



## Akarlarda Feromonlar

Rana AKYAZI<sup>1\*</sup>, Yunus Emre ALTUNÇI<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Ordu, Türkiye.  
\*e-posta: ranaakyazi@odu.edu.tr

Geliş Tarihi: 19.07.2017; Kabul Tarihi: 02.10.2017

**Öz:** Feromon bir birey tarafından vücut dışına salgılanan ve aynı türün diğer üyeleri tarafından algılandığında, özel bir takım reaksiyonların oluşmasına neden olan kimyasal bileşenlerdir. Akarlarda, günümüze kadar dört tip feromonun varlığından bahsedilmiştir. Bunlar alarm, eşey, toplanma ve iz-işaret feromonlarıdır. Genellikle her bir akar türünde tek tip feromonal aktivasyon belirlenmiştir. Ancak birden fazla feromonal etkiye sahip olan akar türleri de bulunmaktadır. Bu durum, ya bir akarın farklı feromonal bileşenler bulundurması ya da tek bileşenin farklı koşullar altında, farklı feromonal aktivasyon göstermesi ile sağlanmaktadır. Böceklerde her bir feromon farklı bir bezden salgılanırken, astigmatid akarlarda üç farklı feromon (toplanma, eşey, alarm), tek bir bezde (opisthonotal bezler) üretilebilmektedir. Akar feromonları içerisinde üzerinde en çok çalışılan ve en iyi bilineni alarm feromonlarıdır. Akar feromonlarına yönelik üzerinde en fazla çalışılan grup ise astigmatid'lerdir. Yirmi astigmatid türde alarm feromonunun var olduğu bilinmektedir. Ayrıca astigmatid akarlardan 20 civarında türde eşey, 7 türde toplanma feromonu tespit edilmiştir. Sınırlı sayıda da olsa, bazı prostigmatid, mesostigmatid ve metastigmatid akar türlerindeki feromonlara yönelik çalışmalar bulunmaktadır. Diğer yandan, feromonların böceklere karşı çeşitli amaçlarla (izleme, kitle yakalama, çiftleşme davranışının bozulması vb.) kullanımından başarılı sonuçlar elde edilmişken, akarlarda böylesi çalışmalar sınırlıdır. İlk kez, *V. destructor*'un eşey feromonu, akarın çiftleşme davranışını bozmak amacı ile kullanılmıştır. Sonuçlar akarların feromonlara dayalı biyoteknik mücadeleleri açısından umut verici olmuştur. Diğer yandan, *Dermatophagoides farinae* (Hughes) ve *D. pteronyssinus* (Trouessart) (Astigmata: Pyroglyphidae)'un toplanma feromonunun (neryl formate), toz akarlarının tuzaklanarak mücadelesinde önemli potansiyele sahip olabileceği de belirtilmiştir. İleriki araştırmalarda özellikle bitki koruma açısından önemli akarlardaki feromonal bileşenler ve feromonların ekonomik önemli türlerin biyoteknik mücadelesindeki potansiyellerinin incelenmesi gerekmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Akar, alarm, biyoteknik mücadele, eşey, iz- işaret, toplanma.

# Pheromones in Mites

**Abstract:** Pheromones are chemical compounds that are secreted to the outside of the body and cause other individuals of the same species to have specific reactions. So far, four types of pheromones have been mentioned in the mites. These are alarm, sex, aggregation and trail-marking pheromones. There is generally a single type of pheromonal activation in each mite species. But, there are also mite species having more than one pheromonal effect. This is achieved either by the presence of different pheromonal compounds in a mite or by the single compound showing different pheromonal activation under different conditions. Whereas insects have a different gland for each pheromone, astigmatic mites can produce three different pheromones (alarm, sex, aggregation) from a single gland (opisthonotal gland). Alarm pheromones are the most studied and well-known in the mite pheromones. Astigmatids is the most studied group of mites on pheromones. To date, alarm pheromones are known from about 20 astigmatid species. Moreover, sex pheromones in about 20 species and aggregation pheromones in 7 species from astigmatic mites have been identified. Although limited, there are some studies about the pheromones in prostigmatid, mesostigmatid ve metastigmatid mite species too. On the other hand, whereas successful results have been obtained from the use of pheromones for various purposes (monitor, mass-trap, disrupt the mating process etc.) against many insect pests, such studies have been limited in mites. For the first time, sexual pheromone of *V. destructor* was used for disrupting the mating behaviour of the *Varroa* mite. The results represented a promising road to the first biotechnical control method based on pheromones in mites. It has also been claimed that the aggregation pheromone (neryl formate) of *Dermatophagoides farinae* (Hughes) and *D. pteronyssinus* (Trouessart) (Astigmata: Pyroglyphidae) has the potential to be used as part of a novel lure-and-kill system for house dust mite control. Future studies can provide detection of pheromones of important mite species for plant protection and their potential for biotechnical control of economically important species.

**Keywords:** Mites, alarm, biotechnical control, sex, trail marking, aggregation.

## Giriş

Arachnida sınıfı, Acari alt sınıfında yer alan akarlar 0.2- 0.5 mm boyutlarında mikroskopik canlılardır (Krantz ve Walter, 2009). Uygun koşullar altında gerek bitkisel üretim gerekse depolama alanlarında yüksek yoğunluklara ulaşarak önemli zararlara neden olabilmektedirler. Onlarla mücadelede ilaçların yaygın ve bilinçsiz kullanımı, insan sağlığı, çevre ve doğal denge üzerinde olumsuz etkiler yaratmakta, zararlılarda direnç sorununu ortaya çıkarmakta ve üründe kalıntı problemlerine neden olmaktadır. Tüm bu olumsuzluklar nedeni ile son yıllarda ilaçlı mücadeleye alternatif yöntemlerin araştırılması ve kullanımı önem kazanmıştır. Biyoteknik mücadele, ilaçlı savaşıma alternatif sunan yöntemlerden biridir. Son derece emniyetli ve kalıntı sorunu oluşturmayan biyoteknik savaş; Gençlik (juvenil) hormon analogları, uzaklaştırıcılar (repellentler), beslenmeyi önleyiciler (antifeedings) ve feromonlar gibi bazı maddeler kullanılarak, zararlıların biyolojik, fizyolojik özellikleri ve davranışlarını etkileyerek yapılan tarımsal mücadele yöntemidir (Hekimoğlu ve Altındağ, 2006). Bu açıdan akardaki feromon yapılarının bilinmesi oldukça önemlidir. Bu kapsamdaki çalışmalar, akarların sosyal yaşantılarının ve bireyler arası iletişim şekillerinin anlaşılması, onları daha yakından tanıyarak mücadelelerinde etken yolların bulunmasında yardımcı olacaktır. Akar feromonları konusunda, üzerinde en fazla çalışma yapılan grup astigmatidlerdir (Kuwahara, 2004; 2010). Diğer yandan Mesostigmata, Metastigmata ve Prostigmata'dan bazı akar türlerindeki

feromonların varlığından bahseden yayınlarda bulunmaktadır (Cone ve ark. 1971a; Hislop ve Prokopy, 1981; Hoy ve Smilanick, 1979; Janssen ve ark. 1999; Le Goff ve ark. 2010; Royalty ve ark. 1992; 1993a; Smith ve Florentino, 2004; Sonenshine, 2006; Ziegelmann ve ark. 2013a; 2014).

Dünyada akar feromonlarına yönelik yapılmış çalışmalar olmasına rağmen, Türkiye’de bu konuda yapılmış detaylı bir araştırma bulunmamaktadır. Sadece Türkuçar ve Toros, (1992) kısaca akarlardaki alarm feromonunun varlığından ve bileşenlerinden bahsetmişlerdir. İlk kez bu derleme ile akar feromonlarına ilişkin günümüze değin yapılan çalışmalar mümkün olduğunca derlenerek sunulacaktır. Çalışma ile amaçlanan, akar feromonlarına yönelik çalışmalar ışığında, akarlardaki feromon tipleri, bileşenleri, etki şekilleri, sentezlenme ve algılanmalarına yönelik bilgiler vermek ve bu konuda bir farkındalık oluşturmaktır.

## **Akarlarda Feromonlar**

### **Akarlarda Feromon Tipleri**

Akarlarda günümüze kadar alarm, toplanma, eşey ve iz- işaret olmak üzere 4 tip feromonun bahsi geçmiştir. Ancak iz- işaret feromonlarına yönelik detaylı çalışmalar bulunmamakta olup, bu konudaki tek bildirim Hislop ve Prokopy, (1981)’e aittir. Akar feromonları içerisinde üzerinde en fazla çalışılan alarm feromonları olmuştur (Schulz ve ark. 2004). Genellikle bir akardan tek tip feromon elde edilmiştir. Fakat iki farklı feromonal aktiviteye sahip olan türlerde vardır. Hatta *Rhizoglyphus setosus* (Manson) (Astigmata: Acaridae) da alarm, eşey ve toplanma olmak üzere 3 farklı feromonal aktivasyon birden tespit edilmiştir. Bu farklı feromonal etkiler ya farklı feromonal bileşenlere sahip olunarak, ya da tek bileşenin farklı etkiler altında, farklı aktiviteler göstermesi ile sağlanmaktadır (Kuwahara, 2010).

### **Alarm Feromonları**

Bazı akar türlerinin, herhangi bir stres veya tehlike anında, diğer bireylerle iletişim kurmak amacıyla alarm feromonu salgıladıkları tespit edilmiştir. Özellikle pek çok astigmatid türde alarm feromonunun varlığı kanıtlanarak, bileşenleri tanımlanmış, aktiviteleri tespit edilmiştir (Çizelge 1).

İlk feromon çalışması Kuwahara ve ark. (1975) tarafından, *Tyrophagus putrescentiae* (Schränk) (Astigmata: Acaridae) üzerinde yapılmıştır. Araştırmacılar, koloni merkezindeki bir veya birkaç akar, fırça yardımı ile rahatsız edildiğinde ya da ezildiğinde, bunların etrafında toplanan akarların hızlıca kaçtıkları ve koloninin birkaç dakika içinde dağıldığını gözlemlemişlerdir. Benzer bir kaçış davranışı da, küçük bir parça filtre kağıdına, akar vücudunun pentan ekstraktı emdirilip, koloninin merkezine bırakıldığında gerçekleşmiştir. Bu bulgular, *T. putrescentiae*’nin, stres veya tehlike altında iken alarm feromonu salgıladığı şeklinde yorumlanmıştır. Araştırmacılar, akar vücudunu ezerek elde ettikleri vücut sıvısından, alarm feromonu bileşeni nerylformat’ı tanımlamışlardır. *T. putrescentiae*’ye ek olarak *Rhizoglyphus robini* (Claparede), *R. setosus* (Manson), *Rhizoglyphus* sp. ‘mori’ (Astigmata: Acaridae), türlerinde neryl format’ın, her tür için sırası ile 10, 100, 100 ve 10-100 ng dozda alarm feromonu aktivitesi açıkça görülmüştür (Kuwahara, 2010).

**Çizelge 1.** Alarm feromonu tespit edilen astigmatid akarlar ve tanımlanan bileşenler\*

Takım	Familiya	Tür	Feromonal Bileşen	Referanslar
Sarcoptiformes	Carpoglyphidae	<i>Carpoglyphus lactis</i> L.	Neral	Kuwahara ve ark. 1980b
	Tyroglyphidae	<i>Glycyphagus domesticus</i> (De Geer)	Neral	Kuwahara ve ark. 1991a
	Histiostomidae	<i>Histiostoma laboratorium</i> (Hughes)	Geranial	Kuwahara ve ark. 1991b
	Winterschmidtidae	<i>Oulenzia</i> sp.	Neral	Shimizu ve ark. 2004
	Suidasiidae	<i>Suidasia medanensis</i> (Oudemans)	Neral	Leal ve ark. 1989a
		<i>Tortonia</i> sp.	Z,Z-6,9-Heptadecadiene	Kuwahara ve ark. 1995
	Acaridae	<i>Histiogaster rotundus</i> (Woodring)	Neryl formate	Hiraoka ve ark. 2003a
		<i>Histiogaster</i> sp. 'A096'	Dehydrogeranial	Hiraoka ve ark. 2003b
		<i>Lardoglyphus konoii</i> (Sasa ve Asanuma)	Neral	Kuwahara ve ark. 1980b
		<i>Rhizoglyphus robini</i> (Claparede)	Neryl formate	Kuwahara ve ark. 1988
		<i>Rhizoglyphus setosus</i> (Manson)	Neral	Baker ve Krantz, 1984
		<i>Rhizoglyphus</i> sp. 'mori'	Neryl formate	Akiyama ve ark. 1997
		<i>Rhizoglyphus</i> sp. 'oki'	Neryl formate	Akiyama ve ark. 1997
		<i>Schwiebea elongata</i> (Banks)	Neral	Kuwahara ve ark. 2001
		<i>Tyroborus lini</i> (Oudemans)	Neryl formate	Tomita ve ark. 2003
		<i>Tyrophagus longior</i> (Gervais)	β-Acaridial	Noguchi ve ark. 1998
	<i>Tyrophagus neiswanderi</i> (J. & B.)	Hydrocarbon mix.	Kuwahara ve ark. 1989a	
	<i>Tyrophagus perniciosus</i> (Zakhvatkin)	2-hydroxy-6-methyl benzaldehyde	Leal ve ark. 1988	
	<i>Tyrophagus putrescentiae</i> (Sch.)	Neryl formate	Kuwahara ve ark. 1975	
	<i>Tyrophagus putrescentiae</i> (Sch.)	Neral	Kuwahara ve ark. 1975	
<i>Tyrophagus similis</i> (Volgin)	S(+)-Isopiperitenone	Kuwahara ve ark. 1987		

\*Kuwahara (2010) temel alınarak hazırlanmıştır.

Ayrıca, *Carpoglyphus lactis* (L.) (Astigmata, Carpo-glyphidae), *Aleuroglyphus ovatus* (Troupeau) (Astigmata: Acaridae), *Lardoglyphus konoi* (Sasa ve Asanuma) (Astigmata: Acaridae) ve *Dermatophagoides farinae* (Hughes) (Astigmata: Pyroglyphidae) türlerinin heksan ekstraktları'nın *T. putrescentiae* üzerinde alarm feromonu aktivitesi gösterdiği belirlenmiştir. İzole edilen bu feromonal bileşen citral olarak tanımlanmıştır (Kuwahara ve ark. 1980a). Kuwahara ve ark. (1980b) ise, *A. ovatus* ve *C. lactis* türlerinde rahatsız edilmenin etkisini incelemiştir. Araştırmacılar, rahatsız edilen akarlardan çevreye yayılan citral miktarının, edilmeyenlerden 10-50 kat daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca, *T. putrescentiae*, *A. ovatus*, *L. konoi*, *C. lactis* ve *D. farinae* türlerinin, neryl formata olan hassasiyetlerini azalan sıra ile *L. konoi* > *T. putrescentiae* > *C. lactis* > *A. ovatus* > *D. farinae* olarak, citral'e karşı hassasiyetlerini ise *L. konoi* > *C. lactis* ≈ *T. putrescentiae* > *A. ovatus* ≈ *D. farinae* şeklinde belirlemiştir (Çizelge 2).

Ayrıca, bu beş akar türünün hemolimf ve ham ekstraktları elde edilmiş ve aynı akarlar üzerindeki alarm feromonu etkisi ölçülmüştür. Bu amaçla her filtre kağıdı için yaklaşık 100 akardan elde edilen hemolif ekstaktı kullanılmışken, ham heksan ekstraktının her 2 ml'si, 1 gr akardan elde edilmiştir. Sonuçlar alarm feromonlarına karşı hassasiyetlerin azalan sıra ile; *L. konoi* > *C. lactis* > *T. putrescentiae* > *A. ovatus* > *D. farinae* şeklinde olduğunu göstermiştir (Kuwahara ve ark. 1980b) (Çizelge 3).

Özellikle sosyal böceklerde, alarm feromonları, diğer feromonlar arasında türe spesifikliğı en az olan feromonlardır. Bu nedenle taksonomik ilişkili birçok türde aynı aktif bileşinlerin paylaşıldığı iyi bilinmektedir. Çizelge 2-3'de verilen bilgiler, aynı durumun akarlar için geçerliliğini, akar alarm feromonlarının sadece tür içi değil türler arası etkide gösterebildiklerini ortaya koymaktadır (Franz ve ark. 2001, Kuwahara ve ark. 1980b).

**Çizelge 2.** Neryl format ve citral bileşenlerinin, farklı konsantrasyonlarda, bazı akarid akarlar üzerindeki alarm feromonu aktiviteleri (Kuwahara ve ark. 1980b).

Bileşen	Konsantrasyonu (ppm)	TP	AO	LK	CL	DF
Neryl Format	10.000	-	-	-	-	+
	1.000	+	+	‡	+	-
	100	+	-	+	±	-
	10	-	-	+	-	-
	1	-	-	+	-	-
Citral	1,000	+	+	‡	+	+
	100	±	-	‡	±	-
	10	-	-	+	-	-
	1	-	-	+	-	-
	0	-	-	±	-	-

‡ : Tam repellent etki, + : Neredeyse tam repellent etki, ± : Kısmen repellent etki, - : Repellent etki yok, TP: *T. putrescentiae*, AO: *Aleuroglyphus ovatus*, LK: *Lardoglyphus konoi*, CL: *Carpoglyphus lactis*, DF: *Dermatophagoides farinae*

**Çizelge 3.** Bazı astigmatid akarlardan elde edilen hemolimf (Hm) ve hekzan (Hk) ekstraktlarının alarm feromonu aktiviteleri (Kuwahara ve ark. 1980b).

Ekstraktı kullanılan tür	Feromon aktivitesi izlenen akar türü									
	TP		AO		LK		CL		DF	
	Hm	Hk	Hm	Hk	Hm	Hk	Hm	Hk	Hm	Hk
TP	+	(+)	-*	-	‡		±		-	-
AO	-*	(-)	-*	(-)	‡		+	(±)	-	-
LK	-*	(-*)	-*	(-)	‡	(‡)	-*	(-*)	-	-
CL	-*	(±)	-*	(±)	‡		‡	(+)	-	-
DF	-*		-*		‡		+		-	-

(-) : herhangi bir repellent etki ya da toplanma görülmemiştir, -\* : filtre kağıtlarına doğru toplanma eğilimi ve repellent etki, ‡ : Tam repellent etki, + : Neredeyse tam repellent etki, ± : Kısmen repellent etki, - : Repellent etki yok, TP: *Tyrophagus putrescentiae*, AO: *Aleuroglyphus ovatus*, LK: *Lardoglyphus konoii*, CL: *Carpoglyphus lactis*, DF: *Dermatophagoides farinae*

Ayrıca, bazı alarm feromonu bileşenlerinin antifungal etkileri de belirlenmiştir. *A. ovatus* akarı ve *Aspergillus fumigatus* (Fresenius) (Eurotiomycetes: Trichocomaceae) fungusu ile yapılan bir çalışmada, yoğun akar bulaşık besi ortamında, *A. fumigatus*'un gelişemediği gözlenmiştir. Akar olmayan ortamlarda ise fungal gelişim devam etmiştir. Ayrıca 10 gram *C. lactis* akarı ezilerek, 10 ml su ile karıştırılıp, agar (Sabouraud) ortasına bulaştırıldığında, bulaşık bölgede *A. fumigatus* gelişimi inhibe olmuştur. Citral'in hekzan ekstraktı ile yapılan, alarm feromonu-antifungal etki çalışmasında ise, filtre kağıdına citral (0.04 ml) emdirilip deney ortamına bırakılmış ve kağıttan buharlaşan citral'in anti-fungal etkisi ölçülmüştür. Sonuçlar 50 mg/ml citral ile fungal gelişimin ilk iki gün, 100 mg/ml citral ile 6 gün tam olarak inhibe edildiğini göstermiştir (Matsumoto ve ark. 1979).

Astigmatid akarlar dışında ergin *Tetranychus urticae* (Koch) (Prostigmata: Tetranychidae)'nin, predatör akar *Phytoseiulus persimilis* A.-H. (Mesostigmata: Phytoseiidae)'in varlığında, bazı uçucu bileşenler ürettiği tespit edilmiştir (Janssen ve ark. 1997). Janssen ve ark. (1999) bunların muhtemelen diğer akarları uyarmak için alarm feromonu aktivitesi gösteren bileşenler olduklarını ifade etmişlerdir. Araştırmacılar, *T. urticae*'nin, diğer predatörleri ile karşılaştıklarında da, aynı bileşeni üretebilme ihtimallerinden de bahsetmişlerdir. Ancak söz konusu feromonal bileşenin tanımlanması ve aktivitesinin tam olarak tespitine yönelik herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

## Eşey Feromonları

Akarların kur yapma-çiftleşme davranışlarında eşey feromonları önemli bir yere sahiptir. Erkek eşey feromonu, dişileri cezp etmek ve yakalamak, dişi eşey feromonları da, erkekleri cezp edip, çiftleşmeye uyarmak amacıyla salınmaktadır (Franz ve ark. 2001). Akarlarda çoğunlukla dişi eşey feromonu tespit edilmiştir. Ancak, Levinson ve ark. (1989), *Acarus siro* (Linnaeus) (Astigmata: Acaridae), Sato ve ark. (1993) ise, *Acarus immobilis* (Griffiths) (Astigmata: Acaridae)'in her iki eşeyinde de eşey feromonunun varlığını rapor etmişlerdir. *Schwiebea* sp. 'chiba' da ise Neryl formate'ın, erkek eşey feromonu aktivitesi gözlenmiştir (Kuwahara, 2010).

Eşey feromonu rosefuran, *Caloglyphus* sp. (Astigmata: Acaridae)' de, dişi ve erkek bireylerin yanısıra nimf dönemlerinde de tespit edilmiştir. Feromon konsantrasyonlarının dişi birey başına  $87 \pm 14.2$  ng ve erkek birey başına  $10.4 \pm 2.5$  ng olduğu hesaplanmıştır. Eşeyler arasındaki miktar farklılıklarının, erkeklerin dişileri ayırt etmelerinde yardımcı olabileceği ifade edilmiştir (Mori ve ark. 1998).

Diğer türlerden *T. putrescentiae* ve *Caloglyphus polyphyllae* (Zakhvatkin) (Astigmata: Acaridae)'den elde edilen  $\beta$ -acaridial (Leal ve ark. 1989b, 1989c, Maruno ve ark. 2006) bileşeni eşey feromonu olarak tanımlanmıştır.  $\alpha$ -Acaridial, S-(+)- isorobinal, ve  $\gamma$ -acaridial ise, sırasıyla *R. robini*, *R. setosus* ve *Rhizoglyphus* sp. 'mori' türleri için eşey feromonu olarak rapor edilmişlerdir (Kuwahara, 2010). Mori ve Kuwahara, (1995) ise, *Caloglyphus* sp.'de (2R,3R)-epoxyneral ((2R,3R)-Epoxy-3,7-dimethyl-6-octenal) bileşenini eşey feromonu olarak tanımlamışlardır.

Astigmatid akarlardan 61 türde eşey feromonlarına yönelik çalışmalar sonucunda, 20 civarında türün eşey feromonuna sahip olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4). Hatta birçok feromon bileşeni izole edilerek, etkin olan dozları biyo-deneylemler ile belirlenmiştir.

**Çizelge 4.** Eşey feromonu tespit edilen astigmatid akarlar ve tanımlanan bileşenler\*

Takım	Familya	Tür	Feromonal Bileşen	Feromonal Aktivite	Referanslar
Sarcoptiformes	Acaridae	<i>Acarus immobilis</i> (Griffiths)	2-Hydroxy-6-methylbenzal-dehyde	Dişi eşey	Sato ve ark. 1993
		<i>Acarus siro</i> (Linnaeus)	-	Erkek eşey Dişi eşey Erkek eşey	Levinson ve ark. 1989
		<i>Aleuroglyphus ovatus</i> (Troupeau)	2-Hydroxy-6-methylbenzal-dehyde	Dişi eşey	Kuwahara ve ark. 1992
		<i>Caloglyphus polyphyllae</i> (Zakh.)	$\beta$ -Acaridial	Dişi eşey	Leal ve ark. 1989c
		<i>Caloglyphus rodriguezii</i> (Samsinak)	Undecane	Dişi eşey	Mori ve ark. 1995
		<i>Caloglyphus</i> sp. 'MJ'	(2R,3R)-epoxyneral	Dişi eşey	Mori ve ark. 1996
		<i>Caloglyphus</i> sp. 'HP'	Rosefuran	Dişi eşey	Mori ve ark. 1998
		<i>Caloglyphus</i> sp. 'sasagawa'	Rosefuran	Dişi eşey	Unpubl.
		<i>Cosmoglyphus hughesii</i> (Samsinak)	2-Hydroxy-6-methylbenzal-dehyde	Dişi eşey	Ryono ve ark. 2001
		<i>Histiogaster</i> sp.	Neral	Dişi eşey	Hiraoka ve ark. 2002
		<i>Rhizoglyphus robini</i> (Claparède)	$\alpha$ -Acaridial	Dişi eşey	Mizoguchi ve ark. 2003
		<i>Rhizoglyphus setosus</i> (Manson)	S-(+)-Isorobinal	Dişi eşey	Mizoguchi ve ark. 2005
		<i>Rhizoglyphus</i> sp. 'mori'	$\gamma$ -acaridial	Dişi eşey	Murakami ve ark. 2006
		<i>Schwiebea similis</i> (Manson)	$\alpha$ -Acaridial	Dişi eşey	Nishimura ve ark. 2004
		<i>Schwiebea</i> sp. 'chiba'	Neryl formate	Erkek eşey	Unpublished
		<i>Tyrophagus putrescentiae</i> (Sch.)	$\beta$ -Acaridial	Dişi eşey Alarm <sup>1/2</sup>	Maruno ve ark. 2006 <sup>1/2</sup> Kuwahara ve ark. 1987
<i>Tyrophagus similis</i> (Volgin)	S(+)-Isopiperitenone	Dişi eşey*	*Maruno ve ark. 2012		
<i>Tyrophagus perniciosus</i> (Zach.)	2-Hydroxy-6-methylbenzal-dehyde	Dişi eşey*	<sup>1/2</sup> Leal ve ark. 1988 *Unpublished		
Pyroglyphididae		<i>Dermatophagoides farinae</i> (H.)	2-Hydroxy-6-methylbenzal-dehyde	Dişi eşey	Tatami ve ark. 2001
		<i>Dermatophagoides pteronyssinus</i> (Trouessart)	Z-8-Heptadecene	Dişi eşey	Steidle ve ark. 2014

\*Kuwahara (2010) temel alınarak, sonraki yıllarda yapılan araştırmalar eklenerek hazırlanmıştır.

Ancak bazı türler için alarm feromu olarak tanımlanmış bileşenler, akarın bulunduğu çevre koşulları, yaşam alanı ve bileşenlerin dozlarındaki değişimlere bağlı olarak, farklı etkiler gösterebilmektedir. Bu durum bazı akarlarda bulunan tek bir aktif feromonal bileşenin farklı koşullarda birden fazla fonksiyon göstermesi ile sonuçlanmıştır. Örneğin, S-(+)-Isopiperitenone, *Tyrophagus similis* (Volgin) (Astigmata: Acaridae)’den izole edilmiş ve minimum 100 ng dozda alarm feromonu olarak tanımlanmıştır (Kuwahara ve ark. 1987). Ancak Maruno ve ark. (2012) S-(+)-Isopiperitenone bileşeninin, aynı türde, maksimum 10 ng doz eşğine kadar eşey feromonu etkisi gösterdiğini bulmuşlardır. Benzer şekilde 2.6-HMB ise, *T. perniciosus*’dan elde edilmiş ve 100 ng dozda, alarm feromonu aktivasyonu göstermiştir (Leal ve ark. 1988). Ancak aynı bileşenin, 10 ng dozda eşey feromonu aktivitesi de tespit edilmiştir (Kuwahara, 2010). Rahatsız edilen akarların, bu bileşenden yüksek miktarda salgıladıkları ve her iki tür için alarm feromonu etkisi oluşturduğu gözlenmiştir. Halbuki aynı bileşen, bireylerin rahatsız edilmediği koşullarda, eşey feromonu aktivitesi sergilemiştir (Kuwahara, 2010; Maruno ve ark. 2012) (Çizelge 5).

**Çizelge 5.** Eşey feromonlarına yönelik üzerinde çalışmalar yapılan diğer akar türleri

Takım	Familya	Tür	Referans
Trombidiformes	Arrenuridae	<i>Arrenurus manubriator</i> (Marshall)	Smith ve Florentino, 2004
		<i>A. megalurus</i> (Marshall)	Smith ve Florentino, 2004
		<i>A. major</i> (Marshall)	Smith ve Florentino, 2004
		<i>A.marshallae</i> (Piersig)	Smith ve Florentino, 2004
		<i>A.birgei</i> (Marshall)	Smith ve Florentino, 2004
		<i>A. apetirolatus</i> (Piersig)	Smith ve Florentino, 2004
		<i>A. americanus</i> (Marshall)	Smith ve Florentino, 2004
		<i>A. n. sp. near reflexus</i>	Smith ve Florentino, 2004
		<i>A. pseudosuperior</i> (Cook)	Smith ve Florentino, 2004
		<i>A. rufopyriformis</i> (Habeeb)	Smith ve Florentino, 2004
	Tetranychidae	<i>Tetranychus urticae</i> (Koch)	Cone ve ark. 1971a; b; Royalty ve ark. 1992; 1993a; b
Ixodida	Ixodidae	<i>Dermacentor variabilis</i> (Say)	Sonenshine ve ark. 1985, Borges ve ark. 2002, Sonenshine, 2004
Mesostigmata	Phytoseiidae	<i>Neoseiulus (=Amblyseius) fallacis</i> (Garman)	Rock ve ark. 1976
		<i>Metaseiulus occidentalis</i> (Nesbitt)	Hoy ve Smilanick 1979
	Varroidae	<i>Varroa destructor</i> (Anderson and Trueman)	Ziegelmann ve ark. 2013a; b

Alarm feromonlarında olduğu gibi bazı eşey feromonu bileşenlerinde de antifungal etkiler tespit edilmiştir. Eşey feromu bileşenlerinden  $\alpha$ -acaridial ve  $\beta$ -acaridial’in fungus türlerinden *Penicillium vermiculatum*, *Aspergillus niger*, *Fusarium oxysporum*, *Alternaria alternata*’ya karşı, antifungal etkileri kanıtlanmıştır (Kuwahara ve ark. 1989b).

Astigmatid akarlar dışında, bazı prostigmatid ve mesostigmatid türlerde ki eşey feromonlarından bahseden çalışmalar da mevcuttur (Çizelge 5). Örneğin *T. urticae*’nin vücut ekstraktları elde edilerek feromonal aktiviteleri incelenmiştir. Araştırmalar socunda erkek bireylerin durgun dişi deutonomimler tarafından eşey feromonu ile cezp edildiği ve akabinde erkeğin, ergin çıkışına kadar dişiyi beklediği belirlenmiştir (Cone ve ark. 1971a,



b, Royalty ve ark. 1992, 1993a, b). Ancak *T. urticae* de bu feromonal aktivasyonu ortaya koyan bileşene ilişkin detaylı bilgiye ulaşılamamıştır.

Hydrachnid (Prostigmata) akarlardan ise, bazı *Arrenurus* türlerinde eşey feromonunun varlığı kanıtlanmıştır (Çizelge 5). Feromonların dişi bireyler tarafından salındığı ve erkek bireyleri cezp ettiği belirlenmiştir. Feromonların tür içi etkileri gözlemlendiği gibi türler arası etkileri de incelenmiştir (Smith ve Florentino, 2004).

Phytoseiid akarlar da eşey feromonlarının ilk tespiti Rock ve ark. (1976) tarafından yapılmıştır. Araştırmacılar deneyler sonucunda erkek *Neoseiulus fallacis* (Garman) (Mesostigmata: Phytoseiidae) bireylerinin, dişi akarların ether ekstraktlarına maruz kaldıklarında bazı davranışsal değişiklikler gösterdiklerini ifade etmişlerdir. Bu tepkilerin eşey feromonu etkisi ile olabileceği belirtilmiştir. Ardından, Hoy ve Smilanick (1979), *Metaseiulus occidentalis* (Nesbitt) (Mesostigmata: Phytoseiidae) dişi deutonimfinin, erkek bireyi cezbeden kontak eşey feromu ürettiğini ifade etmişlerdir. Dişi deutonimfinin, erkek tarafından korunmayı sağlamak ve ergin olur olmaz kısa sürede çiftleşmek amacıyla bu davranışı sergiledikleri belirtilmiştir.

Diğer bir mesostigmatid akar *Varroa destructor* (Veerson ve Trueman) (Mesostigmata: Varroidae) da ise eşey feromonlarının ilk tespiti Ziegelmann ve ark. (2013a) tarafından yapılmıştır. Dişi bireylerin erkekleri cezp etmede kullandığı feromonal bileşenler ise palmitik asit, stearik asit, oleik asit, ethyl palmitate, ethyl stearate, ethyl oleate yağ asitleri olarak verilmiştir (Ziegelmann ve ark. 2013b). Dahası Ziegelmann ve ark. (2014), ilk kez akar mücadelesinde biyoteknik savaşımın etkinliğini araştırmışlardır. Çalışmada, *V. destructor* eşey feromonu bileşenleri, erkek bireylerin çiftleşme başarısını bozmak ve popülasyon gelişimini engellemek amacı ile kullanılmıştır. Denemeler kontrollü koşullar yanı sıra, ilk kez doğal bal arısı kolonisinde yürütülmüştür. Erkek *V. destructor* bireylerinin çiftleşme ritüelleri tam anlamıyla engellenemese de feromonal uygulamanın çiftleşmeyi geciktirerek akarın üreme başarısını azaltığı tespit edilmiştir. Ayrıca dişi bireylerde spermatoza sayısının azaldığı, hatta %20'inde sıfırlandığı gözlenmiştir.

Ayrıca Khalil, (1984) *Argas (P.) arboreus* (Ixodida: Argasidae) tarafından, popülasyon yoğunluğu çok yükseldiğinde, doğurganlığı düşüren bir feromonal bileşenin salındığını belirtmiştir (Sonenshine, 2006).

## Toplanma Feromonları

Akarlarda toplanma feromonları, feromonu algılayan bireylerde toplanma-birleşme davranışı meydana getirir. Astigmatid akarlardaki toplanma feromonlarının varlığına dair ilk ipuçları, My-Yen ve ark. (1980) tarafından tespit edilmiştir. Araştırmacılar, astigmatid akarlarda kaçma ve ardından korunaklı alanlarda toplanma davranışı gözlemlenmişlerdir. Bu durum akarlarda toplanma feromonunun var olabileceği ihtimalini ortaya koymuştur. Ardından *L. kanoi* de toplanma feromonunun bulunduğu tespit edilmiştir. Hatta, türden elde edilen hemolimf ve ham ekstraktlarının, *C. lactis*, *A. ovatus* ve *T. putrescentiae* türleri üzerinde de toplanmayı cezp ettiği belirlenmiştir (Çizelge 6). Kuwahara ve ark. (1982) ise, *L. kanoi*'nin toplanma feromonu bileşeninin lardolure olduğunu ortaya koymuşlardır.

**Çizelge 6.** Türlerle özgül toplanma feromonu aktiviteleri (My Yen ve ark. 1980).

Ekstrakte edilen akar	Ekstrakta tabii tutulan akar				
	TP	CL	AO	LK	DF
TP	-	-	-	-	-
CL	-	-	-	-	-
AO	-	-	-	-	-
LK	+	+	+	+	-
DF	-	-	-	-	-

TP: *Tyrophagus putrescentiae*, AO: *Aleuroglyphus ovatus*, LK: *Lardoglyphus konoi*, CL: *Carpoglyphus lactis*, DF: *Dermatophagoides farinae*, +: feromon etkisi var, -: feromon etkisi yok

Böceklerde toplanma feromonu olarak tanımlan guaninin, *A. siro* tarafından da salgılandığı ve toplanma feromonu etkisine sahip olduğu belirlenmiştir (Levinson ve ark. 1991). Ayrıca *Chortoglyphus arcuatus* (Astigmata: Chortoglyphidae), (4R,6R,8R)-4,6,8-trimethyldecan-2-one (4R,6R,8R-8)'ni majör bileşen olarak salgılamakta ve her iki eşeyde toplanma feromonu işlevi görmektedir (Schulz ve ark. 2004). Skelton ve ark. (2010), sentetik nerly format'ın *D. farinae* ve *D. pteronyssinus*'un her iki eşeyini sırası ile 10 ng ve 100 ng dozda önemli derecede cezp ettiğini tespit etmişlerdir. Araştırmacılar, akarların yetiştirme ortamlarında, kolonileşmelerin bulunduğu bölgelerden, nerly format bileşenini elde etmiş ve bileşenin toplanma feromonu etkisini ortaya koymuşlardır. Ayrıca feromonun, toz akarlarının tuzaklanarak öldürülmesi şeklinde, biyoteknik mücadele yöntemi olarak önemli bir potansiyele sahip olduğunu da belirtmişlerdir.

Alarm feromonlarında olduğu gibi tek bir eşey feromonu, farklı koşullar altında farklı feromonal aktivite gösterebilmektedir. Daha öncede bahsedildiği gibi,  $\beta$ -acaridial *C. polyphyllae*'nin eşey feromonu olarak tanımlanmıştır (Leal ve ark. 1989c). Ancak,  $\beta$ -acaridial'ın, akarlar için uygun koşullar sağladığında eşey feromonu (Leal ve ark. 1989c), uygusuz ortamlarda ise toplanma feromonu etkisi gösterdiği belirlenmiştir (Shimizu ve ark. 2001). Bu kayıt bir feromonal bileşenin, akarın karşılaştığı koşullara bağlı olarak iki farklı fonksiyon gösterebileceğinin ilk bulgusudur (Shimizu ve ark. 2001). *R. setosus* türü için ise, nerly formate hem alarm feromonu (Akiyama ve ark. 1997), hem de toplanma feromonu aktivitesi oluşturmaktadır (Kuwahara, 2010). *Schwiebea elongata* (Banks) (Astigmata: Acaridae) türünde, neral bileşeninin, 30 ng dozda alarm feromonu (Kuwahara ve ark. 2001), 1-3 ng doz aralığında ise, toplanma feromonu etkisi belirlenmiştir (Nishimura ve ark. 2002; Kuwahara, 2010).

Sonuç olarak diğer feromonlarda olduğu gibi toplanma feromonlarına yönelik üzerinde en fazla çalışma yapılan grup astigmatid akarlar olmuş ve farklı türlerde feromonların varlığı ve bileşenleri tespit edilmiştir (Çizelge 7).

**Çizelge 7.** Toplanma feromonu tespit edilen astigmatid akarlar ve tanımlanan bileşenler\*

Takım	Familya	Tür	Feromonal Bileşen	Feromonal Aktivite	Referanslar
Sarcoptiformes	Pyroglyphididae	<i>Dermatophagoides farinae</i> (Hughes)	Neryl formate	Toplanma	Skelton ve ark. 2010
		<i>Dermatophagoides pteronyssinus</i> (Trouessart)	Geranial* Pentadecane <sup>h</sup> Neryl propionate <sup>h</sup> Neryl formate <sup>f</sup>	Toplanma	*Unpublished, <sup>h</sup> Steidle ve ark. 2014 <sup>f</sup> Skelton ve ark. 2010
	Acaridae	<i>Caloglyphus</i> sp. 'sasagawa'	β-Phenylethanol	Toplanma	Kuwahara, 1990
		<i>Lardoglyphus konoi</i> (Sasa and Asanuma)	R,R,R,R-Lardolure	Toplanma	Kuwahara ve ark. 1982 My-Yen ve ark.1980 Mori ve Kuwahara 1986a;b
		<i>Caloglyphus polyphyllae</i> (Zakhvatkin)	β-Acaridial	Dişi eşey <sup>y</sup> Toplanma*	<sup>y</sup> Leal ve ark. 1989c *Shimizu ve ark. 2001
		<i>Rhizoglyphus setosus</i> (Manson)	Neryl formate	Alarm <sup>y</sup> Toplanma*	<sup>y</sup> Akiyama ve ark. 1997 *Unpublished
		<i>Schwiebea elongata</i> (Banks)	Neral	Alarm <sup>y</sup> Toplanma*	*Nishimura ve ark. 2002 <sup>y</sup> Kuwahara ve ark. 2001

\*Kuwahara (2010)' dan, sonraki yıllarda yapılan araştırmalar eklenerek hazırlanmıştır.

Astigmatid akarlar dışında, *T. urticae*'de topluluklarının oluşturulmasında, aynı türden bireylerin tanınması ve popülasyonun büyüklüğünün tahmini için feromonlar veya dokusal algılardan yararlanıldığı ifade edilmiştir (Le Goff ve ark. 2010). Ancak söz konusu feromonlara yönelik detaylı herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Ixodida takımından ise dört farklı türde toplanma feromonunu ve bileşenleri tespit edilmiştir (Çizelge 8).

**Çizelge 8.** Ixodida takımından toplanma aktivitesi gösteren feromonal bileşenlerin tespit edildiği türler (Sonenshine, (2006)'dan uyarlanmıştır).

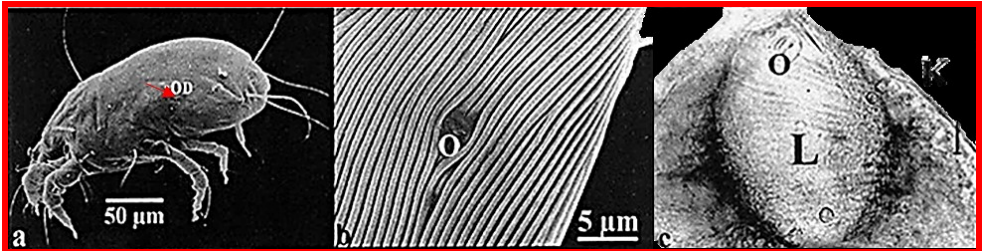
Takım	Familya	Tür	Tanımlanan Bileşenler	Referans
Ixodida	Argasidae	<i>Argas persicus</i> (Latereille)	Guanine, xanthine, hematin, ammonia	Neitz ve Göthe, 1984 Grenacher ve ark. 2001 Sosenshinne ve ark. 2003
		<i>Ornithodoros</i> spp.	Guanine, xanthine, hematin, ammonia	Neitz ve Göthe, 1984 Grenacher ve ark. 2001 Sosenshinne ve ark. 2003
	Ixodidae	<i>Ixodes scapularis</i> (Say)	Guanine, xanthine, hematin, ammonia	Neitz ve Göthe, 1984 Grenacher ve ark. 2001 Sosenshinne ve ark. 2003
		<i>Amblyomma variegatum</i> (Fabricius)	<i>o</i> -nitrophenol, methyl salicylate	Maranga ve ark. 2003 Norval ve ark. 1991

## İz İşaret Feromonu

İz- İşaret feromonu, bir birey tarafından bırakılan, diğer bireyler tarafından hissedilerek davranışsal cevaplar oluşturan kimyasal madde izleridir (Ersoy, 2015). Akarlardaki iz-işaret feromonlarına yönelik detaylı çalışmalar bulunmamaktadır. Sadece Hislop ve Prokopy, (1981), *A. fallacis* ve *Phytoseiulus macropilis* (Banks) (Mesostigmata: Phytoseiidae)'in avları *T. urticae*'yi aradıkları yerlere iz işaret feromonu bıraktıkları, bu şekilde avlarını daha kısa sürede buldukları fikrini öne sürmüşlerdir. Bu amaçla öncelikle *T. urticae* tarafından ağ örülmüş disklerle denemenin başlamasından 30-40 dakika önce *A. fallacis* ve *P. macropilis* bireyleri konularak diskte dolaşmalarına izin verilmiştir. Ardından bu türler disklerden uzaklaştırılarak, aynı türden başka bireyler bu disklere salınmışlardır. *A. fallacis* ve *P. macropilis*'in, daha önce predatör konulmuş disklerde ağ arama süreleri sırasıyla, 55.3 ve 107.2 sn olarak bulunmuş iken, bu süre kontrol grubunda 496.1 ve 492.3 sn olarak belirlenmiştir. Aynı deney *P. macropilis* metanol ekstraktları ile de yapılmıştır. *P. macropilis* dişi bireyinin, yalnızca metanol ile muamele edilen kontrol grubu disklerde ağları arama süresi 129 sn, akar vücudunun metanol ekstraktı ile muamele edilen disklerde ise 98 sn olarak gözlemlenmiştir. Tüm bu bulgular araştırmacılar tarafından *A. fallacis* ve *P. macropilis* türlerinin konukçu arama davranışı boyunca iz işaret feromonu salgıladıkları şeklinde yorumlanmıştır. Hislop ve Prokopy (1981), bu tespitin predatör akarlar için ilk olduğunu belirtmişlerdir. Ancak bu çalışmanın ardından akar iz işaret feromonlarına yönelik başka bir araştırmaya rastlanılmamıştır.

## Akarlarda Feromonların Salgılandığı Yerler

Böcekler sahip oldukları her bir feromon için farklı bezlere sahipken, astigmatid akarlarda üç farklı feromon (toplanma, eşey, alarm) aynı bezde üretilerek salınmaktadır (Kuwahara, 2010). Bugüne kadar yapılan çalışmalar, astigmatid akarlarda feromonların opisthotal bezlerden salgılandığını göstermiştir (Şekil 1). Bu bezler dorso-lateral opisthosomada (Kuwahara 2004), 12. ve 13. çift lateral setalar arasında konumlanmış, oldukça büyük deri bezleridir. Renksiz, sarı, kahverengi ya da kırmızı renkli sıvılar içerirler. Bu bez kanalları, hilal şekilli açıklık ve açıklığı kapatmaya yarayan bir kütikular kapak ihtiva ederler. Her bez, tek bir hücre ve kütikula ile çevirili bir lumen içermektedir (Franz ve ark. 2001).



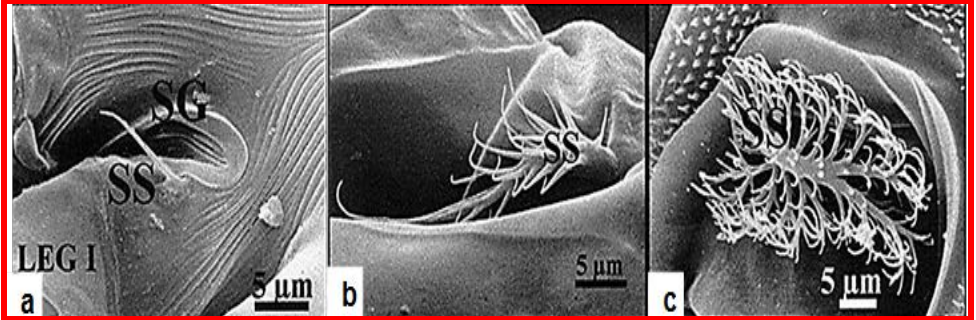
**Şekil 1.** *Dermatophagoides pteronyssinus* dişi bireyinde opisthosomatik bez yüzey açıklığı (OD) (a); opisthosomatik bez açıklığının (O) yakın görüntüsü (b); *D. farinae*' nin opisthosomatik bezinin ışık mikroskobu görüntüsü (c) (K:kütikula, L:lümen, O: bez açıklığı) (ölçek = 10 µm) (Franz ve ark. 2001).

## Akarlarda Feromonların Algılandığı Yerler

Akarlarda feromonların algılandığı yerleri tespit etmek üzere astigmatid akarlar üzerinde çalışmalar yürütülmüştür. Bu çalışmalarda algılama ile ilgili ismi geçen yapılardan biri external scapular setalardır. Bu setalar, astigmatid akarlarda propodosomanın lateral anteriorunda vertikal external setanın arkasında yer almaktadır (Colloff, 2009). Leal ve ark. (1989c), *C. polyphyllae*' nin eşey feromonu  $\beta$ -acaridial'in, external scapular setalardan algılandığını öne sürmüştür. Bu amaçla, araştırmacılar eşeysel aktiflikteki erkek bireylerin external scapular setalarını mikrocerrahi yöntemle farklı oranlarda uzaklaştırmışlardır. Ardından, türün,  $\beta$ -acaridial eşey feromonu bileşeni, filtre kağıdına emdirilerek, akarın bu feromona tepkisi test edilmiştir. Setaları kısmen kesilen bireyler 100 ppm gibi yüksek feromon konsantrasyonunda ancak cezp edilebilmişlerdir. Setası tamamen uzaklaştırılan bireyler ise 1000 ppm konsantrasyona dahi tepki verememişlerdir. Kontrol grubu normal erkek bireyler ise, setası tamamen kesilmiş bireylerden 5 dakika sonra deney alanına taşınmış ve kısa bir süre içerisinde tüm bireylerin filtre kağıdı tarafından cezp edildiği gözlenmiştir.

Aynı şekilde Leal ve Mochizuki, (1990) *R. robini*' nin alarm feromon bileşiği neryl format ile yaptıkları deneyde, external scapular setası uzaklaştırılmayan bireylerde, 1 ppm'lik feromon konsantrasyonunda kaçma davranışı gözlemişlerdir. Ancak, setası tamamen uzaklaştırılmış bireyler 1000 ppm kadar yüksek dozda dahi, herhangi bir tepki gösterememişlerdir.

Diğer yandan Franz ve ark. (2001), external scapular setaların gerçek kıllar olduğunu ve kimyasal reseptörler olarak işlev göremeyeceklerini belirtmişlerdir. Akar beyninin, birinci çift bacakların üzerinde, singangliyon nodları olarak uzadığını ve akar vücudunda bu bölgede bulunan tek reseptör benzeri yapının, supracoxal setalar (Şekil 2) olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar birinci çift bacakların trochanter'inin üst kısmına konulan bu setaların, kimyasal reseptör olarak tanımlanabileceklerini ve ancak bu setaların feromon reseptörü olabileceğini öne sürmüşlerdir.



Şekil 2. *D. pteronyssinus*' un taramalı elektron mikroskop görüntüsü; SS: Supracoxal seta, SG: Supracoxal bez (a); *Acarus farris* (Astigmata: Acaridae)' in supracoxal setası (SS) (b); *Glycyphagus domesticus* (Astigmata: Glyciphagidae)' un supracoxal setası (c) (Franz ve ark. 2001).

Feromonların algılanmasında bir diğer görüş de Haubermann ve ark. (2015)'na aittir. Araştırmacılar *V. destructor* erkek bireylerinin, dişi eşey feromonlarını, birinci çift

bacaklarının tarsuslarının uç kısmında bulunan duyu organı (sensory pit organ) ile algıladığını öne sürmüşlerdir. Bu duyu organı, birinci çift bacağın tarsusunun ucunda yer alan, dokuz iç (S1-S9) ve dokuz dış (R1-R9) sensillaya sahip olan bir yapıdadır (Dillier ve ark. 2006; Ramm ve Böckeler, 1989; Rosenkranz ve ark. 2010).

Haubermann ve ark. (2015) *V. destructor* erkek bireylerinin 1 çift bacaklarında bulunan duyu organını oje ile kaplamışlardır. Tarsus ucundaki sensör organları ojelenen erkeklerde, çiftleşme davranışlarının bozulduğu gözlemlenmiştir. Bu durum araştırmacılar tarafından *V. destructor* erkek bireylerinde dişi eşey feromonunun algılandığı vücut kısmının, birinci çift bacaklarda tarsusun ucunda bulunan duyu organı olduğu şeklinde yorumlanmıştır.

## Tartışma ve Öneriler

Akar feromonlarına ilişkin çalışmalar, yaklaşık 42 yıl öncesine dayanmaktadır. Bu süreçte daha çok astigmatid akarlardaki feromonlar tespit edilerek, feromonal bileşenler tanımlanmıştır. Ancak, *T. urticae* ve *V. destructor* ile bazı phytoseiid, hyrachnid ve kene türlerinde ki feromonlara yönelik çalışmalar da mevcuttur (Cone ve ark. 1971a; Hislop ve Prokopy, 1981; Hoy ve Smilanick, 1979; Janssen ve ark. 1999; Le Goff ve ark. 2010; Royalty ve ark. 1992; 1993a; Smith ve Florentino, 2004; Sonenshine, 2006; Ziegelmann ve ark. 2013a; 2014).

Bugüne değin akarlarda alarm, eşey, toplanma ve iz işaret feromonu olmak üzere, dört tip feromonun bahsi geçmiştir. Alarm feromonları, akarlarda ilk tespit edilen (Kuwahara ve ark. 1975) ve üzerinde en fazla çalışılan (Schulz ve ark. 2004) feromonlar olmuştur. Astigmatid akarlardan 20 civarında türde alarm feromonunun varlığı kanıtlanmıştır (Kuwahara, 2010). Astigmatidler dışında *T. urticae* erginlerinin predatörleri ile karşılaştıklarında uçucu bileşenler ürettiği (Janssen ve ark. 1997), bu bileşenlerin alarm feromou etkisi gösterebileceği ifade edilmiştir (Janssen ve ark. 1999).

Ayrıca, 20 civarında astigmatid türde (Kuwahara 2010, Maruno ve ark. 2012, Steidle ve ark. 2014), bazı *Arrenurus* türlerinde, *T. urticae* (Cone ve ark. 1971a, b, Royalty ve ark. 1992, 1993a, b), *N. fallacis* (Rock ve ark. 1976), *M. occidentalis* (Hoy ve Smilanick 1979), *V. destructor* (Ziegelmann ve ark. 2013a, 2013b) ve *D. variabilis* (Sonenshine ve ark. 1985, Borges ve ark. 2002, Sonenshine, 2004) de eşey feromonlarına yönelik çalışmalar yapılmıştır. Akarlarda çoğunlukla dişi eşey feromonu bulunsada, *A. siro* (Levinson ve ark. 1989), *A. immobilis* (Sato ve ark. 1993) ve *Schwiebea* sp. 'chiba' (Kuwahara, 2010) da erkek eşey feromonu aktivitesi gözlenmiştir. Eşey feromonu ergin bireylerin yanısıra, *T. urticae* (Cone ve ark. 1971a, b, Royalty ve ark. 1992, 1993a, b), *M. occidentalis* (Hoy ve Smilanick 1979) ve *Caloglyphus* sp. (Mori ve ark. 1998)' de nimf dönemlerinde de tespit edilmiştir.

Akarlarda toplanma feromonlarından ilk bahseden araştırmacılar ise, My-Yen ve ark. (1980) olmuştur. O günden buyana yaklaşık 7 astigmatid (Kuwahara, 2010, Skelton ve ark. 2010, Steidle ve ark. 2014), 4 ixodid türde (Sonenshine 2006) toplanma feromonunun varlığından bahsedilmiştir.

İz- işaret feromonlarına sahip olduğu iddia edilen akarlar ise *A. fallacis* ve *P. macropilis* (Hislop ve Prokopy, 1981) olmuştur.

Ayrıca, akarlarda alarm (Franz ve ark. 2001, Kuwahara ve ark. 1980b), eşey (Smith ve Florentino, 2004) ve toplanma (My Yen ve ark. 1980) feromonlarının sadece tür içi değil türler arası etkide gösterebildikleri ifade edilmiştir.

Böcekler sahip oldukları her bir feromon için farklı bezlere sahipken, astigmatid akarlarda üç farklı feromon (toplanma, eşey, alarm) tek bir bezden (opisthonotal bezler) salınmaktadır (Kuwahara, 2010). Salınan feromonlar, bir kısım araştırmacılara göre external scapular setalar (Leal ve ark. 1989c, Leal ve Mochizuki 1990, Colloff, 2009), bir kısmına göre supracoxal setalar (Franz ve ark. 2001) ile algılanmaktadır. Haubermann ve ark. (2015) ise, *V. destructor* dişi eşey feromonunun, erkeğin birinci çift bacağındaki tarsal duyu organı ile algılandığını öne sürmüşlerdir.

Bugüne kadar yapılan çalışmalar, tespit edilen feromonların, akar mücadelesinde kimyasal yöntemlere alternatif sunmada önemli potansiyele sahip olabileceğini işaret etmektedir. Feromon temelli kitle halinde yakalama, uzaklaştırma ve çiftleşmeyi engelleme gibi metotların, akar mücadelesine uyarlanabileceği düşünülmektedir. Nitekim, Ziegelmann ve ark. (2014), *V. destructor* eşey feromonunu kullanarak akarın üreme başarısını etkileyebilmiştir. Skelton ve ark. (2010) ise, sentetik nerly format (toplanma feromonu bieleşeni)'in, toz akarlarının tuzaklanarak öldürülmesindeki potansiyelinden bahsetmişlerdir. Derlenen çalışmalar, bitki koruma açısından önemli akar türlerine yönelik feromonal çalışmaların eksikliğini ortaya koyar niteliktedir. Bu nedenle, ileriki çalışmalarda özellikle bu grup akarlardaki feromona yönelik detaylı çalışmaların yapılması gerekmektedir. Ayrıca feromonların ekonomik önemli akarların mücadelesindeki potansiyelleri de araştırılmalıdır.

## Teşekkür

Çalışmada faydalanılan bazı kaynak ve resimlerin kullanım izin ve teminindeki katkılarından dolayı Prof. Dr. Stefan Schulz (Institute of Organic Chemistry, Germany)'a teşekkür ederiz. Ayrıca, çalışmayı değerlendirmek için harcadıkları zaman ve eserin geliştirilmesi yönünde yapmış oldukları değerli tavsiyelerinden dolayı sayın hakemlere teşekkürü borç biliriz.

## Kaynaklar

- Akiyama, M., T. Sakata, N. Mori, T. Kato, H. Amano and Y. Kuwahara. 1997. Chemical Ecology of Astigmatid Mites. XLVI. Neryl formate, The Alarm Pheromone of *Rhizoglyphus setosus* Manson (Acarina: Acaridae) and The Common Pheromone Component Among Four *Rhizoglyphus mites*. Applied Entomology and Zoology, 32. 75-79.
- Baker, G.T. and G.W. Krantz. 1984. Alarm Pheromone Production of the Bulb Mite, *Rhizoglyphus robini* Claparède, and Its Possible Use As A Control Adjuvant in Lily Bulb. Acarology. 6(2).686-692.
- Borges, L., A.E. Eiras, P.H. Ferri and A.C.C. Lobo. 2002. The role of 2,6-dichlorophenol as sex pheromone of the tropical horse tick *Anocentor nitens* (Acari: Ixodidae). Exp. Appl. Acarol. 27.223-30.
- Colloff, M.J. 2009. Dust mites. Dordrecht: CSIRO Publishing and Springer Science, 583 p.

- Cone, W.W., LL.M. McDonough, J.C. Maitlen and S. Burdajewicz. 1971a. Pheromone Studies of the Twospotted Spider Mite. 1. Evidence of a Sex Pheromone. *Journal of Economic Entomology*. 64(2). 355-358.
- Cone, W.W., S. Predki and E.C. Klostermeyer. 1971b. Pheromone Studies of the Twospotted Spider Mite. 2. Behavioral Response of Males to Quiescent Deutonymphs. *Journal of Economic Entomology*. 64(2). 379-382.
- Dillier, F.X., P. Fluri, and A. Imdorf. 2006. Review of the Orientation Behavior in the Bee Parasitic Mite *Varroa destructor*: Sensory Equipment and Cell Invasion Behavior. *Rev. Suisse. Zool.* 133 (4). 857–877.
- Ersoy, İ. 2015. Böceklerde Davranış Değiştiren Kimyasallar. <http://www.plantdergisi.com /ya zi-ismail-ersoy-114.html>
- Franz, J.T., S. Shulz, J. Fuhlendorff, G. Masuch, K.C. Bergmann and H. Müsken. 2001. Language of astigmatic mites - pheromones – a possible mite avoidance measure?. XXth Congress of the European Academy of Allergology and Clinical Immunology POSTER EAACI 2001: 56-68. 09-13. 05. 2001, Berlin, Germany.
- Grenacher, S., T. Kröber, P. M. Guerin and M. Vlimant. 2001. Behavioral and Chemo-Receptor Cell Responses of the Tick, *Ixodes ricinus*, to Its Own Faeces and Faecal Constituents. *Experimental and Applied Acarology*. 25. 641-660.
- Haubermann, C.K., B. Ziegelmann, P. Bergmann and P. Rosenkranz. 2015. Male Mites (*Varroa destructor*) Perceive The Female Sex Pheromone With The Sensory Pit Organ on the Front Leg Tarsi. *Apidologie*, Springer Verlag. 46 (6). 771-778.
- Hekimoğlu, B. ve M. Altındeğer. 2006. Organik tarım ve bitki koruma açısından organik tarımda kullanılacak yöntemler. ss: 200, T.C. Samsun Valiliği Gıda Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü.
- Hiraoka, H., N. Mori, K. Okabe, R. Nishida and Y. Kuwahara. 2002. Chemical Ecology of Astigmatid Mites LXVII. Neral [Z-3,7-dimethyl-2,6-octadienal]: the Female Sex Pheromone Of An Acarid Mite, *Histiogaster* sp. (Acari: Acaridae). *Journal of the Acarological Society of Japan*. 11. 17-26.
- Hiraoka, H., N. Mori, K. Okabe, R. Nishida and Y. Kuwahara. 2003a. Chemical Ecology of Astigmatid Mites. LXIX. Neryl formate [3,7-Dimethyl-(Z)-2,6-octadienyl formate] as the Alarm Pheromone Of Acarid Mite *Histiogaster rotundus* Woodring (Acari: Acaridae). *Applied Entomology and Zoology*. 38. 379-385.
- Hiraoka, H., K. Noge, N. Mori, K. Okabe, K. Tagami, R. Nishida and Y. Kuwahara. 2003b. Chemical Ecology of Astigmatid Mites. LXXIV. 4(E)-Dehydrogeranial [(2E,4E)-3,7-dimethyl- 2,4,6-octatrienal] as the Alarm Pheromone Of Acarid Mite *Histiogaster* sp. A096 (Acari: Acaridae). *Japanese Journal of Environmental Entomology and Zoology*. 14. 233-240.
- Hislop, R.G. and R.J. Prokopy. 1981. Mite Predator Responses to Prey and Predator-Emitted Stimuli. *Journal of Chemical Ecology*. 7(5). 895-904
- Hoy, M.A. and J.M. Smilanick. 1979. A sex Pheromone Produced by Immature and Adult Females of the Predatory Mite, *Metaseiulus occidentalis*, Acarina: Phytoseiidae. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 26. 291–300.
- Janssen, A., J. Bruin, G. Jacobs, R. Schraag and M.W. Sabelis. 1997. Predators Use Odours to Avoid Prey Patches With Conspecifics. *Journal of Animal Ecology*. 66. 223–232.
- Janssen, A., A. Pallini, M. Venzon and M.W. Sabelis. 1999. Absence of Odour-Mediated Avoidance Of Heterospecific Competitors by The Predatory Mite *Phytoseiulus persimilis*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 92. 73–82.



- Khalil, G. 1984. Fecundity-reducing pheromone in Argas (Parsicargas) arboreus (Ixodoidea: Argasidae). Parasitologia. 88.395–402.
- Krantz, G.W. and D.E. Walter. 2009. A Manual of Acarology. 3rd ed. Lubbock (TX), Texas Tech University Press, 816 pp.
- Kuwahara, Y. 1990. Pheromone Studies on Astigmatid Mites – Alarm, Aggregation and Sex. In Dusbabek F., Bukva V., (eds). Modern Acarology pp. 43-52. Academia, Prague, Czech Republic, and SPB Academic Publishing, The Hague, The Netherlands.
- Kuwahara, Y. 2004. Chemical Ecology in Astigmatid Mites. In: Cardé R.T., Millar J.G. (eds). Advances in Insect Chemical Ecology Cambridge University Press, pp.76- 109, Cambridge, UK.
- Kuwahara, Y. 2010. How astigmatic mites control the emission of two or even three types of pheromones from the same gland. Proceedings of the 12th International Congress, Trends in Acarology. 241-247.
- Kuwahara, Y., S. Ishii and H. Fukami. 1975. Neryl formate: Alarm Pheromone of the Cheese Mite, *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank) (Acarina, Acaridae). Experientia. 31. 1115-1116.
- Kuwahara, Y., H. Fukami, S. Ishii, K. Matsumoto and Y. Wada. 1980a. Pheromone Study on Acarid Mites III Citral: Isolation and Identification From Four Species of Acarid Mites, and Its Possible Role. Japanese Journal of Sanitary Zoology. 31(1). 49-52.
- Kuwahara, Y., K. Matsumoto and Y. Wada. 1980b. Pheromone Study on Acarid Mite IV. Citral: Composition and Function as an Alarm Pheromone and Its Secretory Gland in Four Species of Acarid Mites. Japanese Journal of Sanitary Zoology. 31. 73-80.
- Kuwahara, Y., L.T. My-Yen, Y. Tominaga, K. Matsumoto and Y. Wada. 1982. 1,3,5,7-Tetramethyldecyl Formate, Lardolure: Aggregation Pheromone of the Acarid Mite, *Lardoglyphus konoi* (Sasa et Asanuma) (Acarina: Acaridae). Agr Biol Chem. 46. 2283-2291.
- Kuwahara, Y., K. Akimoto, W.S. Leal, H. Nakao and T. Suzuki. 1987. Isopiperitenone: a New Alarm Pheromone of the Acarid Mite, *Tyrophagus similis* (Acarina, Acaridae). Agr Biol Chem. 51. 3441-3442.
- Kuwahara, Y., C. Shibata, K. Akimoto, M. Kuwahara and T. Suzuki. 1988. Pheromone Study on Acarid Mites. XIII. Identification of Neryl Formate as an alarm Pheromone from the Bulb Mite, *Rhizoglyphus robini* (Acarina: Acaridae). Applied Entomology and Zoology. 23. 76–80.
- Kuwahara, Y., W. S. Leal, Y. Nakono, Y. Kaneko, H. Nakao and T. Suzuki. 1989a. Pheromone Study on Astigmatid Mites XXIII. Identification of the Alarm Pheromone on the Acarid Mite, *Tyrophagus neiswveeri* and Species Specificities of Alarm Pheromones Among Four Species of the Same Genus. Applied Entomology and Zoology. 24. 424–429.
- Kuwahara, Y., W.S. Leal and T. Suzuki. 1989b. Antifungal Activity of *Caloglyphus polyphyllae* Sex Pheromone and Other Mite Exudates XXIV [1]. Naturwissenschaften 76. 578- 579.
- Kuwahara, Y., T. Koshii, M. Okamoto, K. Matsumoto and T. Suzuki. 1991a. Chemical Ecology on Astigmatid Mites. XXX. Neral as the Alarm Pheromone of *Glycyphagus domesticus* (De Geer) (Acarina: Glyciphagidae). Japanese Journal of Sanitary Zoology.42.29–32.
- Kuwahara, Y., T. Sato and T. Suzuki. 1991b. Chemical Ecology on Astigmatid Mites. XXXI. Geranial as the Alarm Pheromone of *Histiostoma laboratorium* Hughes (Astigmata: Histiostomidae). Applied Entomology and Zoology. 26. 501–504.
- Kuwahara, Y., M. Sato, T. Koshii and T. Suzuki. 1992. Chemical Ecology of Astigmatid Mites XXXII. 2-Hydroxy-6-methyl-benzaldehyde, the Sex Pheromone of the Brown-Legged

- Grain Mite, *Aleuroglyphus ovatus* (Troupeau) (Acarina: Acaridae). Applied Entomology and Zoology. 27. 253-260.
- Kuwahara, Y., M. Ohshima, M. Sato, K. Kurosa, S. Matsuyama and T. Suzuki. 1995. Chemical Ecology of Astigmatid Mites XL. Identification of the Alarm Pheromone and New C17 Hydrocarbons from a *Tortonia* sp., a Pest Attacking the Nest of *Osmia cornifrones*. Applied Entomology and Zoology. 30. 177–184.
- Kuwahara, Y., T. Ibi, Y. Nakatani, A. Ryouno, N. Mori, T. Sakata, K. Okabe, K. Tagami and K. Kurosa. 2001. Chemical Ecology of Astigmatid Mites. LXI. Neral, the Alarm Pheromone of *Schwiebia elongata* (Acari: Acaridae). Journal of the Acarological Society of Japan. 10. 19-25.
- Le Goff, G.J., A.C. Maillieux, C. Detrain, J.L. Deneubourg, G. Clotuche and T. Hamce. 2010. Group Effect on Fertility, Survival and Silk Production in the Web Spinner *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) During Colony Foundation. Behaviour. 147. 1169-1184.
- Leal, W.S., Y. Nakano, Y. Kuwahara, H. Nakao and T. Suzuki. 1988. Pheromone Study on Acarid Mites. XVII. Identification of 2-hydroxy-6-methyl-benzaldehyde as the Alarm Pheromone of the Acarid Mite, *Tyrophagus perniciosus* (Acarina: Acaridae), and its Distribution Among Related Mites. Applied Entomology and Zoology. 23. 422-427.
- Leal, W.S., Kuwahara Y., Suzuki T. and Kurosa K. 1989a. The Alarm Pheromone of the Mite *Suidasia medanensis* Oudemans, 1924 (Acariformes, Suidasiidae). Agricultural and Biological Chemistry, 53, 2703–2709.
- Leal, W.S., Y. Kuwahara and T. Suzuki 1989b. 2(E)- (4-Methyl-3-pentenylidene)-butanedial,  $\beta$ -Acaridial: A New Type of Monoterpene from the Mold Mite *Tyrophagus putrescentiae* (Acarina, Acaridae). Agricultural and Biological Chemistry. 53(3). 875-878.
- Leal, W.S., Y. Kuwahara, T. Suzuki and K. Kurosa. 1989c.  $\beta$ -Acaridial, the Sex Pheromone of the Acarid Mite *Caloglyphus polyphyllae*. Pheromone Study of Acarid Mites, XXI. Naturwissenschaften. 76. 332-333.
- Leal, W.S. and F. Mochizuki. 1990. Chemoreception in Astigmatid Mites. Naturwissenschaften. 77. 593- 594.
- Levinson, A.R., H.Z. Levinson and U. Oelker. 1989. Two Sex Pheromones Mediate Courtship and Mating in the Flour Mite. Naturwissenschaften. 76. 176-177.
- Levinson, H.Z., A.R. Levinson and K. Mueller. 1991. Functional Adaptation of Two Nitrogenous Waste Products in Evoking Attraction and Aggregation of Flour Mites (*Acarus siro* L.). Anz Schädlingskunde Pflanzenschutz Umweltschutz, 64, 55-60.
- Maranga, R., A. Hassanali, G.P. Kaaya and J.M. Mueke. 2003. Attraction of *Amblyomma variegatum* (ticks) to the Attraction-Aggregation-Attachment Pheromone with or without Carbon Dioxide. Experimental and Applied Acarology. 29. 121—30.
- Maruno, G., N. Mori, R. Nishida and Y. Kuwahara. 2006. Chemical Ecology of Astigmatid Mites. LXXXII.  $\beta$ -Acaridial as a Female Sex Pheromone of the Mold Mite *Tyrophagus putrescentiae* (Acari: Acaridae). Japanese Journal of Environmental Entomology and Zoology. 16. 167-173.
- Maruno, G., N. Mori and Y. Kuwahara. 2012. Chemical Ecology of Astigmatid Mites LXXXVII. S-(+)-Isopiperitenone: Re-identification of the Alarm Pheromone as the Female Sex Pheromone in *Tyrophagus similis* (Acari: Acaridae). Journal of Chemical Ecology. 38. 36-41 Doi 10.1007/s10886-012-0059-0.
- Matsumoto, K., Y. Wada and M. Okamoto. 1979. The Alarm Pheromone of Grain Mites and Its Antifungal Effect, Recent Advances in Acarology. 1. 243-249.

- Mizoguchi, A., N. Mori, R. Nishida and Y. Kuwahara. 2003.  $\alpha$ -Acaridial a Female Sex Pheromone from an Alarm Pheromone Emitting Mite *Rhizoglyphus robini*. *Journal of Chemical Ecology*. 29(7). 1681-1690.
- Mizoguchi, A., K. Murakami, N. Shimizu, N. Mori, R. Nishida and Y. Kuwahara. 2005. S-Isorobinal as the Female Sex Pheromone from an Alarm Pheromone Emitting Mite *Rhizoglyphus setosus*. *Experimental and Applied Acarology*. 36. 107-117.
- Mori, K. and S. Kuwahara. 1986a. Synthesis of Both the Enantiomers of Lardolure, the Aggregation Pheromone of the Acarid Mite, *Lardoglyphus konoi*. *Tetrahedron*. 42. 5539-5544.
- Mori, K. and S. Kuwahara. 1986b. Stereochemistry of Lardolure, the Aggregation Pheromone of the Acarid Mite, *Lardoglyphus konoi*. *Tetrahedron*. 42. 5545-5550.
- Mori, N. and Y. Kuwahara. 1995. Synthesis of (2r,3r)-Epoxyneral, a Sex Pheromone of the Acarid Mite, *Caloglyphus* sp. (Astigmata: Acaridae). *Tetrahedron Letters*. 36(9). 1477-1478.
- Mori, N., Y. Kuwahara, K. Kurosa, R. Nishida and T. Fukushima. 1995. Chemical Ecology of Astigmatid Mites. XLI. n-Undecane: the Sex Pheromone of the Acarid Mite *Caloglyphus rodriguezii* Samsinak (Acarina: Acaridae). *Applied Entomology and Zoology*. 30. 415-423.
- Mori, N., Y. Kuwahara and K. Kurosa. 1996. Chemical Ecology of Astigmatid Mites. XLV. (2R,3R)-Epoxyneral: Sex Pheromone of the Acarid Mite *Caloglyphus* sp. (Acarina: Acaridae). *Bioorganic & Medicinal Chemistry*. 4. 289-295.
- Mori, N., Y. Kuwahara and K. Kurosa. 1998. Rosefuran: the Sex Pheromone of the Acarid Mite *Caloglyphus* sp. *Journal of Chemical Ecology*. 24. 1771-1779.
- Murakami, K., K. Noge, N. Mori and Y. Kuwahara. 2006. Chemical Ecology of Astigmatid Mites. LXXX.  $\gamma$ -Acaridial (3-hydroxy-benzene-1,2- dicarbaldehyde) as a Female Sex Pheromone from an Alarm Pheromone- Emitting Unidentified *Rhizoglyphus mite* (Acari: Acaridae). *Japanese Journal of Environmental Entomology and Zoology*. 17. 99-105.
- My-Yen, L.T., Y. Wada, K. Matsumoto and Y. Kuwahara. 1980. Pheromone Study on Acarid mites. VI. Demonstration and Isolation of an Aggregation Pheromone in *Lardoglyphus konoi* Sasa et Asanuma. *Japanese Journal of Sanitary Zoology*. 31. 249-254.
- Neitz, A.W.H. and R. Göthe. 1984. Investigations Into the Volatility of Females Pheromones and the Aggregation Inducing Property of Guanine in *Argas (Persiargus) walkerae*. *Onderstepoort Journal of Veterinary Research*. 51. 197-201.
- Nishimura, K., N. Shimizu, N. Mori and Y. Kuwahara. 2002. Chemical Ecology of Astigmatid Mites. LXIV. The Alarm Pheromone Neral Functions as an Attractant in *Schwiebea elongata* (Banks) (Acari: Acaridae). *Applied Entomology and Zoology*. 37. 13-18.
- Nishimura, K., N. Mori, K. Okabe and Y. Kuwahara. 2004. Chemical Ecology of Astigmatid Mites. LXXVI. Identification of  $\alpha$ -Acaridial as the Female Sex Pheromone of *Schwiebea similis* (Acari: Acaridae). *Japanese Journal of Environmental Entomology and Zoology*. 15. 107-117.
- Noguchi, S., N. Mori, K. Kurosa and Y. Kuwahara. 1998. Chemical Ecology of Astigmatid Mites XLIX.  $\beta$ -Acaridial (2(E)-(4-methyl-3-pentenylidene)-butanedial), the Alarm Pheromone of *Tyrophagus longior* Gervais (Acarina: Acaridae). *Applied Entomology and Zoology*. 33.53-57.
- Norval, R.A.I., T. Peter, C.E. Yunker, D.E. Sonenshine and M.J. Burrdige. 1991. Responses of the Ticks, *Amblyomma hebraeum* and *A. variegatum* to Known or Potential Components of the Aggregation-Attachment Pheromone. 2. Attachment Stimulation. *Experimental and Applied Acarology*. 13. 19-26.

- Ramm, D. and W. Böckeler. 1989. Ultrastrukturelle Darstellungen der Sensillen in der Vordertarsengrube von *Varroa jacobsoni* (Acari). Zool. JB. Anat. 119. 221–236.
- Rock, G.C., R.J. Monroe and D.R. Yeragan. 1976. Demonstration of a Sex Pheromone in the Predaceous Mite *Neoseiulus fallacis*. Environmental Entomology. 5. 164-166.
- Rosenkranz, P., P. Aumeier and B. Ziegelmann. 2010. Biology and Control of *Varroa destructor*. Journal of Invertebrate Pathology. 103. 96–119.
- Royalty, R.N., P.L. Phelan and F.R. Hall. 1992. Arrestment of Male Twospotted Spider Mite Caused by Female Sex Pheromon. Journal of Chemical Ecology. 18(2). 137-153.
- Royalty, R.N., P.L. Phelan and F.R. Hall. 1993a. Quantitative and Temporal Analysis of Effects Of Twospotted Spider Mite (Acari: Tetranychidae) Female Sex Pheromone On Male Guarding Behavior. Journal of Chemical Ecology. 19(2). 211-223.
- Royalty, R.N., P.L. Phelan and F.R. Hall. 1993b. Comparative Effects of Form, Colour, and Pheromone of Twospotted Spider Mite Quiescent Deutonymphs on Male Guarding Behaviour. Physiofological Entomology. 18. 303-316.
- Ryono, A., N. Mori, K. Okabe and Y. Kuwahara. 2001. Chemical Ecology of Astigmatid Mites. LVIII. 2-Hydroxy-6-methylbenzaldehyde: Sex Pheromone of *Cosmoglyphus hughesi* (Acari: Acaridae). Applied Entomology and Zoology. 36. 77-81.
- Sato, M., Y. Kuwahara, S. Matsuyama and T. Suzuki. 1993. Male and Female Sex Pheromones Produced by *Acarus immobilis* Griffiths (Acaridae: Acarina). Chemical Ecology of Astigmatid Mites XXXIV. Naturwissenschaften. 80: 34-36.
- Schulz, S., J. Fuhlendorff, J.L.M. Steidle, J. Collatz and J.T. Franz. 2004. Identification and Biosynthesis of an Aggregation Pheromone of the Storage Mite *Chortoglyphus arcuatus*, ChemBioChem. 5. 1500 – 1507. doi: 10.1002/cbic.200400110.
- Shimizu, N., N. Mori and Y. Kuwahara. 2001. Aggregation Pheromone Activity of the Female Sex Pheromone,  $\beta$ -acaridial, in *Caloglyphus polyphyllae* (Acari: Acaridae). Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry. 65. 1724-1728.
- Shimizu, N., N. Mori, R. Nishida and Y. Kuwahara. 2004. Chemical Ecology of Astigmatid Mites. LXXIII. Neral as the Alarm Pheromone of the Acarid Mite, *Oulenzia* sp. (Astigmata: Winterschmitiidae). Journal of the Acarological Society of Japan. 13. 57-64.
- Skelton, A.C., M.M. Cameron, J.A. Pickee and M.A. Birketi. 2010. Identification of Neryl Formate as the Airborne Aggregation Pheromone for the American House Dust Mite and the European House Dust Mite (Acari: Epidermoptidae). Journal of Medical Entomology. 47(5). 798-804. doi: 10.1603/ME09295.
- Smith, B.P. and J. Florentino. 2004. Communication via Sex Pheromones Within and Among *Arrenurus* spp. Mites (Acari: Hydrachnida; Arrenuridae). Experimental and Applied Acarology. 34. 113–125.
- Steidle, L.M.J., E. Barcari, M. Hradecky, S. Trefz, T. Tolasch, C. Gantert and S. Schulz. 2014. Pheromonal Communication in the European House Dust Mite, *Dermatophagoides pteronyssinus*. Insects. 5. 639-650. doi:10.3390/insects5030639.
- Sonenshine, D.E., D. Taylor and G. Corrigan. 1985. Studies to Evaluate the Effectiveness of Sex Pheromone-Impregnated Formulations for Control of Populations of the American Dog Tick, *Dermacentor variabilis* (Say) (Acari: Ixodidae). Experimental and Applied Acarology. 1. 23-34.
- Sonenshine, D.E., T. Adams, S.A. Allan, J. McLaughlin and F.X. Webster. 2003. Chemical Composition of Some Components of the Arrestment Pheromone of the Black-Legged Tick,

- Ixodes scapularis* (Acari: Ixodidae) and Their Use in Tick Control. *Journal of Medical Entomology*. 40(6).849–859. doi: 10.1603/0022-2585-40.6.849.
- Sonenshine, D.E. 2004. Pheromones and Other Semiochemicals of Tick and Their Use in Tick Control. *Parasitology*, 129, 405–425. doi: 10.1017/S003118200400486X.
- Sonenshine, D.E. 2006. Tick Pheromones and Their Use in Tick Control. *Annual Review of Entomology*. 51. 557-580.
- Tatami, K., N. Mori, R. Nishida and Y. Kuwahara. 2001. 2-Hydroxy-6- methylbenzaldehyde: the Female Sex Pheromone of the House Dust Mite *Dermatophagoides farinae* (Astigmata: Pyroglyphidae). *Japanese Journal of Sanitary Zoology*. 52. 269-277.
- Tomita, A., N. Shimizu, N. Mori, R. Nishida, H. Nakao and Y. Kuwahara. 2003. Chemical Ecology of Astigmatid Mites. LXXI. Neryl formate (Z)-3,7-dimethyl-2,6-octadienyl Formate as the Alarm Pheromone of *Tyroborus lini* Oudemans 1924, and its Recovery After Forced Discharge. *Journal of the Acarological Society of Japan*. 12. 11-19.
- Türkuçar, A.S. and S. Toros. 1992. Böceklerde and Akarlarda Alarm Feromonları, *Türkiye Entomoloji Dergisi-Turkish Journal of Entomology*. 16(2). 115-128. Glossary of Acarine Terms.
- Walter, D.E., 2005. Glossary of Acarine Terms. [http://itp.lucidcentral.org/id/mites/invasive\\_mite/Invasive\\_Mite\\_Identification/key/0\\_Glossary/Mite\\_Glossary.htm](http://itp.lucidcentral.org/id/mites/invasive_mite/Invasive_Mite_Identification/key/0_Glossary/Mite_Glossary.htm)
- Ziegelmann, B., A. Lindenmayer, J. Steidle and P. Rosenkranz. 2013a. The Mating Behavior of *Varroa destructor* is Triggered by a Female Sex Pheromone. *Apidologie*, Springer Verlag. 44(3). 314-323.
- Ziegelmann, B., T. Tolasch, J. Steidle and P. Rosenkranz. 2013b. The Mating Behavior of *Varroa destructor* is Triggered by a Female Sex Pheromone. Part 2: Identification and Dose-Dependent Effects of Components of the *Varroa* Sex Pheromone. *Apidologie*, Springer Verlag. 44(4). 481-490.
- Ziegelmann, B. and P. Rosenkranz. 2014. Mating Disruption of the Honeybee Mite *Varroa destructor* Under Laboratory and Field Conditions. *Chemoecology*. 24.137–144. doi 10.1007/s00049-014-0155-4.

