

## MANYETİK ALANIN BALARILARI ÜZERİNE ETKİSİ

Yaşar ERDOĞAN<sup>1\*</sup>

Sadık ÇIVRACI<sup>2</sup>

**Özet:** Balarıları, Jeomanyetik alanı, yön bulma ve konum belirleme amacıyla kullanırlar. Yaptığımız bu çalışmada, manyetik alanın bal arıları üzerindeki etkilerini tespit etmek amacıyla 2022 yılında Bayburt Üniversitesi Arıcılık araştırma ve uygulama İstasyonunda gerçekleştirilmiştir. Çalışmada Elektro Manyetik alan (EMF) nın bal arılarının beslenme yerini bulmasına ve beslenme kutusunda (BK) bekleme süresine etkisi tespit edilmiştir. Elektromanyetik alan kaynağı olarak Helmholtz bobini kullanılmıştır. Bobinlerin Elektro Manyetik alan değerleri 0  $\mu$ T, 25  $\mu$ T, 75  $\mu$ T, 125  $\mu$ T, 175  $\mu$ T olarak sabitlendi. Helmholtz bobinlerinin merkezlerine içerisine 1/1 lik şeker şurubu doldurulmuş beslenme kapları (petri kabı) yerleştirilmiştir.

En çok ziyaret edilen uygulama BK1 (0  $\mu$ T) (ortalama 20.06 $\pm$ 0,76a arı) ve en az ziyaret edilen uygulama ise BK5 (175  $\mu$ T) (ortalama 11,53 $\pm$ 0,63 arı) olmuştur. Kontrol grubu uygulamasına BK1 (0  $\mu$ T) gelen arılar burada ortalama 34,26 $\pm$ 7,08 saniye, manyetik alanın en yüksek uygulandığı U5 (175 $\mu$ T) beslenme kaplarında ise ortalama 12.61 Sn gibi oldukça kısa bir süre bekleyebilmişlerdir.

Bu çalışmanın sonucunda bal arılarının elektromanyetik alandan oldukça etkilendiği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Balarısı, jeomanyetik alan, yön bulma

### THE EFFECT OF THE MAGNETIC FIELD ON THEIR ACHIEVEMENT

**Abstract:** Honeybees use the geomagnetic field for navigation and location determination. This study was carried out at Bayburt University Beekeeping Research and Application Station in 2022 to determine the effects of the magnetic field on honey bees. In the study, the effect of Electro Magnetic Field (EMF) on the ability of honey bees to find the feeding place and the waiting time in the feeding box (BK) was determined. Helmholtz coil was used as the electromagnetic field source. Electro Magnetic field values of the coils were fixed as 0  $\mu$ T, 25  $\mu$ T, 75  $\mu$ T, 125  $\mu$ T, 175  $\mu$ T. Feeding containers (Petri dishes) filled with 1/1 sugar syrup were placed in the centers of the Helmholtz coils.

The most visited application was BK1 (0  $\mu$ T) (average 20.06 $\pm$ 0.76 bees) and the least visited application was BK5 (175  $\mu$ T) (average 11.53 $\pm$ 0.63 bees). Bees in the control group application BK1 (0  $\mu$ T) were able to wait an average of 34.26 $\pm$ 7.08 seconds here, and in the U5 (175 $\mu$ T) feeding containers where the magnetic field was applied at the highest level, they were able to wait for a very short time, such as 12.61 seconds on average.

As a result of this study, it was seen that honey bees were greatly affected by the electromagnetic field.

**Key Words:** Honeybee, geomagnetic field, navigation

<sup>1</sup> Bayburt Üniversitesi, Demirözü MYO, Veterinerlik Bölümü, Bayburt, Türkiye., Orcid ID: 0000-0002-3897-2003

<sup>2</sup> Bayburt Üniversitesi, Demirözü MYO, Veterinerlik Bölümü, Bayburt, Türkiye., Orcid ID: 0000-0002-0750-1823

\*sorumlu yazar: yasarerdogan@hotmail.com

## 1. GİRİŞ

Tüm canlılar, dünya var olmuş olalı maruz kaldıkları manyetik alana uyum sağlamış olup; canlılardan bazıları bu yerin manyetik alanını yön bulma maksadıyla kullanmaktadır (Wiltschko ve Wiltschko, 2005).

Manyetik alanlar canlıları etkileyebilecek önemli ekolojik faktörlerdendir (Binhi ve Savin, 2003; Rosen ve biophysics, 2003). Manyetik alan canlıların günlük aktivitelerine, davranışlarına ve mekansal yönelimlerine etki edebilmektedir (M. Vácha, Drštková, ve Půžová, 2008; M. J. J. o. e. b. Vácha, 2006).

Yapılan bir araştırmada böceklerde manyetik alanın oktopamin düzeylerini artırmasıyla böceklerin motor aktivitesinde önemli bir artış olduğu tespit edilmiştir (Roeder, 1999).

Balarılar manyetik alan değişimlerini hissedip ondan etkilenen en önemli canlılardan birisidir. Bunun araştırılmasına yönelik yapılan çok sayıda çalışma bulunmaktadır.

Yapılan bir çalışmada, yüksek manyetik alan uygulandığında balarılarının kovan yönelimleri değişmiştir (Collett ve Baron, 1994; Frier, Edwards, Smith, Neale, ve Collett, 1996). Yine başka bir çalışmada, arılarda karnı çevreleyen ve esas olarak karnın ventralinde yer alan trofositlerde  $0,5\pm 0,1$   $\mu\text{m}$  çapında demir granülleri (IG'ler) bulunduğu ifade edilmiştir (Hsu ve Li, 1994; Kuterbach, Walcott, Reeder, ve Frankel, 1982). Yapılan çalışmalarda, bal arılarında  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  ve  $\text{FeOOH}$  bulunmuştur (Jaccoud El-Jaick, Acosta-Avalos, Motta de Souza Esquivel, Wajenberg, ve Paixão Linhares, 2001).

Bu sonuçlar, bal arılarının biyomanyetitlere sahip olduğunu göstermektedir. Ancak bu kapasiteyi açıklayacak bir kanıt bulunamamıştır (Hsu, Ko, Li, Fann, ve Lue, 2007). Bal arıları insanlık ve doğa açısından oldukça büyük önem taşımaktadır. Bal arıları, arıcılık ürünleri üretmenin dışında bitkilerin tozlaşmasını da sağlayarak doğaya büyük katkı sağlamaktadır (Castro, 2001; Erdogan ve Dodoglu, 2005). Avrupa bal arıları (*Apis mellifera* L.) oldukça etkili polinatör böceklerdir (Garibaldi, Aizen, Klein, Cunningham, ve Harder, 2011; Garibaldi vd., 2014). Bal arıları dışarıdan çiçeklerden toplayarak kovanlarına nektar, polen ve propolis taşırlar. Ayrıca yine dışarıdan kovanlarına değişik kaynaklardan su da taşırlar. Bal arıları kilometrelerce mesafelerden besin toplayan ve yönünü kaybetmeden kovanlarına geri dönen oldukça yetenekli sosyal böceklerdir.

Bal arıları güneşi, polarize ışığı ve yer işaretlerini kullanarak yönlerini belirleyebilme kabiliyetlerine sahiptirler (Dyer ve Gould, 1981; Evangelista, Kraft, Dacke, Labhart, ve Srinivasan, 2014; Rossel ve Wehner, 1986). Bu eşsiz canlılar, dünyanın elektromanyetik alanı yardımıyla yollarını bulurlar. Bal arıları yön bulmada güneş, koku, polarize ışık, gökyüzü, kovandaki işaretler ve manyetik alanı kullanırlar.

Günümüzde baz istasyonları, Wi-Fi, Bluetooth, elektrikli cihazlar ve yüksek gerilim hatları gibi Manyetik alan üreten cihazların kullanımı oldukça artmıştır. Bu cihazların sayısının artmasına bağlı olarak, manyetik alanda artmıştır.

Yapılan bir çalışmanın sonucuna göre sosyal yaban arısı *Polybia paulista*'nın yerel jeomanyetik alandaki değişikliklere duyarlı olduğunu göstermiştir (Pereira-Bomfim, Antonialli-Junior, ve Acosta-Avalos, 2015). Miknatıslar ve Helmholtz bobinleriyle yapılan bu çalışmada, manyetik alandaki değişimin *Polybia paulista*'nın uçuş aktivitesini etkilediğini gösterdi. Son zamanlarda hastalıklar, doğal düşmanlar, pestisitler ve olumsuz iklim koşulları gibi bal arılarının gelişimini etkileyen birçok faktöre dair raporlar bulunmaktadır (Favre, 2011).

Son yıllarda, tün dünyada arı kolonilerinde çok hızlı bir kayıp meydana gelmiştir. Bu kayıplar herhangi bir semptom göstermeden aniden olmuştur. Bilim adamları bunu CCD (Colony Collaps Disorder) olarak isimlendirmiştir (Gallai, Salles, Settele, ve Vaissière, 2009). Bu durumun sebepleri olarak hava kirliliği, pestisitler, uygun olmayan tarımsal faaliyetler, virüsler, mono kültür tarım ve ani iklim değişikliklerinden kaynaklandığı söylenmektedir. Bazı kaynaklarda ise CCD nin asıl sebebinin manyetik alan kirliliği olduğu söylenmektedir (Cammaerts, 2017; Kumar, 2018; Taye, Deka, Rahman, Bathari, ve studies, 2017). Artan manyetik alan kirliliği neticesinde, kovandan gıda toplamak için çıkan arıların kaynağı veya kovayı tekrar bulmalarını engellemektedir. Bal arılarının vücut hücrelerinde manyetit kristal yapılar vardır. Bu yapılar manyeto-alma sisteminin aktif bileşenleridir. Bu yapılar sayesinde balarılar yerin manyetik alanında meydana gelen en ufak değişikliği bile hissedebilmektedir (Favre, 2011).

Manyetik dalgalar sürekli dalga boyu/frekans spektrumunda bulunur. Dalga boyu ne kadar kısa olursa frekans da o kadar yüksek olur (Hernandez vd., 2010). Elektro Manyetik Alan, manyetik akı yoğunluğu olarak ölçülür ve birimi Tesla'dır (T). Elektrik manyetik alanlarının frekansı Hertz (Hz) cinsinden ifade edilir (Vecchia vd., 2009).

Elektromanyetik alan ölçümleri, kaynağın gücü ve uzaklığı, bölgelerin fiziksel ortamı, radyasyonun frekansı ve olası modülasyon, yansıma veya polarizasyon gibi farklı faktörlerden etkilenebilir (Vecchia vd., 2009). Birçok çalışmaya göre radyo frekansı ve elektromanyetik radyasyonun (EMR) tüm biyolojik sistemlerin ve tüm organizmaların fonksiyonlarını bozan birçok yanıltıcı biyolojik etki ürettiği rapor edilmiştir (Blank ve Goodman, 2009; Erdoğan, 2019; Rösli, Egger, Pfluger, ve Minder, 2008; Schüz ve Ahlbom, 2008).

Elektromanyetik alan, bal arılarının tüm sistemlerini etkileyerek sonuçta yok olmalarına neden olabilir (Pattazhy, 2011). Büyük miktarda radyasyon aynı zamanda arının yön bulma yeteneğini de bozmakta ve kovanlarına geri dönmesini engellemektedir (Sharma ve Kumar, 2010). Bal arıları elektromanyetik radyasyonun biyo göstergesi gibidir, Çünkü beyin anatomileri ve öğrenme bölgeleri ilişkisel öğrenme yetenekleriyle iyi bilinmektedir (Schwärzel, Müller, ve CMLS, 2006). Bir çalışmada “bazistasyonları ve cep telefonlarının sayısı artarsa bal arıları on yıl içinde yok olabilir” denmektedir (Pattazhy, 2011). Araştırmaya göre, bal arılarının kovanlarına dönüşlerinde önemli farklılıklar bulundu: manyetik alan uygulanan arıların yüzde 40'ı, uygulanmayan arıların ise yüzde 7,3'ü kovanlarına başarılı bir şekilde dönmüştür (Stefan, Matthias, Wilhelm, Andrea, ve Astrophysics, 2013).

Yaptığımız bu çalışmada elektromanyetik alan yoğunluğunun bal arıları üzerindeki etkisinin ve arıların deneme alanındaki bekleme sürelerinin tespit edilmesi amaçlandı.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma Kafkas melezi bal arıları (*Apis mellifera caucasica*) üzerinde gerçekleştirilmiştir. Kafkas arıları gri tüylü koyu renkli arılardır. Köken olarak, Kafkas dağlarından gelmektedir. Bu arılar oldukça sakin huylu olup, diğer bal arısı türlerine göre daha uzun bir dile sahiptir. Soğuk iklimlerde kışı iyi geçirirler ve ilkbaharda güçlü koloniler oluştururlar.

Bal ve Propolis üretimi diğer arı türlerine göre daha fazla olup, yağmacılık eğilimleri yüksektir. *Nosema apis* ve *Nosema ceranae*'ye karşı da hassastırlar.

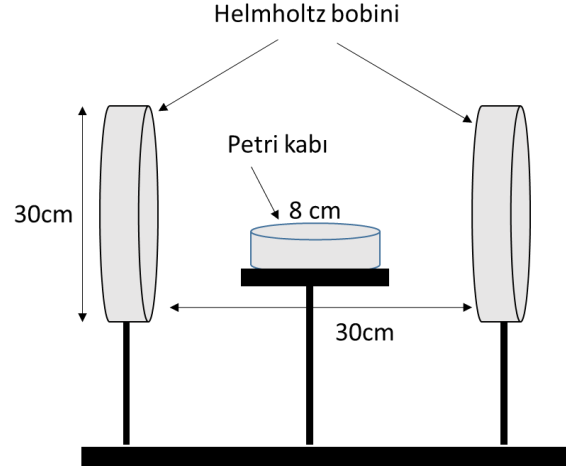
Bu çalışma, 2020 yılında Bayburt Üniversitesi Arıcılık Uygulama ve Araştırma İstasyonunda yürütülmüştür. Bu çalışma, elektromanyetik alanın bal arılarının yiyecek bulma ve beslenme alanında bekleme süreleri üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır.

Beslenme kaplarına beslenmek üzere gelen arıların sayısını belirlemek amacıyla deney düzeneği, arılıktaki 75 adet Kafkas melezi arı kolonisinden 100 m mesafeye yerleştirildi. Helmholtz bobini arılığın arkasına (uçuş deliklerinin tersi yönde), aralarında 1,5 m mesafe olacak şekilde yerleştirildi. Kovanlar arasında karmaşayı önlemek ve çalışmayı kolaylaştırmak amacıyla arılığın arka kısmı tercih edildi. Elektromanyetik alan oluşturmak için Helmholtz bobini kullanıldı. Çalışmada beş Helmholtz bobini ve beş farklı manyetik alan seviyesi kullanıldı (Tablo: 1). Helmholtz bobininin ürettiği manyetik alan kuvveti, bobinlere uygulanan elektriğin voltajı değiştirilerek ayarlanır.

**Tablo 1:** Uygulama grupları

Helmholtz Bobini	U1	U2	U3	U4	U5
Manyetik Alan Seviyesi	0 $\mu$ T	25 $\mu$ T	75 $\mu$ T	125 $\mu$ T	175 $\mu$ T

Bu çalışmada 50 Hz AC elektrik kullanılmıştır. Helmholtz bobin tarafından üretilen Elektromanyetik Alan, TES Manyetik Alan Ölçer model 1393 yardımıyla  $\mu$ T cinsinden ölçülmüştür. Deney düzeneğinin diyagramı Şekil 1'de gösterilmektedir. Elektromanyetik alan oluşturulduğunda elektrik alanı, da aynı anda meydana gelmektedir. Her ikisinin de canlılar üzerinde etkisi vardır. Helmholtz bobinin ürettiği Elektro Manyetik Radyasyonun gücü, TES Electrosmog metre marka, model 593 yardımıyla mV/m cinsinden ölçülür. Helmholtz bobinlerinin ortasına 25 cc 1:1 şurup içeren Petri kapları yerleştirildi ve deney düzeneği hazırlandı. Çalışma Haziran ayının ikinci haftasında başladı. Bal arılarının sayımı saat 14-16 arasında yapıldı. Çünkü çalışmanın yapıldığı bölgede bu zaman aralığında en yoğun nektar taşınıyor. Helmholtz bobinlerinin tamamına saat 14'te aynı anda enerji verildi ve saat 16'da elektrikler kesildi. Beslenme kabındaki (BK) bal arıları tek tek gözlemlendi, Beslenme kabında geçirilen süre belirlenerek bekleme süresi olarak kaydedildi. Bu işlem en az 15 gün aralıklarla 3 kez tekrarlandı. Denemelerin yağmursuz ve rüzgârsız günlerde yapılmasına özen gösterilmiştir. Helmholtz bobini yan yana yerleştirilmesi her seferinde kurayla yapılmıştır.



Şekil 1. Deney düzeneği

### 3. BULGULAR

Deneme başlangıcındaki ilk gözlem, kılavuz işçi arılar beslenme kaplarını ziyaret ettiler, üzerinde uçuşlar yapıldı fakat beslenme kaplarına konmadılar. Beslenme kaplarına ilk konuş 4 dakika sonra oldu.

En çok ziyaret edilen uygulama BK1 (0  $\mu$ T) (ortalama  $20.06 \pm 0,76a$  arı) ve en az ziyaret edilen uygulama ise BK5 (175  $\mu$ T) (ortalama  $11,53 \pm 0,63$  arı) (Tablo 2) olmuştur. Uygulanan manyetik alan şiddeti arttıkça bal arılarının beslenme kabına karşı talebi azalmakta ve isteksizlik görülmüştür (Tablo 2).

Manyetik alanın bulunmadığı (kontrol grubu) BK1 (0  $\mu$ T)'e gelen arılar burada ortalama  $34,26 \pm 7,08$  saniye kalmalarına rağmen (Tablo 2) manyetik alanı en yüksek olduğu U5 (175  $\mu$ T) beslenme kaplarında ortalama 12.61 Sn gibi oldukça kısa bir süre kalmışlardır. Yapılan çoklu karşılaştırma testlerinde, uygulama gruplarının her biri farklı gruplarda yer almıştır (Tablo 2).

**Tablo 2.** Beslenme kaplarına gelen arı sayıları ile arıların beslenme kaplarında bekleme sürelerine ait ortalama değerler.

Uygulamalar	Uygulana manyetik alan şiddeti	Beslenme kutusuna gelen balarısı sayısı $\bar{X} \pm S\bar{X}$	Beslenme kabında bekleme Süresi (Saniye) $\bar{X} \pm S\bar{X}$
U1	0 $\mu$ T	20.06 $\pm$ 0,76a	34,26 $\pm$ 7,08a
U2	25 $\mu$ T	18,57 $\pm$ 0,87b	35,60 $\pm$ 0,96b
U3	75 $\mu$ T	15,64 $\pm$ 0,60c	32,19 $\pm$ 0,46c
U4	125 $\mu$ T	14,59 $\pm$ 0,55d	27,28 $\pm$ 0,93d
U5	175 $\mu$ T	11,53 $\pm$ 0,63e	19,70 $\pm$ 0,64e

\* Aynı sütundaki ortalamaları takip eden farklı harfler, ortalamaların istatistiksel olarak birbirlerinden önemli derecede farklı olduğunu gösterir ( $P<0.01$ )

#### 4. TARTIŞMA ve SONUÇ

Dünyanın farklı bölgelerinde yapılan farklı çalışmalarda, cep telefonu baz istasyonları, yüksek gerilim kabloları ve çeşitli elektronik cihazlardan yayılan EMA'nin bal arıları üzerinde güç, yön bulma, davranış, bal depolama, polen depolama ve kuluçka alanı gelişimi vb. açılardan olumsuz etkisi olduğu rapor edilmiştir (Harst, Kuhn, ve Stever, 2006; Pereira-Bomfim vd., 2015; Sharma ve Kumar, 2010; Stefan vd., 2013). Fakat bazı araştırmacılar manyetik alanın bal arıları üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığını bildirmiştir (Mixson vd., 2009). Mall ve Kumar tarafından yapılan bir araştırmaya göre ise arı kolonilerinin manyetik alandan etkilenmediği ancak uzun vadede bal arılarına zarar verebilecekleri rapor edilmiştir (Mall ve Kumar, 2014). Elektromanyetik alanların bal arıları üzerindeki etkileri üzerine yapılan çalışmalar, yiyecek aramanın başlatılması, aramanın durdurulması ve gelen toplayıcı sayısının olumsuz etkilendiğini göstermiştir (Darney vd., 2016; Harst et al., 2006; Kimmel, Kuhn, Harst, ve Stever, 2007; Sharma ve Kumar, 2010; Taye vd., 2017). Bazı araştırmacılar ise manyetik alanın bal arıları üzerine herhangi bir zararın olmadığını ileri sürmüştür (Mixson vd., 2009).

Bu araştırmalarda dikkate alınarak 2017 yılında Bayburt'ta "Manyetik alanın Bal Arılarının (*Apis mellifera* L.) Beslenme Davranışlarına Etkisi" başlıklı bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada elde edilen verilere göre manyetik alan şiddeti arttıkça balarılarının bundan etkilendiği sonucuna varılmıştır.

Mevcut sonuçlar, bal arılarının EMF veya elektrik alan yoğunluğunun modifikasyonuna duyarlı olduğunu gösterdi. Sonuçlarımızdan elektromanyetik alanın yoğun olduğu bölgelerin arılar tarafından daha az ziyaret edileceği, bunun sonucunda da bu bölgelerdeki bitki ve meyve ağaçlarının yeterince tozlaşamayacağı sonucu çıkarılabilir. Bu durum meyve ve diğer bitkisel ürünlerin kalitesinin düşmesine neden olacaktır. Elektromanyetik kirlilikle artan teknolojinin gelişmesi bal arılarını ve bitkisel üretimi olumsuz etkileyecektir. Elektromanyetik alanın veya elektrik alanının bal arıları üzerindeki olumsuz etkisini azaltmak için arılıklar yüksek gerilim hatlarından, baz istasyonlarından, sanayi bölgelerinden ve yerleşim alanlarından uzağa kurulmalıdır.

## KAYNAKLAR

- Binhi, V. N., & Savin, A. V. J. P.-U. (2003). Effects of weak magnetic fields on biological systems: physical aspects. *46*(3), 259.
- Blank, M., & Goodman, R. J. P. (2009). Electromagnetic fields stress living cells. *16*(2-3), 71-78.
- Cammaerts, M.-C. J. M.-C. C. J. o. B. (2017). Is electromagnetism one of the causes of the CCD? A work plan for testing this hypothesis. *2*(1), 1006.
- Castro, S. L. J. A. R. o. B. S. (2001). Propolis: biological and pharmacological activities. Therapeutic uses of this bee-product. *3*, 49-83.
- Collett, T. S., & Baron, J. J. N. (1994). Biological compasses and the coordinate frame of landmark memories in honeybees. *368*(6467), 137-140.
- Darney, K., Giraudin, A., Joseph, R., Abadie, P., Aupinel, P., Decourtye, A., . . . Gauthier, M. J. A. (2016). Effect of high-frequency radiations on survival of the honeybee (*Apis mellifera* L.). *47*, 703-710.
- Dyer, F. C., & Gould, J. L. J. S. (1981). Honey bee orientation: a backup system for cloudy days. *214*(4524), 1041-1042.
- Erdogan, Y., & Dodologlu, A. J. U. B. J. (2005). Importance of Pollen in Life of Honeybee (*Apis mellifera* L.) Colonies. *5*(2), 79-84.
- Erdoğan, Y. J. I. J. o. A. S. (2019). Determination of the effect of electric fence system on productivity and behaviour of honeybees housed in different beehive types (*Apis mellifera* L.). *18*(1), 941-948.
- Evangelista, C., Kraft, P., Dacke, M., Labhart, T., & Srinivasan, M. J. P. T. o. t. R. S. B. B. S. (2014). Honeybee navigation: critically examining the role of the polarization compass. *369*(1636), 20130037.
- Favre, D. J. A. (2011). Mobile phone-induced honeybee worker piping. *42*(3), 270-279.
- Frier, H. J., Edwards, E., Smith, C., Neale, S., & Collett, T. S. J. J. o. E. B. (1996). Magnetic compass cues and visual pattern learning in honeybees. *199*(6), 1353-1361.
- Gallai, N., Salles, J.-M., Settele, J., & Vaissière, B. E. J. E. e. (2009). Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *68*(3), 810-821.
- Garibaldi, L. A., Aizen, M. A., Klein, A. M., Cunningham, S. A., & Harder, L. D. J. P. o. t. N. A. o. S. (2011). Global growth and stability of agricultural yield decrease with pollinator dependence. *108*(14), 5909-5914.
- Garibaldi, L. A., Carvalheiro, L. G., Leonhardt, S. D., Aizen, M. A., Blaauw, B. R., Isaacs, R., . . . Environment, t. (2014). From research to action: enhancing crop yield through wild pollinators. *12*(8), 439-447.
- Harst, W., Kuhn, J., & Stever, H. J. A. S.-I. I. J. (2006). Can electromagnetic exposure cause a change in behaviour? Studying possible non-thermal influences on honey bees—an approach within the framework of educational informatics. *6*(1), 1-6.
- Hernandez, C. U., Jongeling, C., Rouw, H., van Loon, M., Koenen, E., & Beguerie, S. J. S. r. c. b. t. S. o. W. U. (2010). Sham or reasons for concern? The influences of electromagnetic fields on honeybees.
- Hsu, C.-Y., Ko, F.-Y., Li, C.-W., Fann, K., & Lue, J.-T. J. P. o. (2007). Magnetoreception system in honeybees (*Apis mellifera*). *2*(4), e395.
- Hsu, C.-Y., & Li, C.-W. J. S. (1994). Magnetoreception in honeybees. *265*(5168), 95-97.
- Jaccoud El-Jaick, L., Acosta-Avalos, D., Motta de Souza Esquivel, D., Wajnberg, E., & Paixão Linhares, M. J. E. B. J. (2001). Electron paramagnetic resonance study of honeybee *Apis mellifera* abdomens. *29*, 579-586.

- Kimmel, S., Kuhn, J., Harst, W., & Stever, H. J. A. m. (2007). Effects of electromagnetic exposition on the behavior of the honeybee. 1-6.
- Kumar, S. S. J. B. (2018). Colony collapse disorder (CCD) in honey Bees Caused by EMF radiation. *14*(9), 521.
- Kuterbach, D. A., Walcott, B., Reeder, R. J., & Frankel, R. B. J. S. (1982). Iron-containing cells in the honey bee (*Apis mellifera*). *218*(4573), 695-697.
- Mall, P., & Kumar, Y. J. A. J. o. A. R. (2014). Effect of electromagnetic radiations on brooding, honey production and foraging behavior of European honeybees (*Apis mellifera* L.). *9*(13), 1078-1085.
- Mixson, T. A., Abramson, C. I., Nolf, S. L., Johnson, G., Serrano, E., & Wells, H. J. S. o. B. C. (2009). Effect of GSM cellular phone radiation on the behavior of honey bees (*Apis mellifera*). *1*(2), 22-27.
- Pattazhy, S. (2011). *Impact of Electromagnetic Radiation on the Density of Honeybees: A Case Study*: Lambert Academic Pub.
- Pereira-Bomfim, M. d. G. C., Antonialli-Junior, W. F., & Acosta-Avalos, D. J. S. (2015). Effect of magnetic field on the foraging rhythm and behavior of the swarm-founding paper wasp *Polybia paulista* Ihering (Hymenoptera: Vespidae). *62*(1), 99-104.
- Roeder, T. J. P. i. n. (1999). Octopamine in invertebrates. *59*(5), 533-561.
- Rosen, A. D. J. C. b., & biophysics. (2003). Mechanism of action of moderate-intensity static magnetic fields on biological systems. *39*, 163-173.
- Rossel, S., & Wehner, R. J. N. (1986). Polarization vision in bees. *323*(6084), 128-131.
- Röösli, M., Egger, M., Pflugger, D., & Minder, C. J. E. H. (2008). Cardiovascular mortality and exposure to extremely low frequency magnetic fields: a cohort study of Swiss railway workers. *7*(1), 1-7.
- Schüz, J., & Ahlbom, A. J. R. p. d. (2008). Exposure to electromagnetic fields and the risk of childhood leukaemia: a review. *132*(2), 202-211.
- Schwärzel, M., Müller, U. J. C., & CMLS, M. L. S. (2006). Memory: Dynamic memory networks: dissecting molecular mechanisms underlying associative memory in the temporal domain. *63*, 989-998.
- Sharma, V. P., & Kumar, N. R. J. C. S. (2010). Changes in honeybee behaviour and biology under the influence of cellphone radiations. *98*(10), 1376-1378.
- Stefan, M., Matthias, S., Wilhelm, K., Andrea, M. J. I. f. A., & Astrophysics, S. C. P. E. K. U., Tübingen. (2013). Radiation hydrodynamics integrated in the PLUTO code. *10*.
- Taye, R. R., Deka, M. K., Rahman, A., Bathari, M. J. J. o. e., & studies, z. (2017). Effect of electromagnetic radiation of cell phone tower on foraging behaviour of Asiatic honey bee, *Apis cerana* F.(Hymenoptera: Apidae). *5*(3), 1527-1529.
- Vácha, M., Drštková, D., & Půžová, T. J. N. (2008). Tenebrio beetles use magnetic inclination compass. *95*, 761-765.
- Vácha, M. J. J. o. e. b. (2006). Laboratory behavioural assay of insect magnetoreception: magnetosensitivity of *Periplaneta americana*. *209*(19), 3882-3886.
- Vecchia, P., Matthes, R., Ziegelberger, G., Lin, J., Saunders, R., & Swerdlow, A. J. I. C. o. N.-I. R. P. (2009). Exposure to high frequency electromagnetic fields, biological effects and health consequences (100 kHz-300 GHz). *378*.
- Wiltschko, W., & Wiltschko, R. J. J. o. c. p. A. (2005). Magnetic orientation and magnetoreception in birds and other animals. *191*, 675-693.