



Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi Turkish Journal of Science and Engineering

www.dergipark.org.tr/tjse

Bazı İnsektisitlerin *Bombus terrestris* L. Kast Gruplarının Besin Tüketimine Etkisinin Belirlenmesi

Yasar Çetin^{1*}, Ozan Demirözer¹

¹ Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, – Isparta-Türkiye

*Sorumlu yazar: ozandemirozer@isparta.edu.tr

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 24/03/2025

Kabul tarihi: 24/06/2025

Anahtar Kelimeler: *Bombus* spp., *Flupyradifurone*, *Pestisit*, *Terpenoid*, *Yan etki*

DOI: 10.55979/tjse.1661332

ÖZET

Tarımsal zararlılara karşı kullanılan pestisitlerin hedef canlıların dışında tozlaşma için önemli olan *Bombus terrestris* L. (Apidae: Hymenoptera) gibi canlılara da olumsuz etkileri olabilmektedir. Bu çalışmada, son yıllarda yeni nesil insektisitler olarak sunulan Terpenoid içerikli QRD 460 TBQ 152.3 g/l (Requiem® EC, BAYER) ve Flupyradifurone (Sivanto® SL 200, BAYER)'in tavsiye edilen arazi kullanım dozları, bu dozların yarısı ve iki katının *B. terrestris*'in işçi, ana ve erkek arı kast gruplarının besin tüketimine olan etkileri besin maruziyeti sağlanarak araştırılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, arı kast grupları arasında flupyradifurone 60 ve 120 mg/l su dozlarına maruz kalan bireylerin kontrol grubuna göre daha az besin tükettikleri, kastlar arasında ana ve erkek arıların, işçi arılara göre daha az ve anlamlı derecede farklı besin tüketimi gerçekleştirdikleri belirlenmiştir. Terpenoid içerikli QRD 460 TBQ'nin farklı dozlarının uygulandığı deneylerde ise kastların besin tüketimleri arasında anlamlı bir farklılık saptanmamasına rağmen, kontrol grubuna göre daha az besin tükettikleri belirlenmiştir. Terpenoid içerikli Requiem'in *B. terrestris*'in tüm kastlarının beslenmesini flupyradifurone içerikli Sivanto'ya göre daha az etkilediği, ana arıların Requiem'in yüksek doz uygulamasından işçi ve erkek bireylere göre daha az besin tükettiği belirlenmiştir. Flupyradifurone'nin genel olarak uygulanan tüm dozlarda işçi, ana ve erkek arı kast gruplarında beslenmede azalmaya neden olduğu saptanmıştır.

Determination of the Effects of Some Insecticides on Food Consumption of *Bombus terrestris* L. Caste Groups

ARTICLE INFO

Received: 24/03/2025

Accepted: 24/06/2025

Keywords: *Bombus* spp., *Flupyradifurone*, *Pesticide*, *Terpenoid*, *Side effect*

DOI: 10.55979/tjse.1661332

ABSTRACT

Pesticides can have negatively effect on pollinating organisms such as *Bombus terrestris* L. (Apidae: Hymenoptera). This study was conducted to determine the effects of terpenoid-containing QRD 460 TBQ 152.3 g/l (Requiem® EC, BAYER) and flupyradifurone (Sivanto® SL 200, BAYER) at the recommended field application dose, half the dose, and double the dose on food consumption of *B. terrestris* queen, worker, and male caste groups through dietary exposure. The results showed that individuals exposed to flupyradifurone at doses of 60 and 120 ml/100 l water consumed less food in the bee caste groups compared to the control. Also, queen and male bees consumed significantly less food than workers. In experiments where different doses of QRD 460 TBQ containing terpenoids were applied, it was found that although there was no significant difference in the food consumption of the castes, they consumed less food compared to the control group. Consequently, it was observed that at elevated doses of both insecticides, food consumption among queen bees was less impacted compared to that of male and worker bees. The application of Requiem, at a particular dosage, exerted minimal influence on food consumption among queen bees. The findings indicated that Sivanto induced a decline in feeding behaviour among *B. terrestris* caste groups at all doses administered, in contrast to the effects of Requiem.

1. Giriş

Tarımsal ürünlerin yaklaşık %85'inin üretiminin devamlılığı böceklerin tozlaşmaya olan katkıları sayesinde gerçekleşmektedir (Klein vd., 2007; Hristov vd., 2020). Bunlar içerisinde Hymenoptera, en önemli tozlayıcı böcek türlerini bünyesinde barındıran bir gruptur. Bu grupta yer alan böceklerden birisi olan *Bombus terrestris* L. (Apidae), örtü altı yetiştiriciliğinde doğal yollarla tozlaşmayı sağlamanın yanı sıra, bu üretim alanlarındaki varlığıyla hastalık ve zararlı kontrolünde iyi tarım uygulamalarının yaygınlaşmasına katkıları sağlayan önemli bir türdür. Günümüzde Türkiye'de örtü altı üretim alanlarında bombus arısı kullanımı oldukça yaygın bir hal almış ve yıllık kullanılan

koloni sayısı ortalama 300 bin adet civarındadır (Gösterit & Gürel, 2010, 2018). *Bombus* arısı kolonileri 1 ana arı, işçi ve erkek arılardan meydana gelmektedir. Çiftçilik faaliyeti ile uğraşanların üretim alanlarında zararlıları az ya da hiç olarak görme istekleri yoğun ve yüksek doz pestisit kullanımına yol açmaktadır (Shojaei vd., 2013; Nafiu vd., 2014). Yapılan çalışmalar, kimyasal mücadelede kullanılan pestisitlerin zararlı türleri etkilemesinin yanı sıra doğal döngüde önemli roller üstlenen arılar gibi diğer hedef dışı canlılar için de büyük tehdit oluşturduklarını göstermiştir (Carreck, 2014; Karahan vd., 2017; Borum, 2020). Son yıllarda sıklıkla kullanımda olan insektisit gruplarından başta neonikotinoidler olmak üzere farklı birçok insektisit ve

akarasit grubunun bombus ve bal arılarında ölüm, koloni yıkımı, öğrenme geriliği, beslenme isteksizliği, uyuşukluk, tarlacılık faaliyetlerinde gerileme, ana arılarda yumurtlamanın azalması, beyin morfolojisiyle bağışıklık sisteminde bozulmalar ve hafıza kaybı gibi farklı yan etkilere neden oldukları da bilinmektedir (Mommaerts & Smagghe, 2011; Gill vd., 2012; Goulson, 2013; Simon-Delso vd., 2015; Williams vd., 2015; Wu-Smart & Spivak, 2016; Çakıcı vd., 2023a,b). Pestisitlerin ispatlanan yan etkileri nedeniyle doğa dostu olduğu düşünülen etken maddelerin geliştirilmesi ve de üretim alanlarında kullanılması söz konusu olmuştur. Ancak, 'doğa dostu' olarak kullanıma sunulan terpenoid, azadirachtin gibi botanik kökenli ya da farklı yararlı bakteriler ve funguslardan üretilen biyolojik kökenli insektisitlerin de arılar üzerinde doğrudan ya da dolaylı yan etkilere sebep olabildikleri bilinmektedir (Barbosa vd., 2015; Demirözer vd., 2022; Farder-Gomes vd., 2022; Luo vd., 2023).

Bu çalışmada ülkemizde ve dünyada kullanımda olan yeni nesil insektisitler olarak bilinen Terpenoid QRD 460 TBQ içerikli (Requiem EC, 153 g/l Bayer®) ve Flupyradifurone (Sivanto SL 200g/l Bayer®)'nin farklı dozlarının *Bombus terrestris* L.'un ana, erkek ve işçi arılarının besin tüketimleri üzerine olan etkileri ortaya çıkarılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Araştırma materyalleri

Çalışmanın insektisit materyallerini, bitkisel kökenli bir insektisit Terpenoid QRD 460 TBQ (Requiem EC, 153 g/l BAYER®)'in 500 ml/100 L su (tavsiye edilen arazi kullanım dozu), 250 ml/100 L su (yarı doz) ve 1000 ml/100 L su (iki kat doz) ve böceklerde nikotinik asetilkolin reseptörünün rekabetçi modulatorü olarak etki gösteren Flupyradifurone (Sivanto SL 200g/l BAYER®)'nin 60 ml/100 L su (arazi tavsiye dozu), 30 ml/100 L su (yarı doz) ve 120 ml/100 L su (iki kat doz) dozları oluşturmaktadır.

Deneylerin yürütüldüğü arı örnekleri ise *Bombus terrestris* L.'un fiziksel olarak birbirine yakın olarak seçilmiş işçi arıları, diyapoz sonrası çiftleşmiş ana arıları ve 8-12 gün yaşındaki erkek arılarıdır. *Bombus terrestris* bireyleri Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootehni Bölümü bünyesinde yer alan Arıcılık Araştırma ve Uygulama Laboratuvarı'nda 27±1°C ve %60 nispi nemde şekerli su karışımı (50 briks) ile beslenerek çoğaltılmış ve deney grupları için belirtilen bireyler elde edilmiştir.

Deneylerde *B. terrestris* yetiştiriciliğine uygun olarak özel tasarlanmış sök-tak özellikli ve ucunda şekerli suyu arılara ulaştıran bir fitil bulunan beslenme haznelerine sahip, mikro koloni yetiştirme kutuları (17x16x7cm) kullanılmıştır.

Beslenme haznelerinde eksilen besinin belirlenmesi amacıyla ağırlık ölçümleri hassas terazi (0.01 hassasiyet derecesi) kullanılarak yapılmıştır. İnsektisit dozlarının

şekerli suya uygulanmasında mikro pipet'ten yararlanılmıştır.

2.2. Yöntem

2.2.1. İnsektisitlerin arı kast gruplarına oral yolla maruziyetinin sağlanarak gözlemlerin yapılması

İnsektisitlere ait farklı dozlar şekerli su karışımına mikropipet yardımıyla eklenmiş ve arı gruplarının insektisitlerin farklı dozlarına oral yoldan maruz kalmaları sağlanmıştır. Kontrol deneylerinde yer alan bireyler sadece şekerli su (50 briks) karışımı ile beslenmiştir. Bütün kast gruplarındaki deneyler, tesadüf parseli deneme düzeninde ve her bir tekrarda 10 birey olacak şekilde 5 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir (n=50).

Uygulamalardan sonraki 1., 4., 7., 11. ve 15. günlerde her bir gözlem zamanında bir önceki ölçüm gününe göre eksilen şeker şurubu hassas terazi ile ölçülerek kaydedilmiştir. Gözlemlerin 7. gününde ölçüm ve kayıt işlemlerinin ardından her bir deney grubuna ait olduğu insektisit dozu ile hazırlanmış yeni şeker şurubu (50 briks) verilmiştir.

2.2.2. Veri analizi

Verilere ilk önce tek yönlü varyans analizi (One-Way ANOVA) uygulanmış, daha sonra farklılıkların kaynağını belirlemek için ise Tukey'in çoklu karşılaştırma testi yapılmıştır. İstatistiksel analizler SPSS® Statistics (Versiyon 20.0, Ağustos 2011, SPSS Inc., Chicago, Illinois, A.B.D) paket programı yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. İnsektisitlerin ana arı besin tüketimine etkisi

Her iki insektisitin farklı dozlarıyla muamele edilen şekerli su ile beslenen ana arılarda 1., 4. ve 7. gün gözlemlerinde tüm dozlarda birey başına tüketilen ortalama besin miktarının kontrole göre anlamlı farklı ve daha az düzeyde olduğu gözlenmiştir ($P < 0.05$). Gözlemlerin 11. gününde tüm ortalama tüketim miktarları kontrole göre anlamlı derecede farklılık gösterirken, en düşük tüketim Terpenoid'in 1000 ml/ 100 L su dozunda 0.49 ± 0.15 ml/ birey ($df = 6$; $F = 2.472$; $P = 0.258$) olarak gerçekleşmiştir. Flupyradifurone'nin 30, 60, 120 ml/ 100 L su ve Terpenoid'in 250 ve 500 ml/ 100 L su dozlarında ölçülen ortalama besin tüketiminin kontrol'den daha düşük ancak, Requiem 1000 ml/ 100 L su dozundan daha yüksek olduğu, fakat kendi aralarında anlamlı bir farklılığa sahip olmadıkları saptanmıştır ($P > 0.05$) (Çizelge 1). Son gözlem günü olan 15. günde ortalama besin tüketiminin Terpenoid'in 250 ml/ 100 L su dozu ve kontrolün diğer dozlardan anlamlı derecede farklı olduğu ve tüketimin diğer dozlara göre daha yüksek gerçekleştiği saptanmıştır. Çalışmada, 15 gün boyunca Terpenoid 250 ml/ 100 L su dozu ile muamele edilmiş şekerli su ile beslenen ana arılar ile kontrol grubundaki bireylerin ortalama tüketimleri arasında anlamlı bir fark olmadığı belirlenmiştir ($P > 0.05$).

Çizelge 1. İnsektisitlerin ana arı besin tüketimine etkisi

Table 1. The effects of insecticides on queen bee food consumption

İnsektisitler ve dozları (ml/100 L su)		Gözlem Zamanları (Gün) ve Birey Başına Besin Tüketim Ortalama Değerleri (ml) ± S. H.				
		1	4	7	11	15
Terpenoid QRD 460 TBQ	30	0.69±0.22 b	1.02±0.39 a	1.03±0.34 a	0.99±0.11 ab	0.60±0.15 ab
	60	0.34±0.08 b	1.37±0.42 a	0.58±0.12 a	0.74±0.14 ab	0.47±0.13 ab
	120	0.69±0.21 b	1.24±0.88 a	0.67±0.29 a	0.73±0.21 ab	0.45±0.12 ab
	250	0.64±0.14 b	1.69±0.70 a	1.78±0.26 a	1.37±0.30 ab	1.31±0.52 a
	500	1.21±0.30 b	2.13±1.03 a	0.96±0.24 a	0.83±0.29 ab	0.88±0.24 ab
	1000	0.85±0.39 b	2.00±1.00 a	1.08±0.33 a	0.49±0.15 b	0.73±0.18 ab
	Kontrol	3.00±0.65 a	1.81±0.39 a	1.57±0.31 a	1.69±0.47 a	1.40±0.37 a

a, b: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($P < 0.05$)

3.2. İnsektisitlerin işçi arı besin tüketimine etkisi

Elde edilen sonuçlara göre insektisitlerin farklı dozlarının karıştırıldığı şekerli suyu tüketen tüm uygulamalardaki birey başına tüketilen ortalama besin miktarları kontrole göre anlamlı ölçüde azalarak farklılık göstermiştir ($P < 0.05$). Gözlemlerin 4. gününde tüm uygulamalarda yine kontrole göre anlamlı farklılık bulunurken, en düşük tüketim miktarı Flupyradifurone 120 ml/100 L su dozunda 0.10 ± 0.04 ml olarak gerçekleşmiştir ($df = 6$; $F = 10.378$; $P = 0.126$). Gözlemlerin 7. günü ise en yüksek tüketim Terpenoid'in 250 ml/ 100L su dozunda gerçekleşmiştir (1.99 ± 0.63 ml/ birey). En düşük tüketim ise yine Flupyradifurone'nin 120 ml/100 L su dozunda 0.15 ± 0.04 ml/ birey olarak kaydedilmiştir ($df = 6$; $F = 15.023$; $P = 0.089$). Çalışmanın 11. gün gözlemlerinde, en düşük besin tüketimi Flupyradifurone 60 ve 120 ml/100 L su dozunda ($0.10-0.35$ ml/birey), en yüksek tüketim ise Terpenoid 250 ml/ 100L su dozunda gerçekleşmiştir (2.24 ± 0.79 ml/ birey). Son gözlem günü olan 15. günde elde edilen veriye göre tüm uygulamalarda kontrole göre anlamlı şekilde düşük tüketim miktarları saptanmıştır. Muamelelerde yer alan işçiler arasında en düşük tüketim miktarları Flupyradifurone'nin tüm dozlarında ve ayrıca, Terpenoid'in 1000 ml/ 100 L su dozunda $0.64-0.8$ ml/ birey şeklinde gerçekleşmiştir (Çizelge 2).

3.3. İnsektisitlerin erkek arı besin tüketimine etkisi

Diğer arı kastlarının aksine, erkek arıların 7. güne kadar insektisit uygulanmış erkek arıların besin tüketimleri ile kontrol grubu arasında anlamlı bir farklılık belirlenmemiştir ($P > 0.05$). 7. gününde elde edilen veriye göre Flupyradifurone 120 ml/ 100 L su dozunda yer alan tüm erkek bireylerin yaşamı sona ermiştir. Aynı günde yapılan gözlemlere göre, kontrol ve Terpenoid 1000 ml/ 100 L su dozunda gerçekleşen tüketim kendi aralarında

farksız iken ($P > 0.05$), diğer tüm dozlardaki tüketim değerleri bu iki uygulamadan daha düşük gerçekleşmiştir. Çalışmanın 11. gününde yapılan ölçümlerde elde edilen veri ile Flupyradifurone 60 ve 120 ml/ 100 L su dozunda bulunan tüm bireylerin öldüğü, 30 ml/ 100 L su dozunun en az besin tüketilen muamale olduğu 0.19 ± 0.09 ml/ birey ($df = 6$; $F = 10.214$; $P = 0.998$), yine bu ölçüm gününde de kontrol ve Terpenoid'in 1000 ml/ 100 L su dozunda gerçekleşen tüketimin kendi aralarında istatistiki olarak farklılık içermediği belirlenmiştir ($P > 0.05$). Araştırmanın 15. gününde de diğer ölçüm günlerinde olduğu gibi kontrol ve Terpenoid 1000 ml/ 100 L su dozunda gerçekleşen tüketim kendi aralarında farksız, Flupyradifurone 30, Terpenoid 250 ve 500 ml/ 100 L su dozlarından ise anlamlı olarak farklı ve yüksek bulunmuştur ($P < 0.05$) (Çizelge 3).

İnsektisitlerin farklı dozlarını 15 gün süreyle tüketen kastların ortalama besin tüketimleri pestisitlere ve dozlarına göre incelendiğinde; Flupyradifurone 30 ve 60 ml/ 100 L su dozlarında işçi arıların, ana ve erkekler göre, ana arıların ise erkek arılara göre anlamlı ölçüde fazla tüketim gerçekleştirdikleri saptanmıştır ($P < 0.05$). Flupyradifurone 120 ml/ 100 L su dozunda ise en yüksek besin tüketimi ana arılarda kaydedilmiştir (10.84 ± 1.67 ml/ birey). Terpenoid'in farklı dozlarının uygulandığı deneylerde ise kastların besin tüketimleri arasında anlamlı bir farklılık saptanmamıştır ($P > 0.05$). Ana arıların besin tüketimlerini en az etkileyen uygulamanın Terpenoid 250 ml/ 100 L su dozu olduğu, işçi arıların Terpenoid 250 ve 500 ml/ 100 L su dozlarında kontrol'den sonraki en yüksek tüketim miktarlarına ulaştıkları, erkek arıların Terpenoid 1000 ml/ 100 L su dozunda dahi besin tüketimlerinin kontrol ile farksız olduğu ($P > 0.05$) belirlenmiştir (Çizelge 4). Sonuç olarak, yüksek doz uygulamalarından ana arıların besin tüketimlerinin erkek ve işçilere göre daha az etkilendiği belirlenmiştir.

Çizelge 2. İnsektisitlerin işçi arı besin tüketimine etkisi

Table 2. The effects of insecticides on worker bee food consumption

İnsektisitler ve dozlar (ml/100 L su)		Gözlem Zamanları (Gün) ve Birey Başına Besin Tüketim Ortalama Değerleri (ml) ± S. H.				
		1	4	7	11	15
Terpenoid QRD 460 TBQ	30	1.75±0.19 b	1.13±0.18 bc	1.17±0.17 bcd	1.16±0.16 bc	0.79±0.12 b
	60	1.31±0.37 b	0.70±0.16 bc	0.48±0.15 cd	0.35±0.13 c	0.64±0.49 b
	120	1.11±0.12 b	0.36±0.10 c	0.15±0.04 d	0.10±0.04 c	0.00±0.00
	250	2.66±0.65 ab	2.19±0.83 b	1.99±0.63 b	2.24±0.79 b	1.32±0.48 ab
	500	2.34±0.21 ab	2.00±0.21 b	1.72±0.24 bc	1.45±0.42 bc	1.28±0.51 ab
	1000	2.45±0.43 ab	1.75±0.33 bc	1.37±0.29 bcd	1.59±0.31 bc	0.78±0.15 b
	Kontrol	3.68±0.45 a	3.84±0.08 a	3.66±0.17 a	4.19±0.10 a	2.76±0.25 a

a, b, c: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P<0.05)

Çizelge 3. İnsektisitlerin erkek arı besin tüketimine etkisi

Table 3. The effects of insecticides on male bee food consumption

İnsektisitler ve dozlar (ml/100 L su)		Gözlem Zamanları (Gün) ve Birey Başına Besin Tüketim Ortalama Değerleri (ml) ± S. H.				
		1	4	7	11	15
Terpenoid QRD 460 TBQ	30	1.27±0.44 a	0.63±0.09 bcd	0.35±0.04 bc	0.19±0.09 bc	0.49±0.43 ab
	60	1.19±0.17 a	0.43±0.15 cd	0.521±0.380 bc	0.00±0.00	0.00±0.00
	120	1.83±0.58 a	0.17±0.17 d	0.000±0.000	0.00±0.00	0.00±0.00
	250	2.68±0.74 a	2.04±0.26 ab	1.84±0.33 ab	1.21±0.15 ab	0.92±0.27 ab
	500	1.89±0.67 a	1.85±0.34 abc	1.79±0.55 ab	1.24±0.37 ab	0.78±0.21 ab
	1000	1.80±0.85 a	2.34±0.75 a	2.34±0.49 a	1.65±0.48 a	1.70±0.69 a
	Kontrol	2.21±0.93 a	2.46±0.16 a	2.57±0.27 a	1.97±0.26 a	1.70±0.39 a

a, b, c: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P< 0.05).

Çizelge 4. İnsektisitlerin tüm kast gruplarının besin tüketimine etkisi

Table 4. The effects of insecticides on all caste group food consumption

İnsektisitler ve dozlar (ml/100 L su)		Kastlar (ana, işçi ve erkek) ve Ortalama Besin Tüketim ± S. H.		
		Ana	İşçi	Erkek
Terpenoid QRD 460 TBQ	30	16.44±3.68 ab AB	22.15±1.95 a B	8.45±1.91 b AB
	60	10.61±1.34 ab AB	14.04±2.08 a B	7.04±1.14 b C
	120	10.84±1.67 a AB	8.46±1.40 ab B	4.33±0.71 b C
	250	20.42±3.24 a A	34.68±9.34 a AB	26.14±1.87 a AB
	500	19.17±1.51 a AB	30.72±2.71 a AB	23.14±5.80 a AB
	1000	15.87±2.80 a AB	29.91±3.72 a B	30.26±6.95 a A
	Kontrol	21.97±3.51 a A	55.97±1.14 a A	35.60±3.62 a A

a, b: Aynı satırda farklı küçük harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P< 0.05)

A, B: Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P< 0.05)

Flupyradifurone etken maddesinin dünya genelinde yakın bir geçmişte kullanıma girmesi nedeniyle bu etken maddenin *Bombus* spp. üzerindeki lethal ve sub-lethal etkileri üzerindeki etkiler tam olarak bilinmemektedir. Bu nedenle, Flupyradifurone'nin farklı arı türlerine olan etkilerine ait diğer çalışmalar, bu çalışmada elde edilen verinin anlaşılmasında yol gösterici olmuştur. Flupyradifurone'nin *Heriades truncorum* (Hymenoptera: Megachilidae)'un erkek ve dişilerine 0.38 µg/l dozunda uygulandığında beslenme açısından kontrole göre önemli bir fark oluşturmadığı bildirilmiştir (Boff & Ayasse, 2024). Diğer bir çalışmada ise Flupyradifurone içeren şekerli su ile beslenen *Apis mellifera* L. işçi arılarının hayatta kalma oranlarında (-%14) ve besin tüketimlerinde anlamlı düşüşlerin (-%14) olduğu bildirilmektedir (Tong vd., 2019; Chakrabarti vd., 2020). Flupyradifurone ile aynı etki mekanizmasına sahip (4) diğer etken maddelerin de arılar üzerindeki sub-lethal etkilerinin benzer şekilde farklı sonuçlarının olduğu gözlenmektedir. Imidacloprid ve Clothianidin etken maddesi (yüksek doz 10 µg/l, düşük doz 0.1 µg/l) ile kontamine edilen şekerli su ile beslenen *B. terrestris* işçi arılarında yüksek dozda (10 µg/l) beslenmede önemli ölçüde azalma olurken, düşük dozlarda (1 µg/l) kontrol grubuna göre herhangi bir farklılığın gerçekleşmediği bildirilmiştir (Thompson vd., 2015). Thiamethoxam içeren şekerli su (düşük 1 ppb, yüksek 4 ppb) ile beslenen *B. terrestris* ana arılarında ise tüketilen şekerli su miktarında kontrol grubuna göre herhangi bir farklılığın gerçekleşmediği belirlenmiştir (Baron vd., 2017). Önceki çalışmalarda elde edilen veri ile bu çalışmada ulaşılan bilgiler kıyaslandığında Flupyradifurone'nin genel olarak işçi, ana ve erkek arı kастlarında beslenmede azalmaya neden olduğu belirlenmiştir.

Araştırmada yer alan diğer bir insektisit olan Terpenoid'in de Flupyradifurone'de olduğu gibi dünya genelinde yeni kullanıma girmesi sebebiyle bu etken maddenin *Bombus* spp. üzerindeki lethal ve sub-lethal etkilerine dair bilgiler sınırlıdır. Zhang vd. (2018), Terpenoid içerikli şekerli su ile *Apis cerana* işçi arılarının beslenmesini sağlamış ve arıların yüksek yoğunluktaki terpenoid (10 µg Terpenoid/15 µl 2 mol l-1 l) uygulamasında, kontrol grubuna göre daha az besin tükettiklerini saptamıştır. Paspati vd. (2023), *B. terrestris*'in işçi arılarını Terpenoid'in aynı ticari versiyonunun (Requiem) arazi kullanım dozu (6 ml/l) ve bu dozun üç katını (18 ml/l) içeren şekerli su ile beslemiş ve en düşük besin tüketiminin arazi kullanım dozunun üç katında gerçekleştiğini bulmuştur. Bu çalışmada da işçi arılarda Requiem'in arazi kullanım dozunun iki katında en düşük tüketim miktarı belirlenmiştir. Benzer şekilde Zhang vd. (2018), çalışmalarında Terpenoid içerikli şekerli su ile beslenen *A. cerana* işçi arılarının yüksek doz (10 µg /Tepenoid) uygulananlarda kontrol grubuna göre önemi ölçüde daha az besin tüketimi saptamıştır.

4. Sonuç

Yapılan bu çalışma sonucunda, *B. terrestris*'in farklı kast gruplarının Flupyradifurone ve Terpenoid adlı etken maddelerin farklı dozlarına maruz kalmalarının bu türün beslenmesini olumsuz etkilediği sonucuna varılmıştır. Özellikle, tarımsal üretimde sıklıkla yararlanılan *Bombus* spp. gibi faydalı canlıların üretim faaliyetleri esnasında yapılan yetiştirme ve bitki koruma uygulamaları sonucunda beslenme, çiftleşme ve tarlacılık gibi onlar için hayati önem taşıyan yaşamsal faaliyetlerinde ne gibi değişikliklerin meydana geldiğini belirlemek son derece önem arz etmektedir. Polinatör türler, beslenme faaliyetlerinde doğrudan pestisit maruziyeti veya dolaylı olarak pestisit kalıntısı içeren ürünleri (polen, nektar) tüketerek çeşitli lethal ve sub-lethal etkilere maruz kalabilmektedir. Araştırmada yer verilen *B. terrestris* çoğaltım ve üzerinde çalışma kolaylığı nedeniyle insektisitlerin arı türlerine sub-lethal etkilerinin belirlenmesi amacıyla bir model organizma olarak kullanılmıştır. Elde edilen verinin pestisitlerin arı türlerine olan yan etkilerinin anlaşılması açısından aydınlatıcı olacağı düşünülmektedir. Çalışmada yer verilen Terpenoid içerikli Requiem'in *B. terrestris*'in beslenmesini Flupyradifurone içerikli Sivanto'ya göre daha az etkilediği belirlenmiştir. Flupyradifurone'nin genel olarak uygulanan tüm dozlarda işçi, ana ve erkek arı kast gruplarında beslenmede azalmaya neden olduğu belirlenmiştir. Ancak, yeni nesil bitki koruma ürünlerinin tarımsal üretimde sürdürülebilir kullanımlarının sağlanabilmesi için *B. terrestris* gibi hedef dışı canlılara olan etkilerinin açık alan koşullarında ve daha detaylı olarak araştırılmasının gerektiği düşünülmektedir.

5. Teşekkür

Bu çalışma Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalında Yaşar Çetin tarafından sunulan Yüksek Lisans tezinin tamamından üretilmiştir. Çalışma, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından '2023-YL1-0193 no'lu proje ile desteklenmiştir. Makale yazarları Prof. Dr. Ali Kemal BİRGÜCÜ (Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü)'ye araştırmaya katkılarından dolayı teşekkür etmektedir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

6. Kaynaklar

- Barbosa, W. F., De Meyer, L., Guedes, R. N. C., & Smaghe, G. (2015). Lethal and sublethal effects of azadirachtin on the bumblebee *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae). *Ecotoxicology*, 24, 130-142.

- Baron, G. L., Raine, N. E., & Brown, M. J. (2017). General and species-specific impacts of a neonicotinoid insecticide on the ovary development and feeding of wild bumblebee queens. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 284(1854), 20170123. <https://doi.org/10.1098/rspb.2017.0123>
- Boff, S., & Ayasse, M. (2024). Exposure to sublethal concentration of flupyradifurone alters sexual behavior and cuticular hydrocarbon profile in *Heriades truncorum*, an oligolectic solitary bee. *Insect Science*, 31(3), 859-869. <https://doi.org/10.1111/1744-7917.13268>
- Borum, A. E. (2020). Bal arılarında sosyal ve bireysel bağıklık. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 20(2), 232-256.
- Carreck, N. (2014). Are we beginning to understand worldwide colony losses? *Bee World*, 91(1), 20-21. <https://doi.org/10.1080/0005772X.2014.11417581>
- Chakrabarti, P., Carlson, E. A., Lucas, H. M., Melathopoulos, A. P., & Sagili, R. R. (2020). Field rates of Sivanto™ (flupyradifurone) and Transform® (sulfoxaflor) increase oxidative stress and induce apoptosis in honey bees (*Apis mellifera* L.). *Plos One*, 15(5), e0233033.
- Çakıcı, Ö., Uysal, M., Demirözer, O., & Gösterit, A. (2023a). Effects of thiamethoxam on brain structure of *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae) workers. *Chemosphere*, 338, 139595.
- Demirözer, O., Uzun, A., & Gösterit, A. (2022). Lethal and sublethal effects of different biopesticides on *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae). *Apidologie*, 53(2), 24. <https://doi.org/10.1007/s13592-022-00933-6>
- Çakıcı, Ö., Uysal, M., Demirözer, O., & Gösterit, A. (2023b). Sublethal effects of thiamethoxam on immune system cells in the workers of *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae). *Environmental Science and Pollution Research*, 30(37), 87424-87432. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-28654-y>
- Farder-Gomes, C. F., Saravanan, M., Martinez, L. C., Plata-Rueda, A., Zanuncio, J. C., & Serrão, J. E. (2022). Azadirachtin-based biopesticide affects the respiration and digestion in *Anticarsia gemmatilis* caterpillars. *Toxin Reviews*, 41(2), 466-475. <https://doi.org/10.1080/15569543.2021.1892764>
- Gill, R. J., Ramos-Rodríguez, O., & Raine, N. E. (2012). Combined pesticide exposure severely affects individual-and colony-level traits in bees. *Nature*, 491(7422), 105-108. <https://doi.org/10.1038/nature11585>
- Goulson, D. (2013). An overview of the environmental risks posed by neonicotinoid insecticides. *Journal of Applied Ecology*, 50(4), 977-987. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12111>
- Gösterit, A., & Gürel, F. (2010). *Bombus* arıları ve bitkisel üretim açısından önemleri. *Arıcılık Araştırma Dergisi*, 4, 9-12.
- Gösterit, A., & Gürel, F. (2018). The role of commercially produced bumblebees in good agricultural practices. *Animal Science*, 61(1), 201-204.
- Hristov, P., Neov, B., Shumkova, R., & Palova, N. (2020). Significance of apoidea as main pollinators. ecological and economic impact and implications for human nutrition. *Diversity*, 12(7), 280.
- Karahan, A., Gül, A., Kutlu, M. A., & Karaca, İ. (2017). Thiamethoxam'ın yaban arısı (*Vespa* sp.) üzerine etkisi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8(Ek 1), 221-227.
- Klein, A. M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1608), 303-313.
- Luo, P., Qin, D., Wu, H., Zheng, Q., Zhao, W., Ye, C., Shen, S., Huang, S., Cheng, D., & Zhang, Z. (2023). Azadirachtin affected the intestinal structure and microbiota of adult *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) while controlling *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Pest Science*, 96(3), 973-988. <https://doi.org/10.1007/s10340-023-01597-6>
- Mommaerts, V., & Smagghe, G. (2011). Side-effects of pesticides on the pollinator *Bombus*: an overview. In *Pesticides in the Modern World – Pests Control and Pesticides Exposure and Toxicity Assessment*. (pp. 507-552)
- Nafiu, B., Dong, H., & Mustapha, S. (2014). Biological control of insect pests in West Africa: a review. *International Journal of Applied Research and Technology*, 3(9), 39-45.
- Paspati, A., Karakosta, E., Balanza, V., Rodríguez-Gómez, A., Grávalos, C., Cifuentes, D., Koukaki, A., Stavrakaki, M., Roditakis, E., & Bielza, P. (2023). Effects of novel and commercial phytochemicals on beneficial arthropods. *Crop Protection*, 174, 106381. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2023.106381>
- Shojaei, S. H., Hosseini, S. J. F., Mirdamadi, M., & Zamanizadeh, H. R. (2013). Investigating barriers to adoption of integrated pest management technologies in Iran. *Annals of Biological Research*, 4(1), 39-42.
- Simon-Delso, N., Amaral-Rogers, V., Belzunces, L. P., Bonmatin, J.-M., Chagnon, M., Downs, C., Furlan, L., Gibbons, D. W., Giorio, C., & Girolami, V. (2015). Systemic insecticides (neonicotinoids and fipronil): trends, uses, mode of action and metabolites. *Environmental Science and Pollution Research*, 22, 5-34. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3470-y>
- Thompson, H. M., Wilkins, S., Harkin, S., Milner, S., & Walters, K. F. (2015). Neonicotinoids and bumblebees (*Bombus terrestris*): effects on nectar consumption in individual workers. *Pest Management Science*, 71(7), 946-950.
- Tong, L., Nieh, J. C., & Tosi, S. (2019). Combined nutritional stress and a new systemic pesticide (flupyradifurone, Sivanto®) reduce bee survival, food consumption, flight success, and thermoregulation. *Chemosphere*, 237, 124408. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124408>
- Williams, G. R., Troxler, A., Retschnig, G., Roth, K., Yañez, O., Shutler, D., Neumann, P., & Gauthier, L. (2015). Neonicotinoid pesticides severely affect honey bee queens. *Scientific Reports*, 5(1), 14621.
- Wu-Smart, J., & Spivak, M. (2016). Sub-lethal effects of dietary neonicotinoid insecticide exposure on honey bee queen fecundity and colony development. *Scientific Reports*, 6(1), 32108. <https://doi.org/10.1038/srep32108>
- Zhang, J., Wang, Z., Wen, P., Qu, Y., Tan, K., & Nieh, J. C. (2018). The reluctant visitor: A terpenoid in toxic nectar can reduce olfactory learning and memory in Asian honey bees. *Journal of Experimental Biology*, 221(5), jeb168344. <https://doi.org/10.1242/jeb.168344>