölgede 15 bitki belirlenip 1m aralıklarla kafesle kapatılmıştır. Çalışmanın başlangıç gününden önce saat 16:00 ve 18:00 de her bitkiden iki çiçek tablası delikli kafes torba ile kapatılmıştır. Ertesi gün sabah delikli kafes torba çiçek tablalarından birinden çıkarılıp arıların girişine izin verilmiştir. Bu çiçeklere duran balözünü denilmiş açık kalan çiçek tablalarına ise akan balözünü denilmiştir. Ertesi gün saat 7:00 ve 19:00 arasında her 2 saatte bir 0.25 µl kapilları ince tüpler her çiçek tablasındaki çiçekçiğe sokularak balözünü alınmış ve balözünü miktarı ölçümleri yapılmıştır. Kapalı çiçeklerden balözünü alındıktan sonra hemen tekrar delikli torba kafesler ile kapatılmıştır. Çiçekçikten balözünü alındıktan sonra kalıcı Sharpie kalemle işaretlenip her toplamada farklı çiçekçiğin kullanılması sağlanmıştır. Arı kayıtları balözünü kayıtlarının ilk gününden sonra başlamış ve balözünü için kullanılan bitkiler kullanılmıştır. Bu bitkiler arasında 6 kez 5 dakika

sürecek şekilde yürüyerek ziyaret eden arılar belirlenip kayıt edilmiştir. Her çalışma 30 dk sürmüş olup 9:00 ve 12:00 arasında günde 4 kez tekrar edilmiştir. Balözünü kalitesi ise balözünü biriktikten sonra bitkiler kesilip laboratuvara götürülmüş ve santrifüj edildikten sonra refraktometre ile ölçülmüştür.

Bulgu ve Sonuçlar: *Centaurea solstitialis* (Güneşçiçeği) bitkisini ziyaret eden arıların bu bitki ile birlikteliğini ve arı sayımlarını hem Midilli adası ve hemde Santa Cruz adasında karşılaştırma yapılabilecek zaman periyodlarında yapılmıştır. Her iki bölgede arıların en çok bu bitkiyi ziyaret ettiği zaman aralığı saat 15:00 aynı zamanda her iki bölgede bu bitkide balözünü akımının en yüksek olduğu zaman aralığı olarak kaydedilmiştir. Bu zaman aralığı aynı zamanda duran ve akan balözünü seviyesindeki en farklı durumun ortaya çıktığı zamandır. Balözünü seviyesi konusunda iki bölgede delikli torba kafesler ile kapalı ve açık çiçeklerde özellikle tozlayıcıların çok yoğun olduğu dönemlerde önemli farklılıklar bulunmuştur. Akan balözünü ve duran balözünü miktarları Midilli adasında Santa Cruz adasındakilerden daha düşük olarak tespit edilmiştir. Arı bitki birlikteliğini sağlayan arı çeşitleri ise Midilli adasında Santa Cruz adasındakilerden daha yüksek olarak tespit edilmiştir. İlginç olarak Midilli adasında bu gözlem periyodlarında bal arıları kaydedilmemiştir.