

Acetamipridin *Bombus (Bombus terrestris)* Arılarında Kuluçka Gelişimi Üzerine Etkisi

İsmail Yaşhan BULUŞ¹ Asiye UZUN² Ozan DEMİRÖZER²
Ayhan GÖSTERİT^{1*}

¹ Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, 32260, Isparta, Türkiye

² Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 32260, Isparta, Türkiye

*Sorumlu yazar: ayhangosterit@isparta.edu.tr

Geliş tarihi: 15.05.2020, Yayına kabul tarihi: 16.06.2020

Özet: Son yıllarda yabancı ve kültüre alınan arıların popülasyonlarının azalışında tarımda kullanılan pestisitlerin etkisinin olduğu bilinmektedir. Acetamiprid etken maddeli bitki koruma ürünleri örtü altı yetiştiricilikte zararlı böceklerle mücadelede yaygın şekilde kullanılmaktadır. Ancak, bu ürünler hedef zararlıların yanı sıra seralarda tozlaşma için kullanılan *Bombus terrestris* arıları gibi faydalı böcekleri de olumsuz etkilemektedir. Bu çalışma acetamipridin (Afitrid (SP)) *B. terrestris* kolonilerinde kuluçka faaliyeti, ergin bireylerin üretilmesi, koloni popülasyonundaki artış ve koloni ömrü gibi koloninin tozlaştırma performansı ile doğrudan ilişkili olan kritik özellikler üzerine etkisinin mikro koloni yöntemi ile belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Mikro koloniler acetamipridin tavsiye edilen dozunu (30 gram /100 litre su) farklı oranlarda (0-kontrol, 1/1000, 1/100, 1/10 ve 1/1) içeren farklı şeker şurupları ile altı hafta boyunca beslenmiştir. Sonuçlar, acetamipridin *B. terrestris* arısında işçi arı ölümü, yumurtlama performansı, yumurta ve larva dönemi süresi, üretilen ergin birey sayısı ve ağırlıkları üzerine önemli etkisinin olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: acetamiprid, *Bombus terrestris*, kuluçka gelişimi, mikro koloni

Effects of Acetamiprid on Brood Development in Bumblebees, *Bombus terrestris*

Abstract: It is known that pesticides used in agriculture affect the decline of wild and managed bee populations in recent years. Acetamiprid active ingredients are used intensively against pests in the greenhouse. However, these products adversely affect not only target pests, but also affect the beneficial insects such as *Bombus terrestris* used as a pollination agent in greenhouses. This study was carried out to determine the effect of acetamiprid on the critical traits that directly related to the pollination performance of the colony such as brood activities, production of adult bees, increase in colony population, and colony life by using microcolony method in *B. terrestris*. Micro colonies were fed with sugar syrups containing the recommended dose of acetamiprid (30 grams/100 liters of water) in different proportions (0-control, 1/1000, 1/100, 1/10, and 1/1) during six weeks. Results showed that acetamiprid has significant effects on worker death, egg-laying performance, duration of egg and larval period, number of emerged bees, and the weight of individuals in *B. terrestris*.

Keywords: acetamiprid, *Bombus terrestris*, brood development, micro colony

Giriş

Tozlayıcı canlılar doğal floranın korunmasında ve tarımsal gıda üretiminde çok önemli bir yere sahiptir (Kearns ve ark., 1998). Dünyadaki bitkisel gıdaların diğer tüm besin grupları içerisindeki oranı %35 civarında olup, bu bitkilerin %85'i böcekler

tarafından tozlaştırılmaktadır (Klein ve ark., 2007). Yaklaşık 20 bin farklı türe sahip olan ve bal arısı gibi türleri kalabalık koloniler halinde sürekli bir yaşam döngüsü gösteren arılar, polinatör böcekler içerisinde en etkili grubu oluştururlar (Gösterit ve Gürel, 2005).

Son yıllarda yabancı ve kültüre alınan arıların popülasyonlarındaki ciddi

azalmanın yarattığı endişe her geçen gün artmaktadır (Goulson ve ark., 2008; De La Rua ve ark., 2009; Potts ve ark., 2010). Arı popülasyonlarının azalışında patojen ve parazitler gibi biyotik etkenlerin yanı sıra iklim değişikliği, çevre kirliliği ve tarımda kullanılan pestisitler gibi birçok abiyotik faktörün de etkili olduğu farklı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Neumann ve Carreck, 2010; Laycock ve ark., 2012; Reid ve ark., 2020). Polinasyonun yabani ve kültüre alınmış bitkilerin tozlaşmasındaki önemi ve bu sayede insan beslenme gereksinimlerinin karşılanmasındaki katkısı göz önüne alındığında son yıllarda sıklıkla tartışılan insektisitlerin oluşturduğu tehdidin iyi anlaşılması tarımsal ekosistemlerin sürdürülebilirliği açısından da önemlidir (Brittain ve Potts, 2011).

Bombus arıları, üreme biyolojileri ve sosyal yaşama sahip olma özellikleri ile bal arılarına benzemekle birlikte çiftleşme davranışı, koloni yaşam döngüsü ve tarlacılık davranışı gibi özellikleri bakımından bal arılarından farklılık gösterirler. Düşük sıcaklık ve ışık yoğunluğunda çalışabilme yeteneğine sahip olan ve aynı zamanda etkin tozlaşma yapabilen bombus arıları başta domates olmak üzere örtü altında yetiştirilen birçok üründe tozlaştırıcı olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Kalabalık koloni popülasyonu ve kitlesel yetiştiriciliğe daha uygun olması nedeniyle *Bombus terrestris* en çok tercih edilen bombus arısı türüdür (Velthuis ve van Doorn, 2006). Sağlıklı 1 adet ana arı, 50-60 adet işçi arı ve yeterli yavru alanına sahip tozlaşmaya uygun nitelikteki bir *B. terrestris* kolonisinin yaklaşık 40 gün boyunca 1500-2000 metrekaarelik sera alanında tozlaşma işlemini gerçekleştirmesi beklenmektedir (Velthuis ve van Doorn, 2006; Gürel ve ark., 2011).

Örtü altı yetiştiricilikte hastalık ve zararlıların mücadelesi amacıyla yoğun bir şekilde kullanılmakta olan bitki koruma ürünlerinin, tarımsal üretimde tozlaşma için vazgeçilmez olan bombus arılarına farklı düzeylerde yan etkilerinin olduğu bilinmektedir. Bitki koruma ürünleri içerisinde arılara en çok zararı ise insektisitler vermektedir. Nörotoksik etkiye sahip bir insektisit grubu olan neonikotinoidler, uzun süre etkisini sürdürebilen ve yarı sistemik etkili tarım ilaçlarıdır (Laurino ve ark., 2011). Tarımsal üretim alanlarında zarara neden olan böceklerle mücadelede yüksek miktarlarda kullanılan neonikotinoidler, hedef zararlılar kadar arıları da olumsuz etkilemektedir (El Hassani ve ark., 2008; Elbert ve ark., 2008). Neonikotinoidlerin sublethal dozlarının bal arılarının hareket, tarlacılık ve öğrenme kabiliyetlerinde azalmaya yol açtığı ve arıların hafızalarını olumsuz yönde etkiledikleri bilinmektedir. Yapılan çalışmalarda nitro-neonikotinoidlerin sublethal dozlarında arıların uçuş kaslarının zarar görmesi, öğrenme ve koku algılamada zorlanma ve tarlacılık performansında düşme gibi etkiler gözlenirken (Decourtye ve ark., 2003), bir cyano-neonikotinoid olan acetamipridin sublethal dozuna maruz kalan bal arılarında da öğrenme kapasitesinde ve koklama yeteneğinde azalma görülmektedir (Decourtye ve ark., 2003; El Hassani ve ark., 2008). Bununla birlikte cyano-neonikotinoid olan acetamipridin bal arılarında imidacloprid ve thiamethoxam gibi nitro-neonikotinoidlere göre çok daha az zehirli olduğu belirtilmiştir (Iwasa ve ark., 2004).

Tozlayıcı böcekler üzerine pestisit toksisitesi hakkındaki mevcut bilgiler, çoğunlukla bal arıları ile yapılan çalışmalarla sınırlıdır. Ancak, *Apis* türleri ile *Bombus* türleri arasında yaşam döngüsü ve fenolojik bakımdan önemli

farklar bulunmakta olup, farklı arı cins veya türleri arasında pestisitlere karşı hassasiyet bakımından farklılıkların olması beklenen bir durumdur (Brittain ve Potts, 2011; Stoner, 2016). Dolayısıyla farklı amaçlar için kullanılan ve farklı etki mekanizmasına sahip gruplarda yer alan insektisitlerin bombus arılarına olası olumsuz etkilerinin bilinmesi ve belirlenmesi bu arıların beklenen etkili tozlaştırma performansını sağlayabilmesi açısından önemlidir. Son yıllarda pestisitlerin lethal ve sublethal dozlarının bombus arılarına olan etkilerinin belirlenmesi ile ilgili çalışmalarda koloninin tamamının kullanılması yerine mikro koloni yönteminin kullanılmasının da etkili bir yöntem olduğu değerlendirilmektedir (Klinger ve ark., 2019). Bu çalışma acetamipridin *B. terrestris* arılarında yeni ergin bireylerin üretilmesi, koloni popülasyonundaki artış, koloni ömrü ve sonuçta koloninin tozlaştırma performansı ile doğrudan ilişkili olan kuluçka faaliyetleri üzerine etkisinin mikro koloni yöntemi ile belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Materyal ve Yöntem

Araştırma 27-28°C sıcaklık ve %50-55 oransal nem içeren, standart çevre koşullarının sağlandığı bombus arısı yetiştirme laboratuvar koşullarında gerçekleştirilmiştir. Daha önce yapılan araştırmada, ana arısız *Bombus terrestris* işçi arı gruplarında, yumurtalık gelişiminin işçi arıların yaklaşık 10 günlük yaşa ulaştıklarında başladığı saptanmıştır (Gösterit ve ark., 2016). Bu nedenle araştırmada mikro kolonilerin oluşturulması amacıyla kontrollü koşullarda yetiştirilmiş kolonilerden elde edilen 8-12 günlük yaştaki *B. terrestris* işçi arıları kullanılmıştır. Bu amaçla farklı kolonilerden toplanan kuluçka döneminin sonuna yaklaşmış işçi arı

pupaları boş yetiştirme kutularına konulmuş ve bu pupaların bakımı için her bir yetiştirme kutusuna yaklaşık 25-30 adet işçi arı ilave edilmiştir. Yeni ergin hale gelecek işçi arıların ayırt edilebilmesi için kutulara konulan bakıcı yaşlı işçi arılar ana arı boyama kalemı kullanılarak göğüs bölümlerinden boyanmıştır. Şeker şurubu ve polen ile standart yöntemlere göre beslenen bu yapay koloniler 5 gün sonra kontrol edilerek bütün kutulardaki yeni çıkmış genç boyasız işçi arılar alınmış ve bu işçi arılar 7 gün daha ayrı kutularda beslenmişlerdir.

Yukarıda açıklanan şekilde elde edilen ve yaşları 8-12 gün arasındaki işçi arılardan rastgele seçilerek her birisi 5 adet işçi arı içeren toplam 50 adet mikro koloni hazırlanmıştır (mikro koloniler için kutu boyutları: 8x8x6 cm). Hazırlanan mikro koloniler her grupta 10'ar adet olacak şekilde ve örtü altı yetiştiricilikte zararlılarla mücadele için kullanılan acetamiprid etken maddeli insektisit (Afitrid (SP)) tavsiye edilen dozunu (30 gram /100 litre su) farklı oranlarda içeren farklı şeker şurupları ile beslenmek üzere rastgele 5 gruba ayrılmıştır (1. grup: acetamiprid içermeyen şeker şurubu ile besleme - kontrol grubu, 2. grup: 1/1000 oranında acetamiprid içeren şeker şurubu ile besleme, 3. grup: 1/100 oranında acetamiprid içeren şeker şurubu ile besleme, 4. grup: 1/10 oranında acetamiprid içeren şeker şurubu ile besleme, 5. grup: 1/1 oranında acetamiprid içeren şeker şurubu ile besleme). Kullanılan şeker şurubu toz şeker kullanılarak 50 briks olacak şekilde hazırlanmıştır. Bütün gruplardaki mikro koloniler şeker şurubu ve polen ile ad libitum olarak beslenmiştir. İçeriğindeki acetamipridin etkisinin azalması ihtimaline karşı kontrol grubu dahil bütün gruplarda şeker şurupları haftada bir yenisi ile değiştirilmiştir.

Deneme gruplarında yer alan mikro koloniler 6 hafta süresince haftada 2 kez kontrol edilmiştir. Araştırmada kolonilerde ölen işçi arı sayısı ve ölüm zamanları, ilk yumurta hücrenin görülmesine kadar geçen süre (ilk yumurtlama zamanı), yumurta dönemi başlangıcından ilk erkek arı pupasının görülmesine kadar geçen süre (yumurta ve larva dönemleri için geçen süre), erkek arı pupa süresi, yumurta dönemi başlangıcından ilk erkek arı çıkışına kadar geçen süre (erkek arı kuluçka gelişim süresi), toplam üretilen erkek arı (ergin birey) sayısı ve denemenin tamamlandığı altıncı hafta sonunda her grupta 5 koloniden rastgele seçilen 5'er adet erkek arıya ait ağırlık verileri elde edilmiştir. Erkek arı ağırlıklarının belirlenmesi amacıyla 0,001 gram hassasiyetli terazi kullanılmıştır. Elde edilen veriler Minitab (versiyon 16.2.4) istatistik paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. Verilerin normal dağılım gösterip göstermediği test edilmiş ve normal dağılım göstermeyen verilere karekök transformasyonu uygulanmıştır. Her özelliğe ait tanımlayıcı istatistik değerler hesaplanarak gruplar özellikler bakımından varyans analizi ile karşılaştırılmıştır. Farklılığın önemli olduğu özellikler için Tukey çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Tarımsal mücadele amacıyla kullanılan insektisitlerin neredeyse üçte birini arılara ve diğer polinatör böceklere olumsuz etkisi birçok araştırma ile kanıtlanmış olan neonikotinoidler oluşturmaktadır (Laycock ve ark., 2012; Klinger ve ark., 2019). Bu nedenle pestisitlerin doğal veya ticari tozlaştırıcılar üzerine etkileri ile ilgili tartışmalarda neonikotinoidler ön plana çıkmaktadır. Sunulan bu çalışmaya konu

olan acetamiprid neonikotinoidler grubunda yer alan bileşiklerden birisidir (Jeschke ve ark., 2011). Çalışma süresince öncelikle araştırma gruplarındaki mikro kolonilerden elde edilen ölen işçi arı sayıları için haftalık kümülatif değerler belirlenmiştir (Çizelge 1). Elde edilen verilere göre, acetamiprid etken maddeli tarım ilacının tüm deneme gruplarındaki etkisi ilk 4 hafta için ölen işçi arı sayıları bakımından önemsiz bulunmuştur. Ancak, denemenin son 2 haftasında 5. grup ile diğer gruplar arasında işçi arı ölümü bakımından farklılıklar önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Ayrıca, acetamipridin tavsiye edilen dozunu içeren şeker şurubu ile beslenen kolonilerde hayatta kalan işçi arıların hareketlerinde yavaşlama ve uyuşukluk hali gibi zehirlenme belirtileri gözlenmiştir. Bu bulgular acetamipridin bal arısı (Iwasa ve ark., 2004) ve *Bombus terrestris* (Reid ve ark., 2020) üzerine etkileri ile ilgili araştırma sonuçları ile kısmen benzerlik göstermektedir.

Tozlaşma amacıyla kullanılan *B. terrestris* kolonilerinde kolonilerin hedeflenen performansı göstermeleri öncelikle kolonideki ana arının yumurtlama yeteneği ve sağlıklı kuluçka faaliyetinin sürekliliğine bağlıdır. Kolonide kuluçka faaliyeti ve yeni bireylerin üretilmesini engelleyen başta pestisit kullanımı gibi unsurlar aynı zamanda koloni ömrünü de olumsuz etkilemektedir (Gürel ve ark., 2011). Diğer taraftan neonikotinoidlerin bal arılarında ana arının dömlü yumurta yumurtlamasını olumsuz etkilediğine ilişkin literatür bildirişleri de bulunmaktadır (Wu ve ark., 2011; Williams ve ark., 2015). Araştırmada koloni ömrü ve yumurtlama aktivitesi ile ilişkili olabilecek özelliklerden ilk yumurtlama zamanı, ilk erkek arı çıkış

zamani ve ergin birey üretme başarısı ile ilgili bulgular Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelge 1. Mikro kolonilerde ölen işçi arı sayıları için haftalık kümülatif değerler (adet)

Table 1. Weekly cumulative values for the number of dead workers in microcolonies

Haftalar / Weeks	Gruplar / Groups					P değeri / P value
	0 (k(c)ontrol)	1 / 1000	1 / 100	1 / 10	1 / 1	
1. hafta / 1. week	1,71 ± 0,18 (N = 7)	1,67 ± 0,33 (N = 7)	2,50 ± 0,29 (N = 4)	1,25 ± 0,25 (N = 4)	1,33 ± 0,33 (N = 6)	0,089
2. hafta / 2. week	2,00 ± 0,33 (N = 8)	1,63 ± 0,32 (N = 8)	2,60 ± 0,51 (N = 5)	1,17 ± 0,17 (N = 6)	1,43 ± 0,30 (N = 7)	0,078
3. hafta / 3. week	2,00 ± 0,29 (N = 9)	1,75 ± 0,31 (N = 8)	2,60 ± 0,51 (N = 5)	1,33 ± 0,21 (N = 6)	2,11 ± 0,46 (N = 9)	0,327
4. hafta / 4. week	2,00 ± 0,26 (N = 10)	1,75 ± 0,31 (N = 8)	2,60 ± 0,51 (N = 5)	1,50 ± 0,22 (N = 6)	2,5 ± 0,40 (N = 10)	0,203
5. hafta / 5. week	2,10 ± 0,31 b (N = 10)	2,00 ± 0,33 b (N = 8)	2,14 ± 0,46 b (N = 7)	1,50 ± 0,22 b (N = 6)	3,60 ± 0,34 a (N = 10)	0,001
6. hafta / 6. week	2,20 ± 0,29 b (N = 10)	2,20 ± 0,37 b (N = 8)	2,14 ± 0,46 b (N = 7)	1,50 ± 0,22 b (N = 6)	3,60 ± 0,34 a (N = 10)	0,001

a, b: aynı satırda farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir; Ort. ± Standart hata

Araştırma gruplarından kontrol (1. grup), 1/1000 (2. grup), 1/100 (3. grup) ve 1/10 (4. grup) grupları arasında ilk yumurtlama zamanı bakımından gözlenen farklılık istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Ancak, bu gruplar ile acetamipridin tavsiye edilen dozunu içeren şeker şurubu ile beslenen 5. grup (1/1) arasındaki farklılığın önemli olduğu belirlenmiştir. Bu grupta 10 mikro koloniden sadece 2 tanesi

yumurtlamış, ancak bu yumurta hücrelerinin larva dönemine gelmeden işçi arılar tarafından bozulduğu gözlenmiştir. Dolayısıyla acetamipridin önerilen dozuna maruz kalan 5. gruptaki mikro kolonilerde erkek arı üretimi gerçekleşmemiştir. İlk erkek arı çıkış zamanı bakımından diğer deneme grupları arasındaki fark ise önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 2. Kolonilerde ilk yumurtlama zamanı (gün), ilk erkek arı çıkış zamanı (gün) ve altı hafta sonunda üretilen toplam ergin birey sayısı değerleri (adet)

Table 2. Colony initiation time (days), timing of first male emergence (days) and number of males produced during six weeks in colonies

Gruplar / Groups	İlk yumurtlama zamanı / Colony initiation time		İlk erkek arı çıkış zamanı / Timing of first males emergence		Üretilen erkek arı sayısı / Number of produced males	
	N	Ort. ± Standart Hata / (Average ± S.E)	N	Ort. ± Standart Hata / (Average ± S.E)	N	Ort. ± Standart Hata / (Average ± S.E)
0 (k(c)ontrol)	10	7,40 ± 0,40 b	9	34,22 ± 1,26	9	16,22 ± 3,15 a
1 / 1000	10	7,00 ± 0,00 b	10	33,30 ± 0,75	10	14,40 ± 1,93 ab
1 / 100	10	7,40 ± 0,40 b	10	33,60 ± 0,75	10	14,70 ± 2,55 ab
1 / 10	10	7,40 ± 0,40 b	7	35,71 ± 0,94	7	5,71 ± 1,52 b
1 / 1	2	10,50 ± 3,50 a	0	-	0	-
P değeri / P value		0,038		0,342		0,038

a, b: aynı sütunda farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir

Holometabol gelişim gösteren Hymenoptera takımına mensup arılardan bombus arılarında bal arılarının aksine, yumurta, larva ve pupa döneminde geçen süreler için bireyler arasında farklılık olduğu ve kuluçka süresini birçok faktörün etkilediği bilinmektedir

(Livesey ve ark., 2019). Çalışmadan elde edilen bulgulara göre gruplar arasında pupa dönemi ve toplam kuluçka süresi bakımından farklılıklar önemli bulunmamıştır (Çizelge 3). Ancak yumurta ve larva dönemlerinin toplam süresi bakımından istatistiki olarak

önemli farklılıklar belirlenmiştir. Standart yetiştirme koşulları olarak kabul edilebilecek olan kontrol grubunda $26,78 \pm 1,12$ gün olarak belirlenen erkek arı kuluçka süresi, Duchateau ve Velthuis (1988) tarafından bildirilen *B.*

terrestris arısında dönüşüm noktasının hesaplanmasında kullanılan süre (26 gün) ile benzer bulunmuştur. Erkek arıların yumurta ve larva dönemleri için geçen süre ise $14,20 \pm 1,28$ gün olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3. Deneme gruplarında erkek arılar için belirlenen kuluçka gelişim süreleri (gün)
Table 3. Brood development times determined for males in experimental groups (day)

Gruplar / Groups	Yumurta + larva dönemi / Egg + larvae period		Pupa dönemi / Pupae period		Toplam kuluçka süresi / Total brood time	
	N	Ort. \pm standart Hata / (Average \pm S.E)	N	Ort. \pm standart Hata / (Average \pm S.E)	N	Ort. \pm standart Hata / (Average \pm S.E)
0- (k(c)ontrol)	10	$14,20 \pm 1,28$ b	9	$12,22 \pm 0,57$	9	$26,78 \pm 1,12$
1 / 1000	10	$14,40 \pm 0,40$ ab	10	$11,90 \pm 0,46$	10	$26,30 \pm 0,75$
1 / 100	10	$14,80 \pm 0,53$ ab	10	$11,40 \pm 0,45$	10	$26,20 \pm 0,77$
1 / 10	8	$17,75 \pm 0,94$ a	7	$11,00 \pm 0,54$	7	$28,71 \pm 0,94$
1 / 1	0	-	0	-	0	-
P Değeri / P Value	0,030		0,386		0,243	

a, b: aynı sütunda farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir

Ağırlık arıların tozlaştırma davranış ve performansını etkileyen önemli özelliklerdendir (Stout, 2000). Bununla birlikte pestisitlerin arılarda vücut ağırlığını azalttığı da bilinmektedir (Cook, 2019). Sunulan çalışmada deneme gruplarına ait kolonilerde üretilen erkek arıların ağırlıklarına ilişkin tanımlayıcı bazı istatistiksel veriler elde edilmiştir (Şekil 1). Elde edilen erkek arı ağırlık verileri sırasıyla; 1. grup için $0,327 \pm 0,008$ gram, 2. grup için $0,321 \pm 0,008$ gram, 3. grup için $0,321 \pm 0,008$ gram ve 4. grup için $0,265 \pm 0,009$ gram olarak bulunmuştur. Acetamipridin önerilen dozunu (1/10 oranını) içeren şekerli şurup ile beslenen 4. grup ile diğer gruplar arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($P < 0,05$). Araştırmada ölçülen en düşük ve en yüksek erkek arı ağırlık verileri *B. terrestris* erkek arı ağırlığı için bildirilen değerler ile aynı sınırlar içinde yer almıştır (Gösterit ve Gürel, 2016).

Sonuç

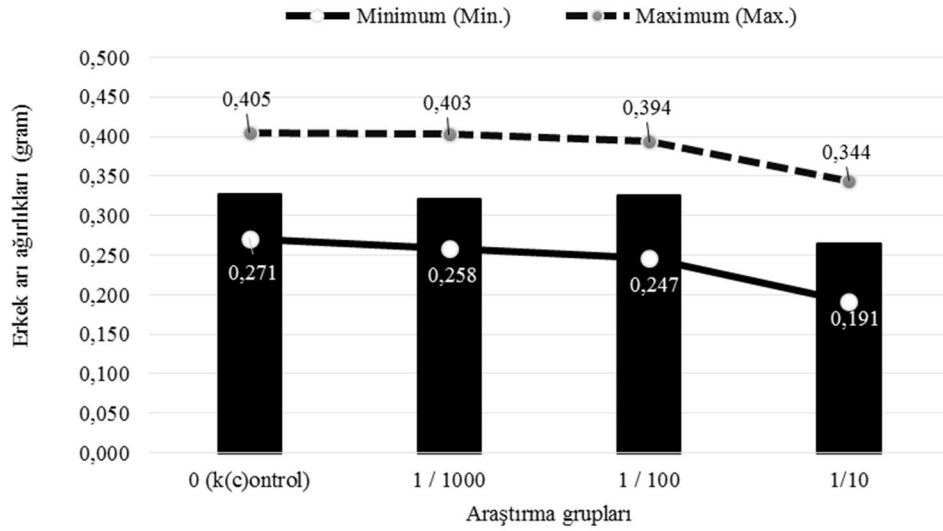
Bombus arıları da bal arıları gibi tarlacılık faaliyetleri sırasında pestisitlere farklı düzeylerde maruz kalmaktadırlar.

Bu nedenle farklı etki mekanizmasına sahip pestisitlerin *bombus* arılarına etkilerinin belirlenmesi kolonilerin tozlaştırma performansından en üst düzeyde faydalanmak için önemlidir. Sunulan bu araştırmada, acetamipridin tavsiye edilen dozu ve farklı oranlarda seyreltilmiş dozlarının *Bombus terrestris* arısında ergin bireyler üzerine etkisi ile koloni populasyon artışı ve koloni ömrünü belirleyen kuluçka faaliyetlerine olan etkisi mikro koloni yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde; bitkiler tarafından kolay emilen sistemik bir insektisit olan acetamipridin *B. terrestris* kolonilerinde yumurtlamayı geciktirebileceği, üretilen ergin birey sayısını azaltabileceği ve daha küçük işçi arıların üretilmesine neden olabileceği sonucuna varılmıştır.

Örtü altı yetiştiricilikte kullanılan farklı pestisitler *bombus* arılarına etki süresi bakımından farklılık göstermektedir. Bu nedenle standart uygulamada koloniler ilaç etki süresi boyunca seradan uzaklaştırılmaktadır. Ancak bazı ilaçların etki süresi geçse bile sera içinde oluşan koku nedeniyle bile arıların koloni dışına çıkmayarak tarlacılık

yapmamaları durumu ile de karşılaşılmaktadır. İlacın arılara etki süresi sonunda pestisitler ile kontamine olmuş polenin kuluçka üretimi ve larva gelişimini olumsuz etkilediği de bilinmektedir. Ayrıca kullanılan ilaçlar arıların doğrudan ölümüne neden olmasalar bile ömür uzunluğunun kısılması, yumurtlama hızının azalması ve koloni gelişiminin yavaşlaması gibi

sublethal etkilere neden olabilmektedir. Bu nedenle örtü altı yetiştiricilikte üreticilerin bombus arılarını daha az etkileyen pestisitleri tercih etmeleri arıların korunması, üretilen ürünlerin kalitesi ve toplumların sağlıklı ürünler ile beslenebilmesi açısından önemlidir.



Şekil 1. Kolonilerde üretilen erkek arıların ağırlıkları (gram)
Figure 1. Weights of males produced in colonies (gram)

Kaynaklar

- Brittain, C. ve Potts, S.G. 2011. The Potential Impacts of Insecticides on the Life-History Traits of Bees and the Consequences for Pollination. *Basic and Applied Ecology*, 4: 321–331.
- Cook, S.C. 2019. Compound and Dose-Dependent Effects of Two Neonicotinoid Pesticides on Honey Bee (*Apis mellifera*) Metabolic Physiology. *Insects*, 10(1): 18.
- De La Rua, P., Jaffe, R., Dall'olio, R., Munoz, I. ve Serrano, J. 2009. Biodiversity, Conservation and Current Threats to European Honeybees. *Apidologie*, 3: 263–284.
- Decourtye, A., Lacassie, E. ve Pham-Delegue, M. H. 2003. Learning Performances of Honeybees (*Apis mellifera* L.) Are Differentially Affected by Imidacloprid According to the Season. *Pest Management Science*, 3: 269–278.
- Duchateau, M. ve Velthuis, H. 1988. Development and Reproductive Strategies in *Bombus terrestris* Colonies. *Behaviour*, 3(4): 186–207.
- El Hassani, A.K., Dacher, M., Gary, V., Lambin, M., Gauthier, M. ve Armengaud, C. 2008. Effects of Sublethal Doses of Acetamiprid and Thiamethoxam on the Behavior of the Honeybee (*Apis mellifera*). *Archives of Environmental*

- Contamination and Toxicology, 4: 653–661.
- Elbert, A., Haas, M., Springer, B., Thielert, W. ve Nauen, R. 2008. Applied Aspects of Neonicotinoid Uses in Crop Protection. *Pest Management Science*, 11: 1099–1105.
- Gösterit, A. ve Gürel, F. 2005. *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae) Arılarının Yayılmasının Ekosistem Üzerine Etkileri. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 5(3): 115–121.
- Gösterit, A. ve Gürel, F. 2016. Male Remating and Its Influences on Queen Colony Foundation Success in the Bumblebee, *Bombus terrestris*. *Apidologie*, 6: 828–834.
- Gösterit, A., Koşkan, Ö. ve Gürel, F., 2016. The Relationship of Weight and Ovarian Development in *Bombus terrestris* L. Workers under Different Social Conditions. *Journal of Apicultural Science*, 60: 51–58.
- Goulson, D., Lye, G.C. ve Darvill, B. 2008. Decline and Conservation of Bumble Bees. *Annual Review of Entomology*, 53: 191–208.
- Gürel, F., Gösterit, A. ve Karşlı, B.A. 2011. Sera Koşullarının *Bombus terrestris* L. Kolonilerinin Tozlaşma Performansına Etkileri. *Derim*, 1: 47–55.
- Iwasa, T., Motoyama, N., Ambrose, J.T. ve Roe, R.M. 2004. Mechanism for the Differential Toxicity of Neonicotinoid Insecticides in the Honey Bee, *Apis mellifera*. *Crop Protection*, 5: 371–378.
- Jeschke, P., Nauen, R., Schindler, M. ve Elbert, A. 2011. Overview of the Status and Global Strategy for Neonicotinoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59: 2897–2908.
- Kearns, C.A., Inouye, D.W. ve Waser, N.M. 1998. Endangered Mutualisms: The Conservation of Plant-Pollinator Interactions. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1: 83–112.
- Klein, A.M., Vaissiere, B.E., Cane, J.H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A., Kremen, C. ve Tscharntke, T. 2007. Importance of Pollinators in Changing Landscapes for World Crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 168: 303–313.
- Klinger, E.G., Camp, A.A., Strange, J.P., Cox-Foster, D. ve Lehmann, D.M. 2019. *Bombus* (Hymenoptera: Apidae) Microcolonies as a Tool for Biological Understanding and Pesticide Risk Assessment. *Environmental Entomology*, 6: 1249–1259.
- Laurino, D., Porporato, M., Patetta, A. ve Manino, A. 2011. Toxicity of Neonicotinoid Insecticides to Honey Bees: Laboratory Tests. *Bulletin of Insectology*, 64(1): 107–113.
- Laycock, I., Lenthall, K.M., Barratt, A.T. ve Cresswell, J.E. 2012. Effects of Imidacloprid, a Neonicotinoid Pesticide, on Reproduction in Worker Bumble Bees (*Bombus terrestris*). *Ecotoxicology*, 7:1937–1945.
- Livesey, J.S., Constable, C., Rawlinson, W.G., Robotham, A.M., Wright, C., Hampshire, A.E., Klark, E.G., Borrows, W.A., Horsell, D. ve Cresswell, J.E. 2019. The Power and Efficiency of Brood Incubation in Queenless Microcolonies of Bumble Bees (*Bombus terrestris* L.). *Ecological Entomology*, 5: 601–609.
- Neumann, P. ve Carreck, N.L. 2010. Honey Bee Colony Losses. *Journal of Apicultural Research*, 1: 1–6.
- Potts, S.G., Biesmeijer, J.C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O. ve Kunin, W.E. 2010. Global Pollinator Declines: Trends, Impacts and

- Drivers. *Trends in Ecology and Evolution*, 6: 345–353.
- Reid, R.J., Troczka, B.J., Kor, L., Randall, E., Williamson, M.S., Field, L.M., Nauen, R., Bass, C. ve Davies, T.E. 2020. Assessing the Acute Toxicity of Insecticides to the Buff-Tailed Bumblebee (*Bombus terrestris audax*). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 104562.
- Stoner, K.A. 2016. Current Pesticide Risk Assessment Protocols Do Not Adequately Address Differences between Honey Bees (*Apis mellifera*) and Bumble Bees (*Bombus spp.*). *Frontiers in Environmental Science*, 4: 79.
- Stout, J.C. 2000. Does Size Matter? Bumblebee Behaviour and the Pollination of *Cytisus scoparius* L. (Fabaceae). *Apidologie*, 1: 129–139.
- Velthuis, H.H. ve van Doorn, A. 2006. A Century of Advances in Bumblebee Domestication and the Economic and Environmental Aspects of Its Commercialization for Pollination. *Apidologie*, 4: 421–451.
- Williams, G.R., Troxler, A., Retschnig, G., Roth, K., Yanez, O., Shutler, D., Neumann, P. ve Gauthier, L. 2015. Neonicotinoid Pesticides Severely Affect Honey Bee Queens. *Scientific Reports*, 5: 14621.
- Wu, J.Y., Anelli, C.M. ve Sheppard, W.S. 2011. Sub-Lethal Effects of Pesticide Residues in Brood Comb on Worker Honey Bee (*Apis mellifera*) Development and Longevity. *PLoS ONE*, 6(2): e14720.