

Özgün makale (Original article)

Chlorantraniliprole ve flubendiamide'in *Asphondylia gennadii* (Marchal) (Diptera: Cecidomyiidae)'ye karşı biyolojik etkinliği ile *Orius laevigatus* ve *Amblyseius swirskii*'ye karşı yan etkilerinin belirlenmesi

Musa KIRIŞIK^{1*}

Determination of biological activity of chlorantraniliprole and flubendiamide against *Asphondylia gennadii* (Marchal) (Diptera: Cecidomyiidae) and side effects against *Orius laevigatus* and *Amblyseius swirskii*

Abstract: *Asphondylia gennadii* (Marchal) (Diptera: Cecidomyiidae) has recently emerged as a significant pest causing substantial economic losses in pepper cultivation in the Mediterranean region. This study evaluated the biological efficacy of chlorantraniliprole and flubendiamide against *A. gennadii* in greenhouses where the pest was prevalent and biological control methods were applied. Additionally, the side effects of these two insecticides on the beneficial predators *Orius laevigatus* (Fieber) (Hemiptera: Anthocoridae) and *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae) were assessed. The trials were conducted at two locations in Antalya province (Kasaba/Kaş and Dirgenler/Kaş). Both insecticides demonstrated effectiveness in controlling the pest; however, flubendiamide exhibited higher mortality rates than chlorantraniliprole. At the recommended dosage, flubendiamide achieved 90.3% pest control in Dirgenler and 88.7% in Kasaba by the 14th day, while chlorantraniliprole provided 83.6% and 85.4% control, respectively. Regarding the side effects on beneficial organisms, flubendiamide was observed to have a more limited impact, whereas chlorantraniliprole resulted in a greater reduction of predator populations. Applications at half doses mitigated the decline in beneficial insect populations and were found to be more compatible with biological control efforts. These findings emphasize the importance of integrating chemical and biological control methods for sustainable pest management and highlight the role of selective insecticide use in Integrated Pest Management (IPM) strategies.

Keywords: *Asphondylia gennadii*, pepper gall midge, chlorantraniliprole, flubendiamide, *Orius laevigatus*, *Amblyseius swirskii*, Integrated Pest Management (IPM).

Öz: Akdeniz Bölgesi'nde son yıllarda biber tarımında önemli ekonomik kayıplara yol açan zararlılardan birisi biber gal sineği *Asphondylia gennadii* (Marchal) (Diptera: Cecidomyiidae)'dir. Bu çalışmada, zararlının yoğun olarak görüldüğü ve biyolojik mücadele

¹Tarım ve Orman Bakanlığı, Bati-Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Antalya, Türkiye

* Sorumlu yazar (Corresponding author) musa.kirisik@tarimorman.gov.tr

ORCID ID (Yazar sırasıyla): 0000-0001- 6956-7337

Received (Alınış): 12 Eylül 2024

Accepted (Kabul ediliş): 17 Aralık 2024

uygulaması yapılan seralarda chlorantraniliprole ve flubendiamide'in zararlıya karşı biyolojik etkinliğini araştırılmıştır. Ayrıca bu iki aktif maddenin *Orius laevigatus* (Fieber) (Hemiptera: Anthocoridae) ve *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (Swirski ve Amitai 1982) (Acari: Phytoseiidae)'ye olan yan etkileri de incelemiştir. Antalya ilinde iki farklı lokasyonda (Kasaba/Kaş ve Dirgenler/Kaş) yürütülen denemelerde, her iki insektisit de zararlıyı kontrol etmekte etkili olduğu tespit edilmiştir. Flubendiamide, chlorantraniliprole'e kıyasla daha yüksek öldürme oranlarına ulaşmıştır. 14. gün sonunda flubendiamide'in tavsiye dozunda Dirgenler'de %90.3, Kasaba'da %88.7 oranında zararlı kontrolü sağladığı görülmüştür. Chlorantraniliprole ise aynı sürede Dirgenler'de %83.6, Kasaba'da %85.4 oranında zararlı kontrolü sağlamıştır. Faydalı böcekler üzerindeki yan etkiler incelendiğinde, flubendiamide uygulamasında daha az bir popülasyon düşüşünün olduğu, chlorantraniliprole uygulamasında ise daha fazla bir popülasyon düşüşü saptanmıştır. Yarı dozlarda insektisit uygulaması faydalı böcek popülasyonlarında daha az düşüşe yol açmış ve biyolojik mücadele ile daha uyumlu bir yöntem olarak önerilmiştir. Bu sonuçlar, Entegre Zararlı Yönetimi stratejileri için kimyasal ve biyolojik mücadele yöntemlerinin entegre edilmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Asphondylia gennadii*, biber gal sineği, chlorantraniliprole, flubendiamide, *Orius laevigatus*, *Amblyseius swirskii*, entegre zararlı yönetimi (IPM).

Giriş

Biber (*Capsicum annuum*), dünya genelinde ve Türkiye'de önemli bir sebze türü olarak geniş alanlarda üretilmektedir. Türkiye, dünya biber üretiminde önemli bir konuma sahip olup, 2023 yılı verilerine göre dünya biber üretiminin yaklaşık %8'ini gerçekleştirmektedir (FAO 2023). Türkiye'nin biber üretimi özellikle Akdeniz, Ege ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde yoğunlaşmış olup, yılda yaklaşık 3 milyon ton biber üretilmektedir (TÜİK 2022). Dünya genelinde ise yıllık biber üretimi yaklaşık 36 milyon ton seviyesindedir ve başlıca üretici ülkeler Çin, Meksika, Hindistan, İspanya ve Türkiye'dir (FAO 2023).

Biber tarımı, yüksek ekonomik değeri ve pazar talebi nedeniyle önemli bir yere sahip olsa da, zararlılar nedeniyle verimde büyük kayıplar yaşanabilmektedir. Biber bitkisi, birçok zararlının hedefi olmakta ve bu zararlılar arasında yaprakbitleri, kırmızıörümcek, beyazsinek, tripsler ve biber gal sineği gibi türler yer almaktadır. Bu zararlılar, biber bitkisine ciddi zarar vererek, hem ürün kalitesini düşürmekte hem de verim kaybına yol açmaktadır (Yaşarakıncı & Hıncal 1997; Anonymous 2008; Can & Ulusoy 2022).

Asphondylia gennadii, Akdeniz bölgesinde yaygın olarak görülen, biber tarımında ekonomik kayıplara neden olan bir zararlıdır. Özellikle çiçek dökümü, verimde azalma, tomurcuk ve meyvelerde oluşturduğu gal oluşumları ile kalite kayıplarına yol açmaktadır (Rangarajan & Mahadevan 1974; Anonymous 2008). Zararlının dişi bireyleri yumurtalarını biberlerin çiçek tomurcuklarına bırakmaktadır (Kıray 1965). Biber gal sineği dişilerinin yumurta bırakmasından yaklaşık bir hafta sonra larvanın büyümesiyle tomurcuk anormalliği görülür ve zararı fark edilir hale gelir (Orphanides 1975; Anonymous 2008). *A. gennadii*, ergin dönemi hariç diğer tüm dönemlerini biber meyvesi içinde geçirmektedir (Kıray 1965; Anonymous 2008).

Asphondylia gennadii'nin yayılışı, zarar oranı, biyolojisi, popülasyon değişimi ve mücadelesine yönelik araştırmalar zararlının kontrol altında tutulması açısından önem arz etmektedir. Yürütülen çalışmalarda, *A. gennadii*'nin popülasyon değişimi, yaşam döngüsü, konukçuları ve biyolojik mücadele etmenleri üzerine çok sayıda araştırmaya rastlanmıştır (Alkan 1958; Kıray 1965; Skuhrová et al. 2005; Sertkaya et al. 2006; Karaöz 2023). Bunun yanı sıra, biber gal sineğine karşı arazi şartlarında bazı kimyasal insektisitlerin biyolojik etkinliğinin belirlenmiştir (Pathipati et al. 2016). Ayrıca, bazı botanik insektisitlerin de biber gal sineğine karşı etkinliğinin belirlendiği de görülmüştür (Ghatage et al. 2022).

Zararlıların etkin kontrolü için kimyasal mücadele yöntemleri sıkça kullanılsa da, bu uygulamaların faydalı böcekler üzerindeki etkileri ciddi bir endişe kaynağıdır. *Orius laevigatus* ve *Amblyseius swirskii* gibi biber alanlarında biyolojik mücadelede önemli rollere sahip faydalı böceklerin korunması, entegre zararlı yönetimi (IPM) açısından büyük önem taşır (Baloğlu 2015; Topakcı & Keçeci 2017). Biyolojik mücadele yapılan biber üretim alanlarda *O. laevigatus* thripslere karşı, *A. swirskii* ise thrips, kırmızıörümcek ve beyazsinek ile mücadelede etkili olmakta ve üreticiler tarafından kullanılmaktadır (Keçeci & Gürkan 2013; 2017; Topakcı & Keçeci 2017; Çevikol & Karaca 2021)

Pathipati et al. (2016) yapmış oldukları çalışmada Chlorantraniliprole ve Flubendiamide etkili maddeli bitki koruma ürünlerinin biber gal sineğini arazi koşullarında kontrol altına almada başarılı olduğunu belirtmişlerdir. Chlorantraniliprole ve Flubendiamide, böceklerde ryanodine alkaloidinin reseptörünün aktive edilmesine neden olmaktadır (Roditakis et al. 2013). Ryanodine reseptörler özellikle kas kontrolünde olmak üzere birçok hücre fonksiyonlarında görev alan kalsiyumun kontrollü olumsuz salınımını etkilemektedir. Bu kimyasallara maruz kalan böceklerde depolanmış kalsiyum salınımı kontrol edilemediğinden kaslarına hükmedemezler. Sonuç olarak beslenmeyi bırakma, uyuşukluk, felç ve ölüm gibi durumlar gözlenmektedir (Lahm et al. 2005). Ülkemizde aynı aktif maddelerle yapılan bir çalışmada ise, Buluş et al. (2021), yapmış oldukları çalışmada chlorantraniliprole ve flubendiamide etkili maddeli bitki koruma ürünlerinin farklı yaşlardaki *Bombus terrestris* işçi arıları için zehirsiz olduğu belirlemiştir.

Bu çalışmada, chlorantraniliprole ve flubendiamide'in iki farklı serada, biber gal sineği *A. gennadii*'ye karşı biyolojik etkinliği incelenmiş, ayrıca bu aktif maddelerin faydalı böcekler üzerindeki yan etkileri değerlendirilmiştir.

Materyal ve Yöntem

Deneme alanları ve koşullar

Denemeler Antalya Kaş İlçesinde Kasaba ve Dirgenler mahallerinde, biber üretimin yoğun yapıldığı ve zararlının her yıl zarar yaptığı iki serada gerçekleştirilmiştir. Denemeler sonbahar yetiştirme döneminde ve TAGEM Bitki Sağlığı Araştırmaları Daire Başkanlığı tarafından hazırlanan "Biber Galsineği [*Asphondylia capsici* Barnes (Diptera: Cecidomyiidae)] Standart İlaç Deneme Metodu (2024)"e göre yürütülmüştür (Anonim 2024). Deneme yapılan seralarda *O. laevigatus* ve *A. swirskii* faydalı böceklerinin salımı ilaçlamadan önce yapılmıştır. Deneme alanlarına fide dikiminden bir hafta sonra, 2 adet böcek/m² dozunda *O. laevigatus*, 50 adet

akar/m² dozunda *A. swirskii* salımı gerçekleştirilmiştir. Deneme yerlerine ilişkin bilgiler Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Deneme yerlerine ilişkin bilgiler.

Table 1. Information about the experimental locations

Deneme yerlerine ait bilgiler		
	Kasaba	Dirgenler
Biber tipi	Kapya	Kapya
Dikim tarihi	25.06.2024	01.07.2024
Fenoloji	Çiçek-tomurcuk ve meyve dönemi	Çiçek-tomurcuk ve meyve dönemi
Deneme başında bitki boyu	80-90 cm	90-100 cm
Deneme yeri	Plastik sera	Plastik sera
Sulama	Damlama	Damlama
Toprak yapısı	Killi-tınlı	Killi-tınlı
Yeşil aksam ilaçlama tarihi	17.08.2024	17.09.2024

Deneme, 100 tomurcuk veya meyvenin 5-8’i bulaşık olduğunda bulunduğu açılmıştır. Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre 4 tekerrürlü olacak şekilde kurulmuştur. Parsellerin büyüklüğü her bir karakter için 20 m² olacak şekilde planlanmıştır. Parseller arasında 1-2 m genişliğinde emniyet şeridi bırakılmıştır. Denemeye ait karakterler Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Denemeye ait karakterler.

Table 2. Characters belonging to the experiment.

Aktif madde ve formülasyonu	Ticari adı ve firması	Uygulama dozu	IRAC etki mekanizma sınıfı, kimyasal grubu
%35 Chlorantraniliprole	ALTACOR 35 WG, FMC TURKEY	12 g/100 L su	28- Ryanodine receptor modulators, Diamides
%35 Chlorantraniliprole	ALTACOR 35 WG, FMC TURKEY	6 g/100 L su	
222 g/l Flubendiamide	TUNGA, SUMİ AGRO TURKEY	30 ml/100 L su	
222 g/l Flubendiamide	TUNGA, SUMİ AGRO TURKEY	15 ml/100 L su	
Kontrol			

Sayımlar, her parselden köşegenler doğrultusunda ilerleyerek tesadüfen seçilen 10 bitkinin tomurcuk ve meyvelerindeki canlı larvaları saymak suretiyle yapılmıştır. Sayımlar ilaçlamadan 1, 3, 7 ve 14 gün sonra yapılmıştır (Anonim 2024). Sayım

sonuçları canlı larvalar üzerinden, Abbott (1925) formülü yardımıyla değerlendirilmiştir.

İlaçlamaların faydalılara yan etkisinin belirlenmesi

Pestisit uygulamaları yapıldıktan sonra 1, 3, 7, 14, 21 ve 28. günlerde avcı böceklerin sayımları gerçekleştirilmiştir. Biber galsineği için uygulama yapılan her parselde 10 bitkinin tamamında seralarda *O. laevigatus* ergin ve nimfler için ayrı ayrı kaydedilerek yapılmıştır. *A. swirskii* sayımı için her parselde 10 bitki incelenmiş bitkilerin alt, orta ve üst kısımlarından olmak üzere bitkilerden 20 adet yaprak örneği tesadüfen alınmıştır. Örnekler kese kağıdında laboratuvara getirilmiş ve binoküler ile canlı bireyler (larva, nimf ve ergin) toplu olarak sayılmıştır. Uygulama yapılan parsellerdeki farklılık bitkilerdeki ergin ve nimf sayılarına tek yönlü varyans analizi (ANOVA) yapılarak belirlenmiştir (P=0.05). Ortalamalar arasındaki farklılık çoklu karşılaştırma testi (Tukey HSD) ile ortaya konmuştur. Tüm istatistik testler SPSS 22 (SPSS 2013) paket programı kullanılarak yapılmıştır.

Pestisitlerin yan etkisi ise, bitkilerdeki canlı birey sayıları esas alınarak Henderson – Tilton (1955) formülü ile belirlenmiştir. Bu formül ile elde edilen ölüm oranları IOBC (International Organisation for Biological Control)'nin sınıf değerlerine göre zararsız veya az zararlı, orta derecede zararlı, zararlı olarak değerlendirilmiştir (Boller et al. 2006) (Çizelge 3).

Henderson–Tilton Formülü:

$$\text{Ölüm oranı (\%)} = \left(1 - \frac{\text{İlaçlıda uygulama sonrası canlı sayısı} \times \text{Kontrolde uygulama öncesi canlı sayısı}}{\text{İlaçlıda uygulama öncesi canlı sayısı} \times \text{Kontrolde uygulama sonrası canlı sayısı}}\right) \times 100$$

Çizelge 3. Pestisitlerin tarla koşullarında yan etki sınıf değerleri (Boller et al. 2006)

Table 3. Side effect toxicity category of pesticides under field conditions (Boller et al. 2006)

Sınıf Değeri	Etki (%)	Zararlılık Sınıfı
N	0-50	Zararsız veya az zararlı
M	51-75	Orta derecede zararlı
T	75+	Zararlı

Bulgular

Çalışmanın bulgularına göre, hem flubendiamide hem de chlorantraniliprole, *A. gennadii* zararlısına karşı yüksek bir biyolojik etkinlik sergilemiştir. Özellikle flubendiamide, chlorantraniliprole'e kıyasla daha yüksek öldürme oranlarına ulaşmıştır. 14. gün sonunda flubendiamide'in tavsiye dozunda Dirgenler'de %90.3,

Kasaba'da %88.7 oranında zararlı kontrolü sağladığı görülmüştür. Chlorantraniliprole ise aynı sürede Dirgenler'de %83.6, Kasaba'da %85.4 oranında zararlı kontrolü sağlamıştır. Yarı doz uygulamalarında her iki insektisitte de zararlı kontrolü azalmakla birlikte, yine de etkili sonuçlar elde edilmiştir (Çizelge 4). Flubendiamide'in genel olarak daha yüksek etkinlik göstermesi, zararlılara karşı daha etkili bir çözüm sunabileceğini göstermektedir.

Çizelge 4. Pestisitlerin tarla koşullarında *Asphondylia gennadii* üzerine biyolojik etkinlikleri (Ölüm oranı, %)

Table 4. Biological activities of pesticides on *Asphondylia gennadii* under field conditions

İlaç-Doz	Lokasyon	1.gün	3.gün	7.gün	14.gün
%35 Chlorantraniliprole (12 g/100 L su)	Dirgenler	15.8±6.2 Ac*	25.4±7.3 Ac	53.6±5.3 Bb	83.6±7.3 Aa
	Kasaba	13.6±5.4 Ac	22.8±6.6 Ac	55.5±7.4 Bb	85.4±4.2 Aa
%35 Chlorantraniliprole (6 g/100 L su)	Dirgenler	10.4±3.1 Ac	15.6±4.5 Ac	44.8±8.1 Bb	72.4±5.4 Ba
	Kasaba	13.2±4.8 Ac	16.1±5.2 Ac	46.4±2.3 Bb	75.7±3.3 Aa
222 g/l Flubendiamide (30 ml/100 L su)	Dirgenler	22.1±5.3 Ac	33.4±8.0 Ac	72.8±2.4 Ab	90.3±4.0 Aa
	Kasaba	26.3±6.4 Ac	36.7±7.9 Ac	69.4±3.5 Ab	88.7±2.5 Aa
222 g/l Flubendiamide (15 ml/100 L su)	Dirgenler	18.5±5.5 Ac	24.9±5.4 Ac	51.4±4.4 Bb	78.6±1.8 Aa
	Kasaba	15.6±6.4 Ac	25.2±6.1 Ac	53.2±6.2 Bb	77.5±2.6 Aa

*Büyük harfler sütunlardaki önemi, küçük harfler satırlardaki önemi gösterir (P < 0.05)

Faydalı böcekler üzerindeki etkiler

Faydalı böcek popülasyonları üzerindeki etkiler açısından değerlendirildiğinde, flubendiamide'in faydalı türler olan *O. laevigatus* ve *A. swirskii* üzerindeki yan etkileri, chlorantraniliprole'e göre daha düşük bulunmuştur. Örneğin, *O. laevigatus* için flubendiamide'in tavsiye dozunda ölüm oranı %14.2 iken, chlorantraniliprole için bu oran %18.7'dir (Çizelge 5). Benzer şekilde, *A. swirskii* için chlorantraniliprole'de %13.5 ölüm oranı kaydedilirken, flubendiamide'de %11.7'ye düşmüştür. Bu sonuçlar, flubendiamide'in hem zararlıları etkili bir şekilde kontrol ederken hem de faydalı böcek popülasyonlarını koruma açısından daha tercih edilebilir olduğunu göstermektedir. (Çizelge 6). Yarı doz uygulamalarında bu etkiler belirgin bir şekilde azalmıştır. Bunun yanı sıra deneme alanında yapılan sayımlarda, *A. swirskii* popülasyonu deneme boyunca en düşük ortalama 22 birey/bitki, en

yüksek ortalama 53 birey/bitki olurken, *O. laevigatus* popülasyonu ise deneme boyunca en düşük ortalama 0.8 birey/bitki, en yüksek ortalama 3 birey/bitki olarak belirlenmiştir.

Çizelge 5. Pestisitlerin sera koşullarında *Orius laevigatus* üzerine yan etkinlikleri (ölüm oranı, %) ve IOBC sınıf değerleri

Table 5. Biological activities (Mortality rate, %) and IOBC class values of pesticides on *Orius laevigatus* under greenhouse conditions

İlaç-Doz	Lokasyon	1.gün	3.gün	7.gün	14.gün	IOBC değeri
%35 Chlorantraniliprole (12 g/100 L su)	Dirgenler	2.1±0.3 Aa*	5.4±2.1 Ba	7.1±1.6 Ba	18.7±4.4 Bb	N
	Kasaba	1.4±0.1 Aa	2.5±1.3 Aa	6.8±3.2 Ba	11.3±3.5 Bb	N
%35 Chlorantraniliprole (6 g/100 L su)	Dirgenler	1.5±0.2 Aa	2.2±0.9 Aa	3.4±1.3 Aa	5.3±1.7 Aa	N
	Kasaba	0.6±0.1 Aa	1.3±0.4 Aa	4.2±2.4 Ab	6.4±2.1 Ab	N
222 g/l Flubendiamide (30 ml/100 L su)	Dirgenler	3.1±0.6 Aa	6.3±2.1 Ba	8.5±1.9 Ba	14.2±5.2 Bb	N
	Kasaba	2.8±0.3 Aa	4.8±2.4 Ba	6.9±2.0 Ba	10.5±3.3 Bb	N
222 g/l Flubendiamide (15 ml/100 L su)	Dirgenler	0.6±0.2 Aa	1.3±0.2 Aa	3.1±1.8 Aa	4.5±1.0 Aa	N
	Kasaba	0.8±0.1 Aa	2.1±0.4 Aa	2.9±0.6 Aa	3.8±1.4 Aa	N

*Büyük harfler sütunlardaki önemi, küçük harfler satırlardaki önemi gösterir (P < 0.05)

Tartışma

Bu çalışmada, *A. gennadii* zararlısına karşı kullanılan chlorantraniliprole ve flubendiamide aktif maddeli pestisitlerin biyolojik etkinliği ve faydalı böcek popülasyonları üzerindeki yan etkileri incelenmiştir. Sonuçlar, her iki pestisit de *A. gennadii* popülasyonlarını önemli ölçüde azalttığını, ancak flubendiamide'in chlorantraniliprole'e kıyasla daha yüksek bir öldürme oranına sahip olduğunu göstermiştir. Bu bulgu, Pathipati et al. (2016) benzer sonuçlar elde ettiği çalışmayı destekler niteliktedir. Pathipati et al. (2016) araştırmasında da, flubendiamide'in lepidopter zararlılara karşı chlorantraniliprole'e kıyasla daha etkin olduğu belirtilmiştir.

Çizelge 6. Pestisitlerin sera koşullarında *Amblyseius swirskii* üzerine biyolojik etkinlikleri (ölüm oranı, %) ve IOBC sınıf değerleri
 Table 6. Biological activities (Mortality rate, %) and IOBC class values of pesticides on *Amblyseius swirskii* under greenhouse conditions

İlaç-Doz	Lokasyon	1.gün	3.gün	7.gün	14.gün	IOBC değeri
%35 Chlorantraniliprole (12 g/100 L su)	Dirgenler	0.8±0.1 Aa*	3.7±0.8 Aa	5.3±1.5 Ab	10.8±3.2 Ab	N
	Kasaba	1.2±0.2 Aa	2.3±0.3 Aa	6.5±1.6 Ab	13.5±2.4 Ab	N
%35 Chlorantraniliprole (6 g/100 L su)	Dirgenler	0.0±0.0 Aa	2.2±0.4 Aa	5.3±1.1 Ab	7.2±1.8 Ab	N
	Kasaba	0.5±0.1 Aa	1.3±0.1 Aa	4.8±1.2 Ab	6.3±1.0 Ab	N
222 g/l Flubendiamide (30 ml/100 L su)	Dirgenler	1.8±0.2 Aa	2.8±0.4 Aa	7.8±2.1 Ab	11.0 ±2.2 Ab	N
	Kasaba	1.6±0.3 Aa	3.1±0.5 Aa	8.1±2.4 Ab	11.7±3.1 Ab	N
222 g/l Flubendiamide (15 ml/100 L su)	Dirgenler	0.4±0.1 Aa	1.2±0.2 Aa	2.9±0.8 Aa	4.3±0.6 Aa	N
	Kasaba	0.9±0.1 Aa	1.5±0.1 Aa	2.6±0.1 Aa	5.8±1.6 Aa	N

*Büyük harfler sütunlardaki önemi, küçük harfler satırlardaki önemi gösterir (P < 0.05)

Chlorantraniliprole ve flubendiamide'in etki mekanizmaları, böceklerin ryanodin reseptörlerini etkileyerek kas fonksiyonlarını bozmaya dayanır. Lahm et al. (2005) çalışmalarında bu kimyasalların, böceklerin kaslardaki kalsiyum salınımını engelleyerek felce ve ölüme yol açtığı gösterilmiştir. Ayrıca, Roditakis et al. (2013), pestisitlerin bu mekanizma aracılığıyla hedef zararlılarda yüksek etkinlik gösterdiğini, ancak direnç gelişiminin uzun vadede bir sorun olabileceğini vurgulamaktadır. Çalışmamızda, chlorantraniliprole ve flubendiamide'in tavsiye edilen dozda kullanıldığında *A. gennadii* popülasyonunu önemli ölçüde azalttığı görülmüştür. Özellikle flubendiamide'in Dirgenler ve Kasaba lokasyonlarında sırasıyla %90.3 ve %88.7 zararlı kontrol oranına ulaşması, bu aktif maddenin zararlılara karşı daha etkili bir çözüm sunduğunu göstermektedir.

Pestisitlerin faydalı böcekler üzerindeki yan etkileri, entegre zararlı yönetimi (IPM) stratejilerinin sürdürülebilirliği açısından kritik bir önem taşır (Eilenberg et al. 2001). Çalışmamızda, chlorantraniliprole ve flubendiamide'in faydalı böcekler üzerindeki yan etkilerinin sınırlı olduğu bulunmuştur. Örneğin, *O. laevigatus* üzerinde yapılan testlerde, flubendiamide'in %14.2, chlorantraniliprole'in ise %18.7

ölüm oranına yol açtığı görülmüştür. Bu bulgular, Desneux et al. (2007) kimyasal pestisitlerin faydalı böcekler üzerindeki toksik etkilerini azaltmaya yönelik çalışmalarını desteklemektedir. Benzer şekilde, *A. swirskii* üzerindeki testlerde de flubendiamide'in yan etkilerinin chlorantraniliprole'e kıyasla daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Faydalı böcekler, tarımsal ekosistemlerde doğal düşman işlevi görererek zararlı popülasyonlarını kontrol eder ve bu nedenle korunmaları önemlidir. Calvo et al. (2015), *A. swirskii* ve *O. laevigatus* gibi predatörlerin, biber yetiştiriciliğinde thrips ve beyaz sinekler gibi zararlılara karşı biyolojik mücadelede kritik rol oynadığını göstermiştir. Çalışmamızda chlorantraniliprole ve flubendiamide'in, bu faydalı böcekler üzerindeki yan etkilerinin düşük olması, kimyasal ve biyolojik mücadelenin IPM stratejileri çerçevesinde bir arada uygulanabileceğine işaret etmektedir. Bu bulgular, Cloyd & Bethke (2011)'nin entegre zararlı yönetiminde pestisitlerin etkin dozajlarda kullanımının faydalı böcekler üzerindeki etkilerini en aza indirmeye yönelik araştırmalarını desteklemektedir.

Tozlayıcı böceklerin korunması, tarımsal üretimde verimlilik açısından büyük önem taşır. Buluş et al. (2021), chlorantraniliprole ve flubendiamide'in *Bombus terrestris* işçi arıları üzerindeki toksik etkilerini düşük bulmuş, bu da çalışmamızdaki bulgularla uyum göstermektedir. *Bombus terrestris*, birçok bitki türü için kritik bir tozlayıcıdır ve tozlayıcıların kimyasal pestisitlerden olumsuz etkilenmemesi, tarımsal sürdürülebilirlik açısından önemlidir. Gill & Garg (2014), pestisitlerin arı popülasyonları üzerindeki etkilerini araştırmış ve düşük toksisiteye sahip pestisitlerin tercih edilmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Bu bağlamda, chlorantraniliprole ve flubendiamide'in düşük toksisitesi, zararlı kontrolü sağlamanın yanı sıra çevresel etkilerin azaltılmasına da katkıda bulunmaktadır. Döker et al. (2015), chlorantraniliprole ve flubendiamide'in *Iphiseius degenerans* (Acari: Phytoseiidae) predatör akarındaki yan etkileri üzerine araştırmaları sonucunda bu iki aktifin Entegre Zararlı Yönetimi programlarına dahil edilebileceğini belirtmişlerdir. Whalen et al. (2016), yürüttükleri çalışmanın sonuçları chlorantraniliprole ve flubendiamide uygulamasından 21 gün sonra toplam Hemipter predatörlerin popülasyonunda, kontrole kıyasla önemli bir fark olmadığını ortaya koymuşlardır. Literatür çalışmaları yürütülen bu çalışmayı desteklemektedir.

Çalışmamızda tam doz ve yarı doz uygulamaları karşılaştırıldığında, her iki pestisit de yarı dozda etkili sonuçlar verdiği, ancak tam doz uygulamalarının daha yüksek biyolojik etkinlik gösterdiği görülmüştür. Bu bulgu, pestisitlerin önerilen dozlarda kullanımının zararlılar üzerindeki hızlı ve etkili kontrolü sağladığını doğrulamaktadır (Roditakis et al. 2013). Bununla birlikte, direnç gelişimi olasılığı, pestisit yönetiminde dikkate alınması gereken önemli bir faktördür. Nauen & Bretschneider (2002), zararlıların chlorantraniliprole ve flubendiamide gibi kimyasallara karşı direnç geliştirme potansiyeline sahip olduğunu ve bu durumun uzun vadede zararlı yönetimini zorlaştırabileceğini belirtmektedir.

Sonuçlar

Sonuç olarak, bu çalışma, chlorantraniliprole ve flubendiamide'in *A. gennadii* zararlısına karşı etkili olduğunu ve bu pestisitlerin faydalı böcekler üzerindeki yan etkilerinin sınırlı olduğunu ortaya koymuştur. Flubendiamide, özellikle zararlılara

karşı daha yüksek etkinlik ve faydalı böcekler üzerinde daha düşük yan etkiler sergilemiştir. Bu bulgular, entegre zararlı yönetimi stratejilerinde bu kimyasalların kullanımının faydalı olabileceğini ve tarımsal sürdürülebilirlik açısından önemli bir seçenek sunduğunu göstermektedir. Ancak, direnç gelişimi ve çevresel etkiler üzerine daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir.

Kaynaklar

- Abbott W.S., 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18: 265-267.
- Alkan B., 1958. Güney Anadolu biberlerinde zarar yapan yeni bir haşere (*Asphondylia capsici* Barnes. Diptera: Cecidomyiidae). *Tomurcuk*, 7(78): 8-9
- Anonim 2024. Sebze Zararlıları Standart İlaç Deneme Metotları. www.tagem.gov.tr. Erişim tarihi: 21 Eylül 2024
- Anonymous 2008. Ziraî Mücadele Teknik Talimatları. Tarım ve Orman Bakanlığı, TAGEM., Cilt 3, Ankara, 181 s.
- Baloğlu G. H., 2015. Örtüaltı biber yetiştiriciliğinde batı çiçek tripsi, *Frankliniella occidentalis* (Pergande)(Thysanoptera: Thripidae)'e karşı predatör akar, *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot)(Acari: Phytoseiidae) ve predatör böcek, *Orius laevigatus* (Fieber)(Hemiptera: Anthocoridae)'un etkinliklerinin ayrı ayrı ve birlikte değerlendirilmesi. Yüksek lisans tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya, 53 s.
- Boller E. F., H. Vogt, P. Ternes & C. Malavolta, 2006. Working document on selectivity of pesticides 2005. Internal newsletter issued by the publication commission for the IOBC/WRPS council and executive committee issue No: 40. (Web page: https://www.iobc-wprs.org/ip_ipm/archive/03021_IOBC_WorkingDocumentPesticides_Explanations.pdf) Erişim tarihi: 21 Eylül 2024
- Buluş İ. Y., A. Uzun, O. Demirözer & A. Gösterit, 2021. Farklı yaşlardaki *Bombus terrestris* L. işçi arılarında Chlorantraniliprole ve Flubendiamide'nin akut toksisitesinin değerlendirilmesi. *Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi*, 3(2): 57-61.
- Calvo F. J., M. Knapp, Y. M. van Houten, H. Hoogerbrugge & J. E. Belda, 2015. *Amblyseius swirskii*: what made this predatory mite such a successful biocontrol agent?. *Experimental and Applied Acarology*, 65(4), 419-433.
- Can E., & M. R. Ulusoy, 2022. Adana ili açık alan biber yetiştiriciliğinde sorun olan arthropoda şubesine bağlı zararlı ve yararlı türlerin saptanması. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 37(1): 79-87.
- Cloyd R. A. & J. A. Bethke, 2011. Impact of neonicotinoid insecticides on natural enemies in greenhouse and interiorscape environments. *Pest management science*, 67(1), 3-9.
- Çevikol E. A. & İ. Karaca, 2021. Örtü altı biber yetiştiriciliğinde *Frankliniella occidentalis*'e karşı *Orius laevigatus*, *Amblyseius swirskii* ve *Neoseiulus cucumeris*'in farklı kombinasyonlarının kullanım olanakları. 8. Uluslararası Katılımlı Bitki Koruma Kongresi 24-28 Ağustos 2021, s.85
- Desneux N., A. Decourtye & J. M. Delpuech, 2007. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annual Review of Entomology*, 52(1): 81-106.
- Döker İ., M. L. Pappas, K. Samaras, A. Triantafyllou, C. Kazak & G. D. Broufas, 2015. Compatibility of reduced-risk insecticides with the non-target predatory mite *Iphiseius degenerans* (Acari: Phytoseiidae). *Pest Management Science*, 71(9): 1267-1273.
- Eilenberg J., A. Hajek & C. Lomer, 2001. Suggestions for unifying the terminology in biological control. *BioControl*, 46: 387-400.
- FAO, 2023. World Production of *Capsicum annum* (peppers). FAO Statistical Database.

- Ghatage K., M. H. Tatagar, G. S. Nagesh & A. Dileepkumar, 2022. Evaluation of different botanicals against flower buds damage by Chilli gall midge (*Asphondylia capsici*). *The Pharma Innovation Journal* 11(7): 3568-3575
- Gill H. K. & H. Garg, 2014. Pesticide: environmental impacts and management strategies. *Pesticides-toxic aspects*, 8(187): 10-5772.
- Henderson C.F. & E. W. Tilton, 1955. Tests with acaricides against the brow wheat mite. *Journal of Applied Entomology*, 48:157-161.
- Karaöz B. 2023. Biber gal sineği *Asphondylia gennadii* (Marchal)(Diptera: Cecidomyiidae)'nin örtü altı yetiştiricilikteki popülasyon dalgalanması ve doğal düşmanlarının belirlenmesi üzerine bir araştırma. Yüksek lisans tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya, 66 s.
- Keçeci M. & M. O. Gürkan, 2013. Biological control of Western flowerthrips, *Frankliniella occidentalis* with *Orius* species in eggplant greenhouses in Turkey. *Turkish Journal of Entomology*, 37 (4): 467-476.
- Keçeci M. & M.O. Gürkan, 2017. Comparison of *Orius niger* with *Orius laevigatus* biological control efficiency to western flower thrips (*Frankliniella occidentalis* Pergande) on sweet pepper in greenhouses. *Acta Horticulture*, 1164: 399-406 <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1164.51>
- Kıray Y., 1965. Biber sineği (*Asphondylia capsici* Barnes) tanınması, zararı ve mücadelesi. T.C. Tarım Bakanlığı, Ziraî Mücadele Enstitüsü Yayınları, No: 23, Kemal Matbaası, Adana, 15 s
- Lahm G. P., T. P. Selby, J. H. Freudenberger, T. M. Stevenson, B. J. Myers, G. Seburyamo, B. K. Smith, L. Flexner, C. E. Clark & D. Cordova, (2005). Insecticidal anthranilic diamides: a new class of potent ryanodine receptor activators. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 15(22): 4898-4906. <https://www.doi.org/10.1016/j.bmcl.2005.08.034>.
- Nauen R., & T. Bretschneider, 2002. New modes of action of insecticides. *Pesticide Outlook*, 13(6), 241-245.
- Orphanides G.M., 1975. Biology of the carob midge complex, *Asphondylia* spp. (Diptera, Cecidomyiidae), in Cyprus. *Bulletin of Entomological Research*, 65: 381-390.
- Pathipati V. L., T. V. K. Singh, S. B. Vemuri, R. V. S. K. Reddy & N. B. Bharathi, 2016. Bioefficacy of certain insecticides against blossom midge, *Asphondylia capsici* Barnes on capsicum under field conditions. *Pest Management in Horticultural Ecosystems*, 22(1), 63-66.
- Rangarajan A. V. & N. R. Mahadevan, 1974. Incidence of gall midge *Asphondylia capsici* Barnes on chilli (*Capsicum annum* L.) in Tamil Nadu. *Indian Journal of Entomology*, 36(1): 66-67.
- Roditakis E., C. Skarmoutsou & M. Staurakaki, 2013. Toxicity of insecticides to populations of tomato borer *Tuta absoluta* (Meyrick) from Greece. *Pest Management Science*, 69(7): 834-840. <https://www.doi.org/10.1002/ps.3442>.
- Sertkaya E., S. Telli & A. Yiğit, 2006. Antakya ve çevresinde Biber galsineği, *Asphondylia capsici* Barnes (Diptera: Cecidomyiidae)'nin zarar durumu ve parazitöitleri. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 30(3): 223-234.
- Skuhrová M., Ş. Bayram, H. Çam, S. Tezcan & P. Can, 2005. Gall midges (Diptera: Cecidomyiidae) of Turkey. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 29(1): 17-34.
- SPSS, 2013. IBM SPSS Statistics for Windows, Versiyon 22.0. Armonk, NY:IBM Corp
- Topakcı M. & M. Keçeci, 2017. Türkiye’de örtüaltında zararlılara karşı biyolojik mücadele uygulamalarının gelişimi: Araştırmadan pratiğe Antalya örneği. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 8(2): 161-174
- TÜİK, 2022. *Türkiye Tarımsal Üretim İstatistikleri*. Türkiye İstatistik Kurumu.

- Whalen R. A., D. A. Herbert, S. Malone, T. P. Kuhar, C. C. Brewster & D. D. Reising, 2016. Effects of diamide insecticides on predators in soybean. *Journal of Economic Entomology*, 109(5): 2014-2019.
- Yaşarakıncı N. & P. Hıncal, 1997. İzmir'de örtüaltında yetiştirilen domates, hıyar, biber ve marulda bulunan zararlı ve yararlı türler ile bunların popülasyon yoğunlukları üzerinde araştırmalar. *Plant Protection Bulletin*, 37(1): 79-89.