

## Böceklerde ve akarlarda alarm feromonları

A.Sibel TÜRKUÇAR\*

Seval TOROS\*\*

### Summary

#### Alarm Pheromones of Insects and Mites

In this article, the alarm pheromones secreted in response to alarms for intraspecific individuals of the insects and the mites are reviewed. The parts of the body which secrete and receipt the alarm pheromones, the components of these pheromones and its effects to the natural enemies and the usage in practice have been concerned.

### Giriş

Böcekler kendi aralarında iletişim sağlamak amacıyla bir takım salgılarda bulunurlar. Bu salgının yapılmasındaki amaçlar; besin kaynağının belirlenmesi, karşı cinsiyetin bulunması, çiftleşme, toplanma, kaçma, savunma gibi davranışlar olarak sıralanabilir. Böceklerde bu maddelere ilk önceleri "ektohormon" adı verilmiştir. Daha sonra bu terim yerini "feromon"a bırakmıştır.

Feromon, bir organizma tarafından vücut dışına salgılanan ve aynı türün diğer organizmaları tarafından algılandığında, algılayan bireyde özel bir takım reaksiyonlara neden olan maddelerdir.

Feromonlar, günümüze kadar çok farklı şekillerde sınıflandırılmıştır.

Günümüzde en çok kullanılan sınıflandırma şu şekildedir (Butler, 1967'ye göre) :

1. İz-işaret feromonları
2. Koku yoluyla etkili seks feromonları
3. Koku yoluyla etkili diğer feromonlar
4. Bir yere toplanma feromonları
5. Aphrodisiaclar

---

\* Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, 06110 Ankara, Türkiye

\*\* Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 06110 Ankara, Türkiye  
Alınış (Received) : 20.6.1991

6. Alarm feromonları
7. Seksüel olgunluğun kontrolü ile ilgili feromonlar
8. Sosyal böceklerde kraliçe yetiştirilmesi ile ilgili feromonlar

### **Alarm Feromonu, Tanımı ve Salgılanması**

Alarm feromonları böceklerde herhangi bir birey tarafından koloninin diğer bireylerini tehlikeye karşı uyarmak için salgılanan maddelerdir. Alarm feromonları sosyal yaşam gösteren (Hymenoptera takımındaki sosyal böcekler), koloni halinde veya gregar olarak yaşayan (yaprakbitleri, akarlar, thripsler gibi) böceklerde etkilidir. Bu feromon, doğal düşmanlara karşı veya sosyal böceklerde yuvaya yabancı bir böcek girmesi durumunda ya da besine saldırı halinde salgılanmaktadır. Böcek türüne göre değişik bezlerden veya yapılarından salgılanan alarm feromonları çok uçucudur ve kolayca okside olmaktadır.

### **Yaprakbitlerinde alarm feromonu**

#### **Alarm feromonunun salgılanması**

Koloni halinde yaşayan yaprakbitleri rahatsız edildiklerinde veya bir doğal düşmanın saldırısına uğradıklarında yumuşak vücutlarında abdomenin posterior dorsolateral kısmında bulunan kornikuluslar aracılığı ile bu feromonu salgılamaktadırlar (Nault et al., 1973; Wynn and Boudreaux, 1972).

Salgıda bulunan yaprakbitleri savunma davranışına neden olan maddeleri kendileri ürettikleri, bunları beslendikleri bitkiden almadıkları bilinmektedir. Nitekim tamamen sentetik diyetle beslenen *Myzus persicae* (Sulz.) bireyleri de normal olarak bu salgıda bulunmaktadır (Gut and Van Oosten, 1985).

Yaprakbitinin hemolimfinde bulunan bazı maddelerin aynı zamanda kornikulus damlacıklarında da var olduğu belirlenmiştir. Kornikulus, yaprakbiti vücut boşluğu ile açık ilişki halindedir (Gut and Van Oosten, 1985) ve dejenere olmuş yağ hücreleri ile doludur (Ponsen, 1972).

Damlacığın salgılanması bazı araştırmacılara göre rahatsız edilme sonucu oluşan bir refleks salgısıdır. Damlacık yapısı genel olarak mumsu bir karakterdedir. Yapısında bulunan lipitler salgılandıktan sonra kristalize olmaktadır (Wynn and Boudreaux, 1972).

Kornikulus damlacığının rengi, yaprakbitinin ve hemolimfin rengi ile ilişkilidir. Damlacık rengi, *Aphis fabae* Scopoli' de kırmızı iken *Aphis gossypii* Glover' de mat sarımsı-yeşil veya saman rengindedir. Aphidinilerde damlacıkların oluştuğu yerde temiz bir periferik alan vardır. Bu alan sarı veya altın sarısı renginde globüler (kürecik) ve yaprakbitinin kendi rengine bağlı olarak değişen daha küçük yapıdaki renkli granüllerle doludur. *A. gossypii* 'de damlacık, çoğunlukla bir objeye dokunduğunda sertleşmektedir. Ancak sertleşme süresi oldukça değişiklik göstermektedir. Bu yaprakbiti çevrede yürüdüğünde, damlacık sıvı halde kalmaktadır (Wynn and Boudreaux, 1972).

#### **Alarm feromonunun algılanması**

Bir yaprakbiti tarafından vücut dışına salgılanan kornikulus damlacığının içerdiği alarm bileşiklerinin algılanmasında en önemli rolü oynayan kısım antenlerde bulunan his

organları (primer ve sekonder sensoria) dır. Kanatlı ve kanatsız yaprakbitlerinin 5. ve 6. anten segmentleri primer sensoriumlara sahiptir. Kanatlı bireylerde 3., 4. ve 5. segmentlerde ayrıca, *Acyrtosiphon pisum* (Harris) ve *A. solani* (Kaltenbach) gibi bazı türlerin kanatsız bireylerinde antenlerin 3. segmentinde sekonder sensoriumlar bulunmaktadır (Nault et al., 1973).

Gerek primer, gerekse sekonder sensorianın alarm feromon algılanmasındaki önemi bir araştırmada ortaya konmuştur (Cetvel 1). *A. pisum* ve *A. solani*' nin 6. anten segmenti kesildiğinde tepkide %66, 4. segmentten kesilerek her iki primer sensoria çıkarıldığında ise % 25-33 oranında azalma görülmüş hem primer ve hem de sekonder sensoriumları çıkarılan yaprakbitleri alarm feromonuna cevap vermemişlerdir. *M. persicae*' nin 6. anten segmenti tamamen çıkarıldığında tepki göstermemiş, bu durum 6. anten segmentindeki primer sensorianın alarm feromonunun tek alıcısı olduğunu göstermiştir (Nault et al., 1973).

Cetvel 1. Antenin kesilmesi sonucunda yaprakbitlerinin alarm feromonuna tepkileri (Nault et al., 1973)

Anten denemesi	Yaprakbiti türlerinin alarm feromonuna tepkisi		
	<i>Acyrtosiphon solani</i>	<i>A. pisum</i>	<i>Myzus persicae</i>
Kontrol	2.08	2.37	2.54
6. segmentin kesilmesi	1.36	1.71	0.00
4. segmentin kesilmesi	0.70	0.58	0.00
3. segmentin kesilmesi	0.00	0.00	0.00

(0 : tepki yok, 1 : yaprakbiti hareketli, fakat beslenme yerinden ayrılmaz, 2 : yaprakbiti yürüyerek beslenme yerinden uzaklaşır, 3 : yaprakbiti kendini bitkiden aşağıya atar)

### Hymenopterlerde alarm feromonu

Sosyal yaşam gösteren hymenopterlerde alarm feromonları genel olarak mandibular zehir, Dufour ve anal bezlerden üretilmektedir (Moser, 1970).

Balarılarında yapılan bir çalışmada, başka kolonideki arılardan çıkarılan iğneler veya bu iğnelerin kokusu, kovanların girişine bulaştırılmıştır. Bu işlem o kovanın işçi arılarının saldırganlaşmasına neden olmuştur. İşçi arıların saldırganlığı kısa süre sonra daha da artarak diğerlerine yayılmıştır. İşçi arıların sokma yaptığı bölgede muz yağı kokusuna benzer tatlı bir koku algılanabilmektedir. Bu iğne kokusu, alarm feromonu olarak nitelendirilmektedir. Balarılarında alarm feromonu mandibular ve zehir bezlerinden salgılanmaktadır. Ancak bu salgı zehir salgısı değildir. Büyük bir olasılıkla iğnenin kısmen sıkılması ile ortaya çıkmaktadır (Gary, 1970).

Vespidae familyası bireyleriyle yapılan çalışmalarda *Vespa crabro* L., *Vespula squamosa* (Drury), *V. germanica* (Fab.), *V. vulgaris* (L.), *Dolichovespula saxonica* (Fab.), *Polistes canadensis* (L.) ve *Polybia occidentalis* (Oliver) 'in zehir bezlerinden alarm feromonunu salgıladığı tespit edilmiştir (Veith et al., 1984; Landolt and Heath, 1987). *V. crabro* işçileri rahatsız edildiğinde zehir fıskırtmaktadır ki bu durum, zehirde, alarm feromonu olduğunu göstermektedir (Landolt and Heath, 1987).

Alarm feromonu *Atta texana* (Buckley)'da mandibular bezlerden salgılanmaktadır (Moser, 1970).

#### Akarlarda alarm feromonu

Akarlar da rahatsız edildiğinde alarm feromonu salgılamaktadır. Bu feromon, kendi türleri dışındaki türlerin de heyecanlanarak dağılmasına neden olmaktadır. Bu salgı aynı zamanda allomon olarak da işlev görmektedir.

Alarm feromonları akarlarda opisthonotal bezden salgılanmaktadır. Bir çift olan bu bez, abdomenin dorsal kısmında yer almakta ve bunlar lateroabdominal bez veya yağ bezleri olarak da bilinmektedir (Kuwahara et al., 1987, 1988).

#### Thripslerde alarm feromonu

Thripslerin rektum bölgesinde 4 veya 5 adet rektal bez bulunmaktadır. Erken embriyonik dönemde oluşmaya başlayan bu bezlerin bir takım kimyasal maddeleri içeren sıvı salgıladığı düşünülmektedir (Suzuki et al., 1986).

Thrips türleri bir düşman saldırısı olduğunda abdomenlerini yukarı-aşağı hareket ettirerek abdomenlerinin uç kısmından sıvı halde bir damlacık çıkarırlar. Heliothripinae'ye bağlı bazı thripslerin larvaları anüsün dış tarafında dışkı içeren bir sıvı lekesi taşırlar. Bir saldırganla karşılaştıklarında bu sıvıyı vücutlarının arka kısmına yayarlar. *Liothrips vaneckei* Priesner, predatör akarların saldırısından korunmak için anüsünden keskin bir koku yayar (Suzuki et al., 1986).

Yapılan araştırmalarda *Leeuwenia pasanii* (= *Cryptothrips pasanii* Mukai-gawa) (Thysanoptera, Phlaeothripinae, Leeuwenini) adlı thrips türünün aynı salgı davranışında bulunduğu belirlenmiştir. Bu türün erginlerinin her iki cinsiyeti de abdomenlerinin 10. segmentinde bir tüpe sahiptir. Anthocoridler gibi herhangi bir düşman yaklaştığında bu tüpü sallayarak hareket ettirmektedirler. Böylece vücudunun uç kısmında renksiz, küçük bir damlacık oluştururlar. Bu anal salgıya tepki yetişkin thripslerin yanı sıra yeni çıkmış larvalarda da görülmektedir (Suzuki et al., 1986).

Bunların dışında bazı hemipterlerde de thorax bezlerinden alarm feromonu salgılanmaktadır (Lockwood and Story, 1987).

#### Alarm Feromonu Komponentleri

Yaprakbitlerinin alarm feromonu komponentlerinden ilk teşhis edileni (E)- $\beta$ -farnesene'dir ve bu maddeye bir çok yaprakbiti türünde rastlanmaktadır (Nault et al., 1973; Bowers, 1985; Dawson et al., 1983, 1988).

(E)- $\beta$ -farnesene'nin uzaklaştırıcı etkisi vardır ve tek bir türe özgü değil, türler arası etkisi bulunmaktadır. Ancak tepki bakımından, tür, yaş, ırk, morf vb. arasında büyük

farklılıklar bulunmaktadır. Son zamanlarda yaprakbiti alarm feromonu olarak 2 komponent daha bulunmuştur. Bu maddelerden biri *Therioaphis maculata* Buckton' dan elde edilen germacrene A'dır (Bowers et al., 1977). Diğeri ise *Megoura viciae* Buckt.'den elde edilen  $\beta$ -pinene'dir (Guğ and Van Oosten, 1985).

Balarılarında alarm feromonunun esas bileşeni iso-pentyl acetate (iso-amyl acetate)'dir (Free, 1988). Bu madde kraliçe arıda bulunmamaktadır. *Apis* türlerinin tümünde iso-pentyl acetate bulunduğu saptanmıştır. İso-pentyl acetate, 2-heptanone adlı bir başka kimyasal madde tarafından da desteklenmektedir. Bu madde işçi arıların mandibular bezlerinde bulunmaktadır (Gary, 1970).

Balarılarında zehir bezlerinden salgılanan diğer alarm feromonu bileşikleri ise şunlardır

Butyl-acetate, 2-methyl butanol, hexyl acetate, 1-hexanol, 2-heptyl acetate, 2-heptanole, octyl acetate, 1-octanol, 2-nonyl acetate, 2-nonanol (Collins et al., 1987); 1-butanol, 1-pentanol, 9-octadecen-1-ol, p-cresol (Free, 1988).

2-methyl-3-butene-2-ol *V.crabro*'nun alarm feromonu içinde en büyük grubu oluşturmaktadır (Veith et al., 1984).

Birçok Formicinae'de bulunan formik asit, işçileri alarm durumuna getirir. Bunlar sadece savunma sırasında değil, predatör saldırısında da meydana gelir (Pasteels et al., 1983).

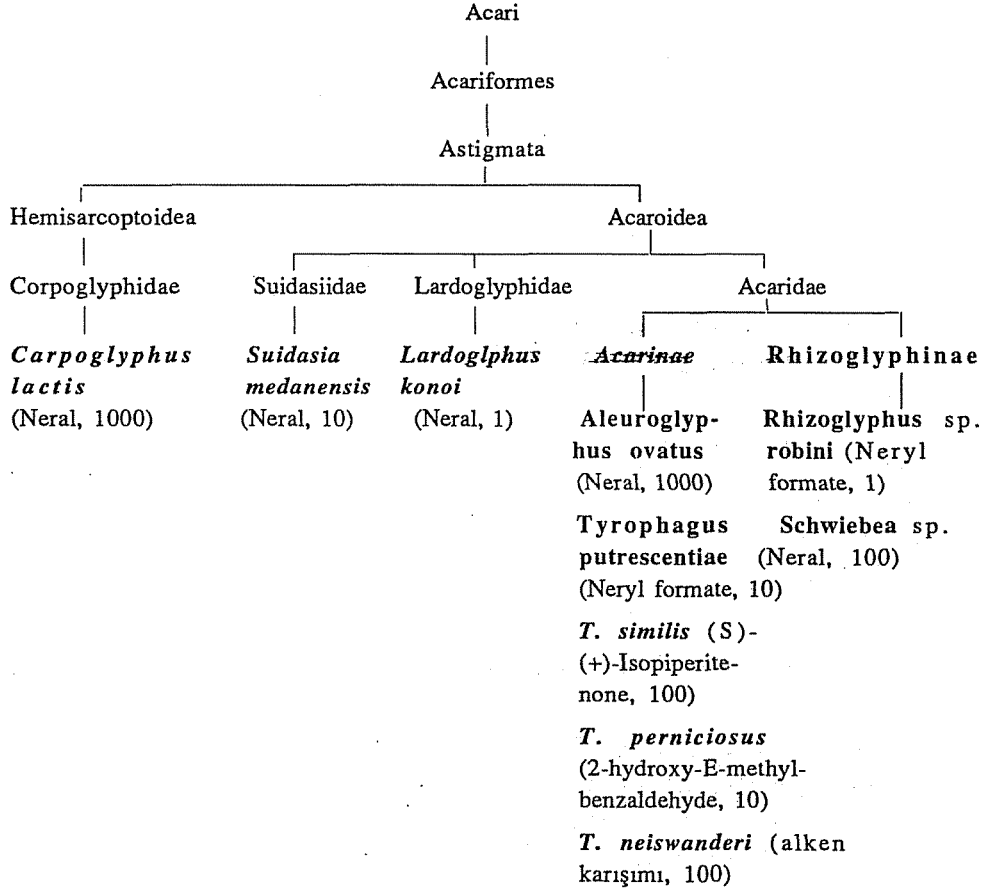
*A. texana* (Buckley)'da mandibular bezin salgısında aktif maddenin 4-methyl-3-heptanone olduğu belirlenmiştir. *A. texana* ve balarılarında 2-heptanone, mandibular bezlerden salgılanmasına rağmen aynı feromon *Iridomyrmex pruinosus* (Roger) ve *Conomyrma pyramicus* (Roger)'da anal bezlerden üretilmektedir (Moser, 1970).

Akarlarda opisthotal bezler neryl format ve citral yayarlar ki bu maddeler alarm feromonu veya savunma bileşiği olarak tanımlanmışlardır (Kuwahara et al., 1987, 1988).

*Rhizoglyphus robini* Claparade ile yapılan bir çalışmada bu akarın alarm feromonunun % 73 oranında neryl format, % 12.8 oranında neral ve % 14.2 oranında geranial içerdiği saptanmıştır (Kuwahara et al., 1988). Günümüze değin akarlarda bulunan alarm feromonları ve bunların aktif konsantrasyonları (ppm) Şekil 1'de gösterilmiştir.

*L. pasanii* 'de perillen alarm feromonu olarak görev yapabilmektedir. Kıvrılmış yapraklarda koloniler halinde yaşayan bu thripsler rahatsız edildiklerinde perillen salgılamaktadır (Suzuki et al., 1986).

Hemipterlerden *Eurydema rugosa* Motshulsky, *E. pulchra* (Westwood), *Nezara viridula* (L.)'nın savunma salgısında E-2-hexenal veya hexenal adlı maddeler bulunmaktadır. Bu türler toplu halde yaşarlar ve kendi savunma salgılarına tepki olarak alarm veya dağılma davranışı gösterirler. *N. viridula*'nın 1. dönem nimfleri 4 keto-E-2 hexenal'a sahiptir (Lockwood and Story, 1987).



Şekil 1. Akarlardaki alarm feromonları ve aktif konsantrasyonları (Leal et al., 1989).

### Alarm Feromonunun Etkileri

Koloni içerisindeki aynı türden bireylere etkisi

2-heptanone adlı alarm feromonu sadece *Apis mellifera* L.'da bulunmakta, bu maddenin salgılanması bütün *Apis* türlerinde alarm reaksiyonuna neden olmaktadır. Mandibular bez salgıları kovan girişine konduğunda savunma arıları tarafından saldırgan bir reaksiyon ortaya çıkmaktadır. Savunma arıları tarafından bu salgının salgılanması sonucunda hırsız arılar uzaklaştırılarak kovanın savunulması sağlanmaktadır. Mandibular bez salgıları ise işçi arıları uzaklaştırmaktadır. Bu durum özellikle 2-heptanone'dan kaynaklanmaktadır. Hırsız arılar da 2-heptanone'nun varlığı ile uzaklaşmaktadır. Savunma arıları uyarıldığında iğnelerini düşmanlarının vücuduna batırırlar. Bu durumda iğne arının vücudundan kopar ve sonuçta feromon açığa çıkar. Ortaya yayılan feromon, yuvaya bir saldırının olduğunu ve bazı kurbanların bulunduğunu gösterir. Bu durum daha ileri düzeyde saldırgan davranışları ortaya çıkarır ve diğer arıları da düşmana yöneltir (Gary, 1970).

*A. texana*'nın gösterdiği tepkinin şiddeti 4-methyl-3-heptanone'un konsantrasyonuna bağlıdır. Bu maddenin 33 milyon molekül/ml düzeyinde olması *A. texana* işçilerinde toplanma davranışına neden olur. Uygulanan feromon miktarı 10 kat artırıldığında alarm davranışı ortaya çıkar. Ancak erkek ve kraliçe 4-methyl-3-heptanone ile uyarıldığında alarm davranışı göstermezler (Moser, 1970).

Alarm feromonu *A. viridula* 'da yüksek konsantrasyonda dağılıma, düşük konsantrasyonlarda ise toplanmaya neden olmaktadır. Toplu yaşayan nimfler, tek yaşayanlara oranla predatörlerden daha iyi korunurlar. Çünkü bunlarda savunma kimyasal maddeleri daha fazladır. *N. viridula* rahatsız edildiğinde erginler kendi salgılarına tepki olarak ya kendilerini bitkiden aşağı atmakta veya o bölgeden bir an önce uzaklaşmaktadır (Lockwood and Story, 1987).

Akarların alarm feromonları aynı familyadaki bireyler üzerine repellent etki gösterir ve muhtemelen predatörler üzerine de aynı etkiyi göstermektedir. Rahatsız edilen akarlar kendilerine özgü bir koku salgılamakta ve yine kendilerine özgü bir kaçış davranışı göstermektedir (Kuwahara et al., 1987, 1988; Leal et al., 1988, 1989).

Saldırılan yaprakbiti tarafından üretilen kornikulus damlacığı ve sonuçta açığa çıkan alarm feromonu, saldıran predatör türüne de bağlıdır. *A. pisum* ve *M. persicae* Nabidae, Reduviidae, Coccinellidae, Anthocoridae ve Syrphiade familyasına bağlı predatörlerin ancak ağız parçaları tarafından zarar görmeye başladığında salgı salgılamaktadır *M. persicae* ise, *Aphidoletes aphidimyza* (Rond) tarafından saldırıya uğradığında kornikulus damlacığı üretmez (Nault et al., 1973).

*Nabis americanoferus* Carayon erginleri tarafından saldırıya uğrayan *A. pisum*'un % 48.7'si kornikulus damlacığı üretmiştir. Başa yapılan 8 saldırıdan dördü, thoraxa yapılan 18 saldırıdan dördü ve abdomene yapılan 15 saldırıdan onu kornikulus salgısına neden olmuştur (Nault et al., 1973).

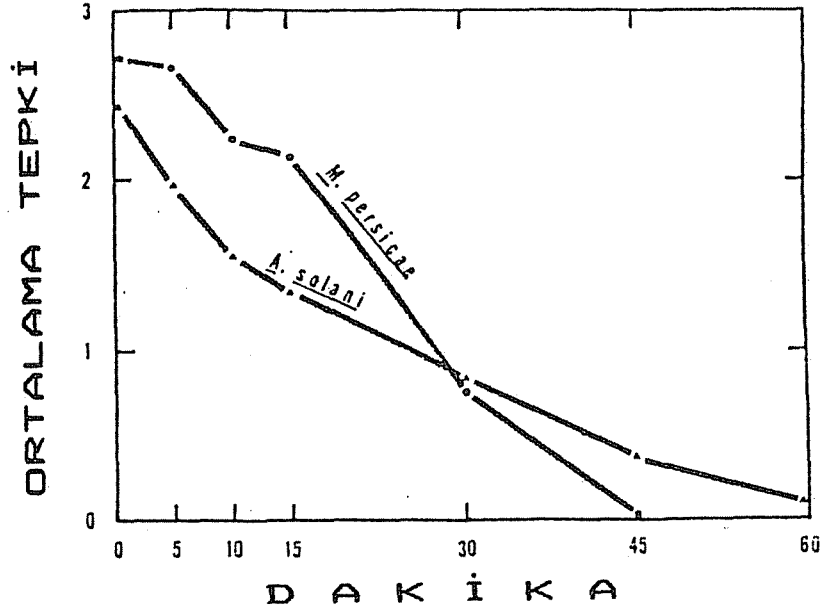
Yaprakbitleri mekanik bir uyarıyla karşılaştıklarında da damlacık üretirler. *A. gossypii*'nin bütün dönemleri baş, thorax, abdomen ve bacağı uyarı yapıldığında tepkide bulunurlar. Ancak salgı işlemi her zaman gerçekleşmeyebilir. Bazen herhangi bir uyarı olmaksızın da *A. gossypii* damlacık üretebilir. Rahatsız edilmemiş kolonilerde, kurumuş damlacıkların bulunması bu durumu doğrulamaktadır (Wynn and Boudreaux, 1972).

Predatör tarafından saldırı yapılmış gibi uyarılan yaprakbitleri, özellikle baş ve abdomene etki yapıldığında damlacık üretmişlerdir. Bu durumda *A. pisum* % 50-54 oranında kornikulus salgısı üretmiştir. Bu sonuç, daha önce bulunan ve *N. americanoferus* saldırısından elde edilen % 48.7 oranıyla korelasyon göstermektedir (Cetvel 2) (Nault et al., 1973).

Cetvel 2. Fiziksel olarak uyarılan yaprakbitlerinin damlacık üretimi ve gösterilen alarm aktivitesi (Nault et al., 1973)

Yaprakbiti türü	Fiziksel uyarı sonucu damlacık üretimi				Alarm aktivitesi (%)	alarm oranı
	Baş	Abdomen	Anten	Arka bacak		
<i>Acyrtosiphon pisum</i>	50	54	2	4	67	36
<i>A. solani</i>	54	56	12	22	76	43
<i>Myzus persicae</i>	72	90	0	2	62	56

Alarm feromonunu algılayan yaprakbitleri değişik şekillerde buna tepki göstermektedir. Bazıları hafifçe sallanmakta, bazıları yürüyerek beslenme yerinden uzaklaşmakta, bazıları ise konukçu bitkiden atlamaktadır (Montgomery and Nault, 1977, 1978; Gut and Van Oosten, 1985; Larsen, 1988). Yeni salgılanmış damlacıklarda 1-3 cm uzaklığın yaprakbitleri için aktif sınır olduğu belirlenmiştir. Feromonun etki süresi salgılamadan 45-60 dakika sonraya kadar devam etmektedir. Alarm feromonunun aktivitesi yaprak yüzeyi gibi sınırlı bir alanla belirlenmektedir. Predatörün ani bir saldırısıyla karşılaşan yaprakbitleri dağılma davranışı gösterirler (Şekil 2) (Nault et al., 1973).



Şekil 2. Kornikulustan salgılanan alarm feromonuna yaprakbitinin 0-60 dakika sonraki tepkisi (0: tepki yok, 1:yaprakbiti hareketli, fakat beslenme yerinden ayrılmaz, 2: yaprakbiti yürüyerek beslenme yerinden uzaklaşır, 3: yaprakbiti kendini bitkiden aşağıya atar) (Nault et al., 1973).



*Hyadaphis erysimi* (Kaltenbach) ve *M. persicae* üzerinde yapılan bir çalışmada 3 cm'den daha geniş çaplı yaprakbiti kolonilerine alarm feromonu uygulanmıştır. Feromon kaynağına yakın olan yaprakbitleri hem yürüyerek, hem de atlayarak bitkiden uzaklaşmışlardır. Feromon kaynağına 2 cm'den daha uzakta olan yaprakbitleri ise çoğunlukla yürüyerek kaçmışlardır (Montgomery and Nault, 1977).

Yaprakbitlerinin yürüyerek kaçtıkları mesafe, feromonun konsantrasyonuna bağlıdır. Düşük konsantrasyonlu feromon dozlarına yürüyerek kaçma şeklinde tepki gösterirken, yüksek feromon dozlarında bitkiden atlayarak kaçma görülmektedir (Montgomery and Nault, 1977).

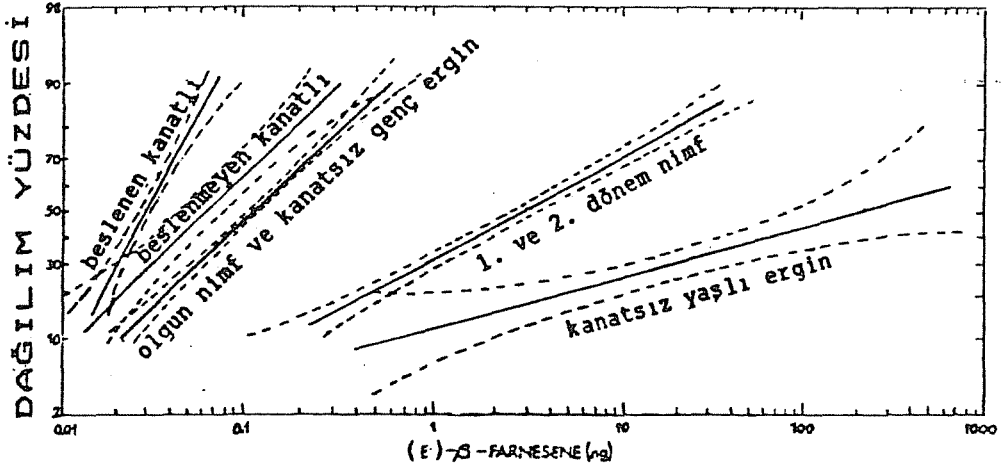
Feromon uygulaması sonucu dağılan yaprakbitlerinin bir kısmı konukçu bitki üzerine, ancak farklı alanlara geri dönmüşlerdir. Diğerleri ise daha uzaktaki konukçu bitkilere gitmişlerdir. Bu durum predatörün etki derecesine ve alternatif konukçuların yoğunluğuna bağlıdır.

Diğer konukçu bitkiler yakınsa ve predatörün etkinliği yüksekse, yaprakbitleri normal davranış olarak diğer bitkilere dağılırlar. Ancak etrafta konukçu bitki azsa ve zemin koşulları uygun değilse bitki üzerinde kalmayı tercih ederler.

Türler arasında alarm feromonuna duyarlılık büyük farklılık göstermektedir ve bu fark 5000 kata kadar ulaşabilmektedir. Alarm feromonuna tepki sadece türler arasında değil, aynı türün klonları, morfları ve yaş gruplarına bağlı olarak da değişmektedir (Montgomery and Nault, 1977, 1978; Gut and Van Oosten, 1985; Larsen, 1988).

Fundatrixler soliter olarak yaşamaktadır ve bunlar alarm feromonuna gereksinim duymamaktadır. Ancak bunların gregar olarak yaşayan dölleri için alarm feromonlarının bir fonksiyonu bulunmaktadır. Fundatrixlerin dölllerinden kanatsız bireyler meydana gelmektedir. Kanatlı virginoparlar daha sonraki döllerde meydana gelip, yeni bitkilere uçarlar ve burada soliter olarak yaşarlar. Bu yüzden de alarm feromonları fonksiyonel değildir. Ancak kanatlı bireyler, kanatsızlara oranla alarm feromonuna daha fazla tepki göstermektedirler (Montgomery and Nault, 1978). Bu durumun kanatlıların antenlerinde daha fazla sayıda sekonder sensoria bulundurduğundan kaynaklanabileceği sanılmaktadır (Nault et al., 1973). Kolonize olmuş kanatlı bireylerin dölleri, kanatsız bireyleri oluşturacaktır. Bunlar daha geniş koloniler oluşturacak, predatörlerin saldırı olasılığı artacak ve dolayısıyla daha fazla alarm feromonu üreteceklerdir. Gynoparlar küçük miktarda alarm feromonu bileşiği salgılayan kanatlılardır. Bu yaprakbitleri kış konukçularına vardıklarında toplu halde yaşamaya meyillidirler. Bu dönemde daha fazla alarm feromonuna gereksinimleri varmış gibi gözükse de, bu zamanda predatör saldırısı en az düzeydedir (Montgomery and Nault, 1978).

*M. persicae* 'de alarm feromonuna tepki, yaprakbiti yaşlarına bağlı olarak değişmektedir. Yaşlı kanatsız erginler feromona en az duyarlı olanlardır. Bunların % 50'sinin dağıldığı doz 200 ng'dır (DD50=dispersing dose). 1. ve 2. dönem nimfler biraz daha duyarlıdır (DD50=3 ng). En duyarlı grup ise olgun nimf ve kanatsız genç erginlerdir (DD50=0.1 ng) (Şekil 3) (Montgomery and Nault, 1978).



Şekil 3. Farklı yaşlardaki kanatlı ve kanatsız *Myzus persicae* bireylerinin (E)-β-farnesene dozlarına tepkileri (Montgomery and Nault, 1978).

*M. persicae* 'nin beslenen ve beslenmeyen kanatlı bireyleri arasında da farklılık bulunmaktadır. Rostrumu bitki yüzeyine değmeyenlerde, yani beslenmeyenlerde DD50=0.06 ng'dır. Bunlar uçarak feromona tepki gösterirler. Rostrumu bitki yüzeyine değenlerde ise DD50=0.03 ng'dır ve yürüyerek veya bitkiden atlayarak tepki gösterirler (Şekil 3) (Montgomery and Nault, 1978).

*M. persicae*'ye alarm feromonu uygulandığında, kolonideki yaprakbitlerinin çoğu dağıldığı halde genç yaprakbitleri genellikle dağılmazlar. Ancak dağıldığı takdirde genellikle yürürler ve bitkiden atlamazlar. Erginleri ise ya yürüyerek veya bitkiden atlayarak kaçarlar (Montgomery and Nault, 1978). *Metapolophium dirhodum* (Wlk.)'un alarm feromonundan yürüyerek kaçanların %10'u 1.nimf dönemi iken, bu oran daha olgun nimfler ve erginlerde sırasıyla % 34 ve % 50 'dir (Larsen, 1988).

Genç nimflerin, yaşlılara oranla dağılmaya daha az eğilimli olmalarının nedeni tam olarak bilinmemektedir. Genç nimflerin bitkiden düştükten sonra konukçuya yeniden yerleşmeleri daha zordur. Bitkiden düşmüş *A. pisum* nimflerinin daha uzun zamanda konukçuya çıktıkları ve erginlere oranla yeni konukçu bulma konusunda daha başarısız oldukları bilinmektedir. Ayrıca, konukçudan uzaklaşan küçük yaprakbitleri düşük nem ve sıcaklığa daha duyarlıdır (Montgomery and Nault, 1978). *M. dirhodum* 'un 1. dönem nimflerinin başka konukçuya gitme konusundaki isteksizliklerinin nedeni, bitkiden atlamaları sonucu oluşacak tehlikenin, yaprakbitinin predatörler tarafından yenmesi riskine göre daha fazla olmasıdır. Bu durumda bitkide kalmak ve kendisini savunmak yaprakbiti için daha cazip olmaktadır. Değişik savunma mekanizmalarından hangisinin yaprakbiti tarafından kullanılacağı konusu nimfin dönemine ve yaprakbitinin predatöre göre olan büyüklüğüne bağlıdır. Ayrıca yaprakbiti türü de önemlidir. Savunma davranışı oluşturan yaprakbiti oranı ile yaprakbiti ve predatörünün temas sayısı arasında bir ilişki olduğu saptanmıştır. Çok ufak bir temas dahi *M. dirhodum*'un birçoğunda savunma davranışı oluşturmaktadır (Larsen, 1988).

Predatör tarafından yaprakbitine saldırıldığında, eğer yaprakbiti feromon salgılamazsa komşu yaprakbitleri de uyarılmamaktadır. Bu, onların daha çok dokunma uyarısına bağlı kalmasına neden olmaktadır. *M. dirhodum*'un savunma davranışı *Aphidius rhopalosiph* (De Stefani-Perez) tarafından yapılan yaralayıcı saldırıların sayısına göre değişmektedir. Bu durum, parazitoitin yaprakbitine koyduğu yumurta sayısını sınırlamaktadır (Larsen, 1988). Diğer yandan genç nimfler parazitoit ve predatör saldırısına daha fazla hedef olmaktadır. *Aphidius smithi* Sharma & Rao, bezelye yaprakbitinin 1. dönem nimflerine, yaşlılara oranla daha fazla saldırır.

*A. pisum*' da alarm feromonu ile sarsıntı etkisi birlikte görüldüğünde yaprakbitlerinin büyük bir kısmı bitkiden düşerler. 6-7 günlük *A. pisum*'larda dokunma uyarısı, kornikulus damlacığı etkisini % 100'e varan oranlarda arttırmaktadır (Larsen, 1988).

En güçlü tepki, alarm feromonunun ve dokunma uyarısının birlikte etkisinde görülmektedir. Bu durumda yaprakbitlerinin hemen hemen tümü, yürüyerek veya atlayarak kaçmaktadır. Erginlerin %92'sinin, 2. dönem nimflerin ise %99'unun kaçtığı belirlenmiştir (Larsen, 1988).

Aynı yaprakbiti türünün değişik ırklarında alarm feromonuna tepkide farklılık görülmektedir. Müller (1983), *A. pisum* 'un sarı, pembe ve yeşil olmak üzere 3 farklı ırkının alarm feromonuna tepkisini araştırmış ve sarı ırkın diğerlerine oranla daha az tepki gösterdiğini belirlemiştir. Düşen yaprakbitlerinin oranı, sarı, pembe ve yeşil ırklarda sırasıyla % 19.0, % 40.4 ve % 52.6 olarak bulunmuştur. Sıcak ve kuru bölgelerde yonca üzerinde yaşayan *A. pisum*'un alarm feromonuna, bitkiden atlama şeklinde bir tepki göstermediği belirlenmiştir. Bu reaksiyonun olmamasının nedeni, yaprakbitlerinin atlamaları halinde yüksek sıcaklık ve nem kaybı nedeniyle karşı karşıya kalacakları büyük riske karşı kendilerini adapte etmiş olmaları şeklinde açıklanmaktadır. Ayrıca *A. pisum*' un sarı ırkının konukçusu olan *Lotus uliginosus* genellikle çukur, gölcük yerlerde yetişmektedir. Bitkiden düşen yaprakbitini suda boğulma tehlikesi beklemektedir ve bu nedenle de yaprakbiti bitkiden düşme konusunda isteksizdir (Müller, 1983).

#### Alarm feromonunun doğal düşmanlara etkisi

Yaprakbitlerinin kornikulus damlacığının savunma fonksiyonları özellikle 1960'lı yıllarda incelenmeye başlanmıştır. Bir doğal düşman saldırısında salgılanan kornikulus damlacığı yaprakbitlerinde olduğu kadar saldıran düşman türlerinde de bazı etkilere neden olmaktadır. Yapılan çalışmalarda, büyük predatörlerin kornikulus damlacığından kaçmadığı, ancak küçük hymenopter parazitoitlerin kornikulus salgısına yapıştıkları belirlenmiştir. Kornikulus salgısı predatörün başına bulaştığı takdirde ağız parçaları birbirine yapışmaktadır. Böylece av olan yaprakbiti saldırıdan kurtulmaktadır (Bowers et al., 1977).

*N. americanoferus* tarafından saldırıya uğrayan *A. pisum* bireyleri kornikulus damlacığı üretirler. Bu sırada nabin rostrumu, yaprakbitinin anteni, bacağı, abdomeni veya bitkinin yüzeyi 1 veya 2 damlacık ile bulaşır. Nabinlerin anten, göz ve ağız parçaları damlacığa değdiğinde çok azı şiddetli tepki göstermektedir. Bunlar bulaşan kısımlarını bitki yüzeyine veya kendilerini yere atarak toprağa sürterek silmeye çalışırlar. *Coleosoma floridanum* Banks adlı theridiid akarın tarsi ve ağız parçaları yaprakbiti damlacığı ile bulaştığında yaprakbitine saldırıya ara vermiştir. Bulaşmadan hemen sonra çırpıntılı bir silme reaksiyonu başlamıştır (Nault et al., 1973).

#### Alarm Feromonunun Pratikte Kullanımı

Entegre mücadele kavramının 1970'li yıllarda ortaya çıkması ile bir çok mücadele yönteminin birlikte kullanılması yoluna gidilmiştir. Hastalık ve zararlıların bir bütün

halinde ele alınıp, uygun yöntemlerin uyumlu kombinasyonu sonucu oluşan entegre mücadele içerisinde, biyoteknik yöntemler önemli bir yer tutmaktadır. Bu yöntemler içerisinde kullanımı en yaygın olan gruplardan biri de feromonlardır.

Feromonlar, daha önce de belirtildiği gibi, algılayan bireyde kendine özgü bazı davranışlara neden olmaktadır. Alarm feromonlarının kaçırıcı etkisi göz önüne alınarak bu komponentlerin virüs naklinin önlenmesinde kullanılması yoluna gidilmiştir (Montgomery and Nault, 1977; Gut and Van Oosten, 1985).

Hille Ris Lambers and Schepers (1978), (E) -  $\beta$  - farnesene'i patates Y virüsünü nakleden kanatlı yaprakbitlerine karşı repellent ve antifeeding etki yaratmak amacıyla uygulamışlardır. Ancak denemeleri başarılı sonuç vermemiştir. Alarm feromonları çok çabuk buharlaştığından ve okside olduğundan yaprakbitlerinin koloni oluşturmasını ve virüs naklini engelleyememektedir. Bu nedenle son yıllarda doğal feromonların yerini alabilecek sentetik analoglarının üretimi yoluna gidilmiştir (Bowers, 1985).

Dawson et al. (1988), daha kalıcı ve bitkileri yaprakbitlerinden korumak için kullanılabilir yeni bir madde bulmuşlardır. Bu madde 1, 4-cycloaddition reaksiyonu ile üretilen analoglardan biridir. (E) -  $\beta$  - farnesene ve diundecyl acetylenedicarboxylate'den oluşan bu madde, ilkbaharda ekilen arpalardaki arpa sarı cücelik virusu hastalığının yaprakbitleri tarafından taşınmasını azaltmıştır.

Bitki yüzeyinde bulunan hava katmanı (E) -  $\beta$  - farnesene içeriyorsa bu durum kanatlı bireylerin bu bitkiye yerleşmesini engellemektedir (Montgomery and Nault, 1978). Yabani patates (*Solanum berthaultii*)'in yapraklarının üzerinde bulunan 1-3 cm yüksekliğindeki hava tabakası *M. persicae*'nin uzaklaşmasına yol açmaktadır. Ayrıca, bitki üzerindeki hava yerleşik yaprakbiti kolonilerinin hızla dağılmasına neden olmaktadır. Bu durum (E) -  $\beta$  - farnesene'in yaprakbitlerinde meydana getirdiği davranışa benzerlik göstermektedir. Yabani patates bitkisi yapraklarındaki salgı kıllarının, (E) -  $\beta$  - farnesene salgıladığı, gaz kromatografisi ve mass spektrofotometre ile yapılan incelemeler sonucunda anlaşılmıştır. Bu yeteneğin kültür patateslerine geçirilebilmesi durumunda yaprakbiti zararı ve dolayısıyla naklettiği virüslara karşı korunma sağlayabileceği düşünülmektedir (Gibson and Pickett, 1983).

Aynı şekilde, şerbetçiotu yapraklarından  $\beta$  - farnesene, bazı elma türlerini kaplayan mum tabakasından da (E, E) -  $\alpha$  - farnesene izole edilmiştir (Gut and Van Oosten, 1985).

(E) -  $\beta$  - farnesene ani etkili kontakt pestisitlerin etkinliğini artırabilir (Dawson et al., 1983). Bu durum, yaprakbitlerinin hareketinin fazlaşmasından kaynaklanmaktadır (Bowers, 1985). Alarm feromonu ve kontakt insektisit birlikte kullanıldığında alarm feromonu etkisiyle dağılma hızlanmakta, böylece insektisit ile temas oranı artmaktadır. Ancak yaprakbitlerinin alarm feromonuna tepkisi farklı olduğundan bu durumun genelleştirilmesi zordur. Bu konuda daha birçok araştırma yapılması gerekmektedir.

Çiçeklenme zamanında yapılan insektisit uygulaması, çiçek tozları ile beslenen balarılarının zarar görmesine neden olmaktadır. Bu yüzden üreticiler bu dönemde insektisit kullanımını önermemektedirler. Son yıllarda balarılarının uzaklaştırılması için insektisit uygulanmasından hemen önce alarm feromonu kullanımı gündeme gelmiştir. Böylece balarılarının o bölgedeki çiçeklerde beslenmesi engellenebilecektir (Free et al., 1985). Bu konu üzerindeki çalışmalar yürütülürken çiçek döllemesi veya meyve tutumunda arıların etkinliğini engellemek gerekliliği de unutulmamalıdır.

## Özet

Bu yayında, tehlikeye karşı çevresindeki aynı tür bireylerini uarmak amacıyla böcekler ve akarlar tarafından salgılanan alarm feromonlarıyla ilgili ayrıntılı literatür araştırması yer almaktadır. Alarm feromonlarının vücuttan salgılandığı ve algılandığı bölümler, alarm etkisini oluşturan komponentler ve bunların doğal düşmanlara etkisi ile pratikte kullanım olanakları hakkında bilgi verilmektedir.

## Literatür

- Bowers, W. S., C. Nishino, M. E. Montgomery and L. R. Nault, 1977. Structure-activity relationships of analogs of the aphid alarm pheromone, (E) -  $\beta$  - farnesene. *J. Insect Physiol.*, **23** : 697-701.
- Bowers, W. S., 1985. Phytochemical disruption of insect development and behavior. In "Bioregulators for Pest Control". Hedin, P. A. (Ed.). 225-236.
- Butler, C. G., 1967. Insect pheromones. *Biol. Rev. (Camb.)*, **42** : 42-87.
- Collins, A. M., N. A. Brown, T. E. Rinderer, J. R. Harbo and K. W. Tucker, 1987. Heritabilities of honeybee alarm pheromone production. *Journal of Heredity*, **78** : 29-31.
- Dawson, G. W., D. C. Griffiths, J. A. Pickett and C. M. Woodcock, 1983. Decreased response to alarm pheromone by insecticide-resistant aphids. *Naturwissenschaften*, **70** : 254-255.
- Dawson, G. W., D. C. Griffiths, J. A. Pickett, R. T. Plumb, C. M. Woodcock and Z. Z. Ning, 1988. Structure, activity studies on aphid alarm pheromone derivatives and their field use against transmission of barley yellow dwarf virus. *Pestic. Sci.*, **22** (1): 17-30.
- Free, J. B., J. A. Pickett, A. W. Ferguson, J. R. Simpkins and M. C. Smith, 1985. Repelling foraging honeybees with alarm pheromones. *J. agric. Sci.*, **105**: 255-260.
- Free, J. B., 1988. Adapting honeybees (*Apis mellifera* L.) to synthetic alarm pheromones to reduce aggression. *J. apic. Res.*, **27** (4): 227-229.
- Gary, N. E., 1970. Pheromones of the honeybee, *Apis mellifera* L. In "Control of Insect Behavior by Natural Products". Wood, D. L., Silverstein, R. M. ve Nakajima, M. (Eds.). Academic Press, New York, 29-53.
- Gibson, R. W. and J. A. Pickett, 1983. Wild potato repels aphids by release of aphid alarm pheromone. *Nature*, **302** : 608-609.
- Gut, J. and M. Van Oosten, 1985. Functional significance of the alarm pheromone composition in various morphs of the green peach aphid, *Myzus persicae*. *Entomol. exp. appl.*, **37** : 199-204.
- Hille Ris Lambers, D. and A. Schepers, 1978. The effect of trans -  $\beta$  - farnesene, used as a repellent against landing aphid alatae in seed potato growing. *Potato Res.*, **21**: 23-26.
- 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). *Agric. Biol. Chem.*, **51** (12): 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). *Appl. Ent. Zool.*, **23** (1): 76-80.
- Landolt, P. J. and R. R. Heath, 1987. Alarm pheromone behavior of *Vespula squamosa* (Hymenoptera, Vespidae). *Florida Entomologists*, **70** (2): 222-225.
- Larsen, K. S., 1988. Responses of different age classes of the rose grain aphid, *Metopolophium dirhodum* (Wlk.) to attract by a simulated predator. *J. Appl. Ent.*, **105** : 455-459.
- Leal, W. S., Y. Nakano, Y. Kuwahara, H. Nakao and T. Suzuki, 1988. Pheromone study of 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. *Appl. Ent. Zool.*, **23** (4): 422-427.
- Leal, W. S., Y. Kuwahara, T. Suzuki and K. Kurosa, 1989. The alarm pheromone of the mite *Suidasia medanensis* Oudemans, 1924 (Acariformes, Suidasiidae). *Agric. Biol. Chem.*, **53** (10):2703-2709.
- Lockwood, J. A. and R. N. Story, 1987. Defensive secretion of the southern green stink bug (Hemiptera, Pentatomidae) as an alarm pheromone. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, **80** : 686-691.
- Montgomery, M. E. and L. R. Nault, 1977. Aphid alarm pheromones: dispersion of *Hyadaphis erysimi* and *Myzus persicae*. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, **70** (5): 669-672.
- Montgomery, M. E. and L. R. Nault, 1978. Effects of age and wing polymorphism on sensitivity of *Myzus persicae* to alarm pheromone. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, **71** (5): 788-790.
- Moser, J. C., 1970. Pheromones of social insects. In "Control of Insect Behavior by Natural Products". Wood, D. L., Silverstein, R. M. ve Nakajima, M. (Eds.). Academic Press, New York, 161-178.
- Müller, F. P., 1983. Differential alarm pheromone responses between strains of the aphid *Acyrtosiphon pisum*. *Ent. exp. & appl.*, **34** : 347-348.
- Nault, L. R., L. J. Edwards and W. E. Styer, 1973. Aphid alarm pheromones: secretion and reception. *Environmental entomology*, **2** (1): 101-105.
- Pasteels, J. M., J. C. Gregoire and M. Rowell-Rahier, 1983. Chemical defense in arthropods. *Ann. Rev. Entomol.*, **28** : 263-289.
- Ponsen, M. B., 1972. The site of potato leafroll virus multiplication in its vector. *Myzus persicae*. Mededeling Landbouwhogeschool, Wageningen, 147 s.
- Suzuki, T., K. Haga and Y. Kuwahara, 1986. Anal secretion of thrips I. Identification of perillene from *Leeuwenia pasanii* (Thysanoptera, Phlaeothripidae). *Appl. Ent. Zool.*, **21** (3): 461-466.
- Veith, H. J., N. Koeniger and U. Maschwitz, 1984. 2-methyl-3-butene 2-ol, a major component of alarm pheromone of the hornet *Vespa crabro*. *Naturwissenschaften*, **71** : 328-329.
- Wynn, G. G. and H. B. Boudreaux, 1972. Structure and function of aphid cornicles. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, **65** (1): 157-166.