

Bitki Kairomonlarının Entomolojik Yönden Önemi

Memiş KESDEK

Erol YILDIRIM

Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 25240 Erzurum-Türkiye (eyildi@atauni.edu.tr)

Geliş Tarihi : 05.05.2005

ÖZET: Agro-ekosistemde yapılan tarım, bitki-böcek ilişkisinin belirlenmesine imkân sağlamaktadır. Monokültür alanlarında yetiştirilen bitkilerden salgılanan semiokimyasal maddelerin yapıları daha basittir, kolayca algılanabilir ve daha etkilidirler. Semiokimyasal maddeler böceklerin davranışları, ekolojik ilişkileri, uyarılma ve teşvik edilmeleri (yönelme) üzerinde önemli etkilere sahiptirler. Bu bileşikler, bitkilerin çiçek, yaprak, meyve ve diğer kısımlarından çevreye salgılanmaktadır. Bunların renkleri, kokuları ve tatları, hem insanlar, hem de böcekler açısından önem arz etmektedir. Bunların çoğu yavaş veya ani uyarımların meydana gelmesine sebep olmaktadır. Bu çalışmada, kairomonların tanımı, bu maddeleri içeren bitki grupları ve salgıladığı maddeler ile bunların böceklerin davranışlarına olan etkileri literatür ışığında özetlenmiştir.

Key Words: Semiokimyasal maddeler, kairomonlar, allomonlar, böceklerin kontrolü

Entomological Importance of Plant Kairomones

ABSTRACT: The product carried on agroecosystem makes possible the determination of plant-insect relationships. The chemical structures of semiochemicals stimulated by plant grown on the monoculture fields are much simpler qualitatively, sensibly and much more intense quantitatively. The semiochemicals have important effect on the insect behaviors, ecological interrelations, responses and attractive. These compounds are produced by leaves, blossoms, fruits and other parts of plants. The colors, odors and tastes of these compounds are important for human and insects. Most of them cause either slow or fast specific stimulation on the behavioral of insect species. In this review, the definition of stimulating kairomones, the plants groups containing these chemicals, and also the effects of kairomones on the insect behaviors have been highlighted.

Key Words: Semiochemicals, kairomon, allomon, insects control

GİRİŞ

Bitkilerin ve böceklerin çevreye salgıladıkları gaz veya sıvı formdaki maddelere semiokimyasal maddeler adı verilmektedir. Semiokimyasal maddeler, feromonlar, allomonlar, kairomonlar ve synomonlar olmak üzere gruplandırılırlar. Bu maddeler, böcekler tarafından cezbedilme, uzaklaşma ve beslenmeyi engelleyici olarak algılanmaktadır. Allomonlar; yayıcıya fayda sağlayıp, diğer organizmalara doğrudan veya dolaylı olarak zarar verirken, kairomonlar yayıcıya herhangi bir fayda sağlamayıp, belki de zarar vermekte, ancak alıcıya fayda sağlayıp, böceklerin ve diğer canlıların çeşitli davranışlarını (konukçuyu bulma, beslenme ve yumurta koyma) teşvik eden veya olumsuz etkilemeyen bileşiklerdir. Böcekler yaşamlarını devam ettirebilmeleri, birbirleriyle ilişki kurabilmeleri ve konukçularını seçebilmeleri için mutlak suretle bir aracıya ihtiyaç duymaktadırlar. Bu olay, tür içi (feromon) ve türler arasında salgılanan maddeler ile konukçu bitkilerden salgılanan semiokimyasal maddeler (allomon ve kairomon) sayesinde gerçekleştirilmektedir. Türler arasında salgılanan bileşikler, hem allomonal, hem de kairomonal etki göstermektedir (Türkuçar ve Toros, 1992; Yıldırım, 2000). Ayrıca, bir bitki türü tarafından salgılanan maddenin diğer bir bitki türüne ya da türlerine doğrudan veya dolaylı zararlı etkisine (allomonal etki) allelopati adı verilir. Bu nedenle, ekosistemde meydana gelen biyolojik olayların doğru yorumlanabilmesi için kairomonların ve allomonların

biyotik ve abiyotik etkilerinin belirlenmesi gerekmektedir (Kaya ve Algur, 2000). Böcekler, bitkiler tarafından atmosfere salgılanan bu karmaşık yapıdaki bileşikleri kolayca algılayabilmekte ve bunlara karşı özel davranış mekanizmaları oluşturarak, konukçu bitkileri kolayca bulabilmektedirler.

Son yıllarda yapılan çalışmalarda, 200.000'nin üzerinde çiçekli bitkiden, büyüme ve gelişme süreleri boyunca en az 100.000'nin üzerinde semiokimyasal madde salgılandığı, bu bileşiklerden 6.000'den fazlasının kimyasal yapısının belirlendiği, bunların 3.000 tanesinin terpenoid, 1.000'inin flavanoid, 500'ünün quinone, 650'sinin poliasetilen, 400'ünün amino asit ve diğerlerinin ise fenilpropanoid yapısında olduğu ve bu bileşiklerin bir çok bitki türünün teşhisinde önem arz ettiği kaydedilerek, aynı kairomon veya allomonun bir cins ya da familyaya ait değişik bitki türleri tarafından salgılanabildiği, bu bitkilerle beslenen böceklerin bunlardan salgılanan semiokimyasal maddelere aynı derecede tepki gösterdiği, bu nedenle kairomonların, monofag, oligofag ve polifag olarak beslenen böceklerin davranışlarında ve konukçu seçiminde önemli rol oynadığı, yine, birçok predatör ve parazitoit böcek türlerinin de konukçularını bu semiokimyasal maddeler yardımıyla bulabildikleri belirtilmektedir (Metcalf, 1986; Metcalf ve Lampman, 1989). Bitkilerden salgılanan bu maddeler kullanılarak tarımsal alanlarda zarar yapan böceklerin kontrol

altına alınabilmesi de mümkün olabilmektedir. Nitekim, Mareggiani (2001), beş bitki türünden (*Azadirachta indica*, *Tanacetum* sp., *Derris* sp., *Lonchocarpus* sp. ve *Nicotiana tabacum*) elde edilen bileşiklerle birçok böceğin zararının engellenebileceğini kaydetmektedir.

Böceklerin Konukçu Bitki Seçimi

Böceklerle bitkiler arasındaki ilişkilerin çok eskilere dayandığı ve ilk bitki türüne yaklaşık olarak 400 milyon yıl önce rastlandığı, bilinen ilk böcek türünün ise 390 milyon yıl önce Thysanura takımına ait *Gaspeya paloventognathe* olduğu ve bu böceğin bitkilerle beslenmiş olabileceğinin tahmin edildiği belirtilmektedir (Labandeira vd., 1988). Yaklaşık 400 milyon yıldan beri böcekler ve bitkiler yeryüzünde yaşama savaşı içerisindeyler. Allomon ve kairomon olarak etki gösteren uçucu maddeler, bitki, böcek ve semiokimyasal maddeler arasındaki ilişkileri, böcek karakteristiğini, ekolojisini, davranışını ve zoocoğrafyasını tespit etmede önemli bir yer tutmaktadırlar (Riek, 1970; Smart ve Hughes, 1973). Bununla birlikte, bitki bünyesindeki semiokimyasal maddeler, bitkinin böceğe karşı dayanıklılığına da etki etmektedirler. Fitofag böcekler tarafından konukçu bitkilerin seçimi oldukça karmaşık bir olaydır. Bitkiler tarafından üretilen semiokimyasal maddeler, böceklerin konukçularını bulma, beslenme, yumurta koyma, büyüme ve gelişme davranışları üzerinde önemli etki yapmaktadırlar (Yıldırım, 2000).

Kogan (1976, 1982), böceklerin davranışları üzerinde etkili olan allomon ve kairomonları şöyle sıralamaktadır:

1-Allomonlar

a- Repellentler (uzaklaştırıcılar): Böceği bitkiden uzaklaştırırlar.

b- Eksitantlar (uzaklaştırmayı teşvik ediciler): Böceğin uzaklaşma hareketini başlatırlar veya hızlandırırlar.

c- Suppressantlar (önleyiciler): Böceğin ısırmasını veya emmesini önlerler.

d- Deterrentler (caydırıcılar, engelleyiciler): Böceklerin beslenme ve yumurta bırakma davranışlarını engellerler.

e- Antibiotikler: Normal büyüme ve gelişmeyi bozarlar.

f- Antiksenotikler (konukçu yanılıcıları): Normal konukçu seçimini engellerler.

2-Kairomonlar

a- Atraktantlar (cezbediciler): Böceği bitkiye doğru cezbederler.

b- Arrestantlar (durdurucular-yavaşlatıcılar): Böceğin başka bir bitkiye doğru hareketini engellerler veya durdururlar.

c- Eksitantlar (teşvik ediciler): Böceğin emme, ısırma ve yumurta koymasını teşvik ederler.

Aynı araştırmacı, böceklerin konukçularını bulma davranışlarıyla ilgili ise şu örnekleri vermektedir. Ağustosböcekleri ve çekirgelerden birçok tür, konukçularını bitkiden salgılanan maddeler sayesinde bulmaktadırlar. Konukçu bitkideki şeker, vitamin, lipit ve amino asitler, böceklerin beslenmelerini teşvik etmekte, ancak yumurta koymada etkili olmamaktadırlar. Afitler ve beyazsinekler polifag olarak beslenmektedirler. Bunlar, yeşil, sarı, turuncu renkler sayesinde konukçularını bulmakta ve amino asit ile şeker içeriğini inceleyerek, beslenme ve yumurta koymaya karar vermektedirler. Chrysomelidae (Coleoptera) familyasına ait oligofag olarak beslenen böceklerin ergin ve larvaları, konukçu bitkiden salgılanan fenilpropanoid sayesinde konukçularını bularak, onunla beslenmektedirler. Oligofag olarak Solanaceae bitki türleriyle beslenen Patates böceği ile tütünde beslenen bir lepidopter (Sphingidae) türünde, konukçunun bulunması, seçilmesi, beslenme ve yumurta konması, patatesten solanidin alkaloidinin, tütünde ise nikotinin algılanmasıyla gerçekleşmektedir. *Pieris*, *Plutella*, *Autographa* (Lepidoptera), *Phaedon*, *Phyllotreta* (Coleoptera) ve *Brevicoryne* (Homoptera) cinslerine bağlı türler, Brassicaceae familyasına bağlı bitki türleriyle beslenirler. Bu böceklerde Brassicaceae familyasına bağlı bitki türlerinden salgılanan sinigrin'in yumurtlamayı, glukosinolate ve allil isothiokyanate'nin ise larvanın beslenmesini teşvik edici önemli kairomonlar olduğunu bildirmektedir.

Böcek Cezbedicileri Olarak Bitki Kairomonları

Semiokimyasal maddelerin büyük bir kısmı birçok böcek türü için kairomonal etki göstermektedir. Bu etki, difüzyon yoluyla hava içerisinde olur ve etkinlikleri onların uçucu özellikleriyle ilişkilidir. Bunlar, nektar ve polenle beslenen böcekler, özellikle de arı ve kelebekler için konukçu bitkiyi bulmada rol oynamakta ve dolayısıyla polinasyon (tozlaşma) açısından da ayrı bir önem arz etmektedirler. Ayrıca, konukçu bitkinin bulunduğu ekolojik ortamda böceklerin bir araya toplanmasına ve çiftleşmesine de yardımcı olmaktadır. Bu konu ile ilgili yapılan çalışmalarda, 70'in üzerinde bitki türünden birçok kimyasal madde izole edilmiş ve bu maddelerin 5 takıma ait 300'ün üzerinde böcek türünün davranışlarına etki ettiği, bunların, 99-222 molekül ağırlığında ve kaynama noktalarının da 20-340 °C arasında olduğu belirtilmiştir (Williams, 1983). Bu rakamlar da bu kimyasalların fiziksel özelliklerini ortaya koymaktadır. Kairomonlar, terpenoidler, fenilpropanoidler, aldehydler, esterler, asit ve kükürt bileşikleri gibi değişik kimyasal gruplara ayrılmaktadırlar. Bitki cezbedicilerinden metil

eugenol'un Diptera takımına ait 58 meyve sineği türünü, fenil-asetaldehide'nin Lepidoptera takımına ait birçok noctuid türünü, benzil asetate, sineole ve eugenol'un ise Hymenoptera takımının Apidae türlerini cezbettikleri kaydedilmektedir (Fraenkel, 1959).

Bitkiler Tarafından Üretilen Semiokimyasalların Spektrumu

Son yıllarda yapılan çalışmalarda, bitkilerin farklı kısımlarından çok sayıda semiokimyasal madde salgılandığı tespit edilmiştir. Örneğin, Cucurbitaceae bitkilerinin çiçeklerinden 40, kestane (*Castania creata*) çiçeğinden 46, *Peony albiflora* çiçeğinden 49, *Helianthus annuus* (ayçiçeği)'dan 37, elma (*Malus comminus*)'dan 60, *Psidium guajava*'dan 36 ve *Mangifera indica*'dan 21, mısır (*Zea mays*) püsküllerinden 68, lahanası (*Brassica oleracea*) yapraklarından 33 ve şekerpancarı (*Beta vulgaris*) yapraklarından ise 16 adet semiokimyasal maddenin izole edildiği kaydedilmektedir (Yamaguchi ve Shibamoto, 1980; Etievant vd., 1984; Kumar ve Motts, 1986; Anderson, 1988).

Bitkilerin Kairomon Üretimi

Bitkiler tarafından üretilen kairomonların esas yapısını lipofilik maddeler oluşturmaktadır. Bitkilerin meyve ve çiçeklerinden salgılanan tatlı ve kokulu bileşikler, kimyasal yönden karakteristik özellik göstermektedirler. Bunların çoğunluğu mevalonik asit içeren ve kairomonal etki gösteren terpenoidlerden oluşmaktadır. Uçucu özelliği fazla olan fenilpropanoidler ise bitkilerin yeşil kısımlarından salgılanmaktadır (Geissman ve Crout, 1969; Friedrich, 1976; Rodriguez vd., 1984).

Fahn (1979), semiokimyasal maddelerin bitkiler tarafından dört şekilde salgılandığını belirtmektedir. Bunlar:

1-Havaya difüzyon yoluyla: Bu yolla semiokimyasal maddeler, Aristolochiaceae, Araceae, Burmainaceae ve Orchidaceae gibi familyalara bağlı bitki türleri tarafından üretilerek, atmosfere doğrudan verilirler. Bu olay, doğal olarak bitkilerin yaprak, çiçek ve diğer kısımlarına dokunmak suretiyle veya rüzgâr gibi etkenler vasıtasıyla gerçekleştirilmektedir. Vogel (1966), hücrelerde nişastanın depolandığını, bu nişastanın epidermise iletilmesini ve kokulu maddelerle metabolizması sonucunda kutikuladaki deliklerden semiokimyasal madde olarak difüzyon yoluyla havaya salgılandığını bildirmektedir.

2-Yapraklar veya gövdedeki salgı bezleriyle: Labiatae, Solanaceae, Compositae ve Geranaciae familyalarına ait bitki türlerinde belirgin morfolojilere sahip olan salgı bezleri mevcuttur. Bu bezler, bitkide yoğun olarak buldukları diken, tüy gibi organlarda terpenoidleri ve allomonal etki

gösteren diğer bileşikleri salgılamaktadırlar. Dolayısıyla, bu çıkıntılar hem morfolojik, hem de kimyasal olarak koruyucu görev yapmaktadır. Kelsey vd. (1984), bu bezlerden yüzden fazla semiokimyasal madde izole edilerek, fitofag ve patojen organizmalara karşı koruyucu olarak kullanıldığını ve aynı zamanda, bitkilerden salgılanan bu semiokimyasalların bir kısmının ise böcek-bitki ilişkilerinde kairomon olarak fonksiyon gördüğünü belirtmektedirler.

3-Uçucu maddelerin biyo-sentezi: Cruciferae, Capparidaceae, Rosedaceae, Tovariaceae, Moringaceae, Limnanthaceae, Tropaeoaceae, Coricaceae, Euphorbiaceae, Gyrostemonaceae ve Savadoraceae'ye ait bitki türlerinde mevcut olan 60'ın üzerinde kükürt glucosinolate'lerin yapıtaşlarını amino asitler oluşturmaktadırlar. Glukosinolate'ler, üzerinde en fazla çalışılan kairomonlardır. Brassicaceae familyasına ait bitki türlerinde bunların mevcut olması, o bitki türlerinin karakteristik özelliğini yansıtmaktadır. Glukosinolate sinigrin, hardal (*Brassica nigra*) yapraklarında %0,18-0,66 oranında bulunmakta ve bu allilisothiokyanate'ye dönüştürülmektedir. Bu bileşik ise *Phyllotreta crucifera*, *P. striolata*, *Phaedon cochliariae* (Col.: Chrysomelidae), *Delia brassicae* (Dip.: Anthomyiidae), *Pieris brassicae*, *P. rapae* (Lep.: Pieridae), *Plutella xylostella* (Lep.: Plutellidae), *Trichoplusi ni* (Lep.: Noctuidae) ve *Brevicoryne brassicae* (Hom.: Aphididae) böcek türlerinin konukçularını bulmalarında kairomonal etki göstermekte, bununla birlikte, glukosinolate'nin bazı böcek türlerinde de allomonal etkiye sahip olduğu kaydedilmektedir (Gornitz, 1956; Kjaer, 1960; Feeny, 1976).

4-Yaralanmış veya bozulmuş dokulardan kairomonların sentezlenmesi: Zarar görmüş bitki dokularından, sağlıklı olanlara göre daha farklı özellikte bileşikler salgılanmaktadır. Bu bileşikler, birçok zararlı böcek tarafından kairomon olarak algılanmaktadır. Kabuk böcekleri (Col.: Scolytidae), özellikle kurumaya yüz tutmuş veya kurumuş ağaçlara saldırırlar ve orada kolonize olurlar. Karaağaçta beslenen *Ulmus americana*, özellikle *Ceratocystis ulmi* (Karaağaç Hastalığı) fungusunun hastalandığı ağaçlarda zarar yapmaktadır. Bu fungusun zararı sonucunda, o dokudan tatlı elmadaki kokuya benzer bir madde salgılandığı ve bu böceği cezbediği belirtilmektedir (Millar vd., 1986). Yine, *Hylurgopinus rufipes* (Amerikan Karaağaç Böceği) ile *Scolytus multistriatus* (Avrupa Karaağaç Kabukböceği) türleri, *C. ulmi* hastalığının vektörleridir ve hastalık nedeniyle odun dokusu çürür, bunun sonucunda zarar gören dokudan salgılanan lignin, vanilin ve syringealdehid'in bu böcekleri cezbederek, konukçunun bulunmasında etkili oldukları

bildirilmektedir (Meyer ve Norris, 1967; Gore vd., 1977). Bitkilerden kairomonların salgılanmasına sıcaklık önemli derecede etki etmektedir. Örneğin, hardal bitkisinde soğuk ve kapalı havalarda daha az,

güneşli ve ılık günlerde ise daha fazla miktarda uçucu madde salgılandığı kaydedilmektedir (Rice, 1974).

Tablo 1. Böcekleri cezbeden bitki kairomonlarından bazıları

Cezbedilen Böcek Türü	Salgılanan Kairomon	Salgılandığı Bitki Türü veya Grubu	Mol. Ağırlığı
<i>Acalymma vitlatum</i>	indole	Kabakgiller	117
<i>Anthonomus grandis</i>	β -bisabolol	Pamuk	222
	β -kariofillene		204
	0-kariofillene oksit		-
	imonene		136
<i>Blastophagus piniperda</i>	α -pinene	Çam	136
	α -terpineol		154
<i>Carpophilus hemipterus</i>	etanol	İncir	46
	etil asetat		88
	asetaldehide		44
<i>Cotinus nitida</i>	kaproik asit	Şeftali	116
<i>Dendroctonus pseudotsugae</i>	α -pinene	Kök nar	136
<i>Hylobius pales</i>	anetole	Karaağaç	148
<i>Leptinotarsa decemlineata</i>	trans-2-heksen-1-ol cis-3-heksen-1-ol	Patates	100
<i>Popillia japonica</i>	anetole	Üzüm	148
	sitronellol		156
	eugenol	Şeftali	164
	geraniol		154
	fenetanol		122
	kaproik asit		116
<i>Phyllotreta cruciferae</i>	allil isotiokyanate	Lahana	99
<i>Phyllotreta striolata</i>	allil isotiokyanate	Lahana	99
<i>Scolylus multistriatus</i>	α -kadinene	Karaağaç	204
	γ -kadinene		204
	\pm kalamenene		202
	α -kubebene		204
	β -elemene		204
	α -muurolene		204
<i>Delia brassicae</i>	allil isotiokyanate	Lahana	99
<i>Dacus cucurbitae</i>	raspberry ketone	Kabakgiller	164
<i>Rhagoletis pomonella</i>	butil 2-metilbutanoate	Elma	160
	propilheksanoate		158
	butil heksanoate		172
	heksil propanoate		158
	heksil butanoate		172
<i>Eulaema bombiformis</i>	benzil asetat	Elma	150
<i>Psila rosae</i>	trans-asarone	Havuç	208
	trans-2-heksenol		100
	heksanal		100
	heptanal		114

Bitki Kairomonlarının Böcekler Tarafından Algılanması

Böceklerin konukçularını bulma ve davranışlarını kontrol etme, kimyasal ekolojinin konusudur. Kimyasal ekoloji; doğal üretimlerin yapısı, fonksiyonu ve biyo-sentezinin çalışılması olarak tanımlanmaktadır. Başka bir ifadeyle, böcekler ile bitkiler arasında ekolojik topluluk ve davranış ilişkilerini düzenleyen önemli bir faktördür. Kimyasal ekolojinin, bir ekosistemde yaşayan artropodların yaşam yerlerini, birbirleriyle ve çevre ile olan ilişkilerini düzenlemede önemli rol oynadığı belirtilmektedir (Carde ve Millar, 2004). Bitkilerin farklı kısımlarından salgılanan semiokimyasal maddeler, böceklerin koklama reseptörleri tarafından algılanmakta, böceği cezbetmekte ve konukçu bitkilere doğru yönelmelerine neden olmaktadır.

Kimyasal maddelere duyarlı olan reseptör hücreleri, böceklerin duyu sistemlerinin en önemli kısımlarıdır. Bu hücrelere kemoreseptör adı verilir. Bu hücrelerde kimyasal uyarılara bağlı olarak meydana gelen fizyolojik olaylara ise kimyasal algılama denir. Hongson (1964), kemoreseptörleri, tat alma (kontakt) ve koku alma (olfaktori) reseptörleri olmak üzere iki grupta incelemiştir. Böceklerin antenleri, bitki ile böcek arasında kairomon ve allomon iletişim fazında algılama işleminde önemli rol oynamaktadır. Ancak, bu olay birçok böcek türünde vücutlarının farklı yerlerindeki özel organlar tarafından gerçekleştirilmektedir. Örneğin, *Chrysolina* spp. (Col.: Chrysomelidae)'de ön tarsus'ta, *Hypericum* spp.'den salgılanan hyperisin kairomonunun algılanmasını sağlayan özel yapıların bulunduğu, Cucurbitaceae familyasına ait bitki türleriyle beslenen bazı böcek türlerinin maxillar palpus'larında algılama için özel yapıların geliştiği, yumurtlama uyarıları için uygun reseptörlerin ise dişi böceklerin ovipozitör'lerinde bulunduğu kaydedilmektedir (Rees, 1969). Böceklerin antenlerinin koku alma fonksiyonları, sensilla ve flagellum üzerindeki duyu kılları tarafından algılanarak, doğrudan orta beyine ulaştıran sinir kanallarıyla gerçekleştirilmektedir. Bunun en güzel örneği, Lepidoptera takımında, özellikle de İpek böceği (*Bombyx mori*)'nde (Lep.: Bombycidae) görülmektedir. Ergin böcekler, antenlerindeki özel yapılar sayesinde, havadaki eşeyssel feromonlarını kolayca algılayabilmekte ve çok düşük yoğunluklarda bile kolayca çiftleşmelerini gerçekleştirebilmektedirler (Schneider, 1968; Türkuçar ve Toros, 1992).

Kairomonlar İçin Reseptörler

Semiokimyasal maddeler, uygun bir kemoreseptör tarafından algılandığında ona karşı bir cevap verilir. Böcek reseptörleri zarla çevrilidir, şekil ve renk bakımından da farklılık göstermektedir.

Bunlar, ince veya kalın duvarlı olabilmektedirler. Reseptörün membranına gelen uyarılar daha sonra beyine iletilir. Membranın dış yüzeyi kairomon iletişimi ile ilgili olup, iç yüzeyi ise özel algılama hücrelerini içerir ve iç uyarılara cevap vermektedir (Williams, 1986; Türkuçar ve Toros, 1992). Algıma, semiokimyasal maddenin etkinliğini kaybedinceye (yoğunluğu azalınca) kadar devam eder ve böcek çok düşük molekül yoğunluğundaki semiokimyasal maddeye cevap vermez. Patates böceği (*Leptinotarsa decemlineata*), patates yapraklarından salgılanan klorojenik asit'i, *Chrysolina* spp. ise *Hypericum* sp.'den salgılanan hyperisin'i antenlerdeki reseptör hücreleri tarafından algılayarak, konukçularını bulmaktadır (Ma ve Visser, 1978; Visser, 1979). Yine, *Dendroctonus pseudotsugae*, *D. ponderosae*, *D. rufipennis* ve *Dryocoetes confusus* (Col.: Scolytidae) kabukböceği türlerinin, *Pseudotsuga menziesii*, *Pinus contorta* var. *latifolia*, *Picea engelmannii* x *glauca* ve *Abies lasiocarpa* x *bifolia* ağaçlarından salgılanan 13 kairomonu (uçucu monoterpeni) antenlerdeki reseptör hücreleri ile algıladıkları ve bu maddeler ile bu türlerin cezbedilerek bu bitkilerle beslendikleri tespit edilmiştir (Pureswaran vd., 2004). Anderson ve Metcalf (1986), birçok bitkinin yaprak, çiçek ve meyvelerinden 30-80 civarında kairomon salgılandığını, *Cucurbita maxima* (Cucurbitaceae) bitkisinin çiçeklerinden salgılanan 13 kairomonun *Diabrotica umdecimpunctata howardi* (Col.: Chrysomelidae)'yi cezbedtiğini tespit etmişlerdir. Aynı araştırmacılar, değişik bitkilerden izole ettikleri indole'yi, besin maddeleriyle karıştırarak hazırladıkları yapışkan tuzaklarda çok sayıda böceği yakalamışlardır. Hammack (2003), yaptığı çalışmada buğdayda zarar yapan *Diabrotica barberi* (Col.: Chrysomelidae) türünün bu bitkiden salgılanan 4-methoksifenethanol'e, *Diabrotica virgifera virgifera* alttürünün ise 2-fenil-1-etilamine ve 2-fenil-1-etanol'e hassas olduklarını ve bu maddeler ile konukçularını bularak, beslendiklerini kaydetmektedir. Akdeniz meyve sineği (*Ceratitis capitata*)'nin dişi bireylerinin trimedlureye karşı daha hassas olduğu, bu kairomonla karışık yem tuzaklarıyla bunların cezbedilip, imha edilebileceği bildirilmektedir (Jang vd., 1989). Yine, armut bitkisinden salgılanan kairomonlara karşı, *Cacopsylla bidens* (Hom.: Psyllidae)'in erkek bireylerinin dişilere göre daha hassas oldukları, erkek bireylerin hem konukçuyu bulmaları, hem de çiftleşmeyi gerçekleştirmelerinde bu bileşiklerden faydalandıkları belirtilmektedir (Soroker vd., 2003). Ayrıca, *Ips latidens* ve *Ips pini* (Col.: Scolytidae) kabuk böceklerinin çamgillerden salgılanan Ipsdienol, ekso-brevicomin, cis-verbenol ve trans-verbenol maddeleri tarafından cezbedildikleri, bu bileşiklerle hazırlanan tuzaklarla bunların

Tablo 2. *Yponomeuta* cinsine ait yedi böcek türünü cezbeden bitki türleri ve familyaları

Böcek türü	Konukçu bitki türü	Bitki familyası
<i>Yponomeuta cagnagellus</i>	<i>Euonymus europaeus</i>	Celastraceae
<i>Y. evonymellus</i>	<i>Prunus padus</i>	Rosaceae
<i>Y. malinellus</i>	<i>Malus</i> spp.	Rosaceae
<i>Y. mahalebella</i>	<i>Prunus mahaleb</i>	Rosaceae
<i>Y. padellus</i>	<i>Crataegus, Prunus</i> spp.	Rosaceae
<i>Y. plumbellus</i>	<i>Euonymus europaeus</i>	Celastraceae
<i>Y. vigintipunctatus</i>	<i>Sedum telephium</i>	Crassulaceae

mücadelesinin yapılabileceği bildirilmektedir (Miller, 2000).

Van der Pers (1981), altı farklı bitki türünün yapraklarından elde ettiği bileşiklerin *Yponomeuta* (Lep.: Yponomeutidae) cinsine ait yedi böcek türünü cezbedtiğini bildirmektedir.

Aynı araştırmacı, *Yponomeuta* cinsine ait türlerin tamamının heksan-1-ol, heksanal, trans-2-heksenal, trans-2-heksen-1-ol, cis-2-heksen-1-ol, cis-3-heksen-1-ol ve cis-3-heksenil asetat'a karşı bir tepki gösterdiklerini bildirmektedir. Patates böceği (*L. decemlineata*)'nin trans-2-heksen-1-ol, cis-3-heksen-1-ol, heksen-1-ol, trans-2-heksenal, heksenal ve cis-3-heksenil asetat'ı algılayarak, konukçu bitkiye yöneldiği kaydedilmektedir (Ma ve Visser, 1978; Visser, 1979). *Tomicus piniperda* (Col.: Scolytidae)'nın çam bitkisinden salgılanan 1-heksanol, (Z)-3-heksen-1-ol, (E)-2-heksen-1-ol, 3-oktanol, ve 1-okten-3-ol bileşikleri sayesinde konukçusunu çok uzak mesafelerden bulabildiği ve önemli zarar oluşturduğu belirtilmektedir (Poland vd., 2004). Bununla birlikte, bazı türlerin ise sadece spesifik bir kairomona cevap verdikleri kaydedilmektedir. Örneğin, *Y. evonymellus*, sadece benzil asetat'a, *Y. plumbellus* benzil asetat ve nerol'e, *Y. cagnagellus* nerol'e ve *Y. vigintipunctatus* ise sadece β -ionone'ye hassas olup, konukçularını bu kairomonlar sayesinde buldukları kaydedilmektedir (Van der Pers, 1981). Bununla birlikte, bazı semiokimyasalların aynı cinse ait türler arasında hem kairomonal, hem de allomonal etkisinin olduğu, örneğin, *Alydus eurinus* (Het.: Alydidae) türünde 2-metilbutil butirata ve (E)-2-metil-2-butenil butirata'nin kairomonal etki gösterdiği, *A. pilosulus* türünde ise allomonal etki gösterdiği bildirilmektedir (Aldrich vd., 2000).

Japon Böceği (*Popillia japonica*)'nin Mücadelesinde Bitki Kairomonlarının Önemi

Japon böceği [*Popillia japonica* (Col.: Scarabaeidae)], Japonya'ya özgü bir böcektir ve 1916 yılından sonra fidan ihracatıyla birlikte gemilerle ABD (New Jersey)'ne taşınmış, çok kısa sürede hemen tüm Amerika'ya yayılmıştır. Bu böceğin çok

kısa sürede hızla yayılmasının ve çok fazla zarar oluşturmasının sebebi, konukçu bitkilerden salgılanan kairomonların bu böceği cezbetmesidir. Fleming (1972), Sethi vd. (1976) ve Williams vd. (1982), bu kairomonlardan bazılarını ve salgılandıkları bitki türlerini tablo 3'de vermişlerdir.

Tablo 3. Japon böceğini cezbeden bazı kairomonlar ve salgılandığı bitki türleri

Salgılanan Kairomon	Salgılandığı Bitki Türü
Asetik asit	Elma, Şeftali, Gül
Kaproik asit	Elma
Sitral	Elma, Gül
Sitronellol	Gül
Eugenol	Gül
Geraniol	Elma, Üzüm, Gül
2-Feniletanol	Üzüm, Gül
Valerik asit	Elma, Şeftali

Japon böceğinin ABD'nde oburca beslenmesi sonucu, özellikle de bahçelerde, fidanlıklarda ve çim alanlarında milyonlarca dolarlık zarar meydana gelmiştir. Bu böceğin 24 familyaya bağlı 350 bitki türü üzerinde beslendiği, özellikle de çiçekler, meyveler, sebzeler, süs bitkileri, üzüm meyveler, mısır, soya fasulyesi ve yonca gibi tarla bitkilerinde zarar yaptığı, Amerika'daki çim ve çayır alanlarında çok fazla zarar oluşturduğu bildirilmektedir (Fleming, 1972; Potter ve Held, 2002). Bitkilerin çiçek ve meyvelerinden salgılanan kairomonların, bitkilerin diğer kısımlarından salgılanan semiokimyasal maddelerle sinerjik etkilerinin olduğu belirlenmiştir. Örneğin, eugenol ile 2-feniletanol'un 1/9 oranındaki karışımı yapay olarak uygulandığında Japon böceğinin daha fazla cezbedildiği tespit edilmiştir. Yine, metilsiklohezan propionate ile eugenol'un 1/9 oranındaki karışımının da bu böceği 2,5 kat daha fazla cezbedtiği bildirilmektedir (McGovern vd., 1970). Bitkiler tarafından salgılanan 2-feniletanol, eugenol, geraniol, sitral, sitronellal, fenetanol ve sitronellol'un bu böceği cezbeden diğer bileşikler olduğu, doymuş eugenol analoglarından 2-metoksi-4-propilfanol'un ise tek başına kullanıldığında bu böceği daha fazla cezbedtiği, bunun sebebinin ise bu bileşiğin uçucu özelliğinin

daha fazla olmasından kaynaklandığı ve çalışmalar sonucunda, eugenol analoglarının sentetik olarak üretiminin yapıldığı ve bu böceklerle mücadelede başarı sağlandığı kaydedilmektedir (McGovern ve Ladd, 1981). ABD'ndeki meyve bahçelerinde, her 150 m²'ye 10 adet kairomonlu tuzak yerleştirilerek, milyonlarca Japon böceğinin yakalandığı ve bu tuzaklarda genellikle cezbedici olarak, eugenol ve fenetil propionate bileşiklerinin kullanıldığı belirtilmektedir (Fleming vd., 1940).

Kairomonlu tuzaklar, uzun yıllar Japon böceğinin mücadelesi ve kontrolünde önemli ölçüde kullanılmıştır. Cory ve Langford (1955), Maryland eyaletinde bir yaz boyunca 369 tondan fazla ergin Japon böceği'nin toplandığını bildirmektedirler. Hamilton vd. (1971), Nantucket ve Massachusetts'de meyve bahçelerine yerleştirdikleri tuzaklarda üç yıl boyunca sürdürdükleri çalışmada, bu böceğin % 50'sini toplayarak, imha etmişlerdir. Yine, Uluslararası Dulles Havaalanı'nda, bu böceğin uçaklara zarar verebileceği düşünülerek, popülasyonunu yok etmek amacıyla, 1400 adet tuzak yerleştirildiği de bildirilmektedir (Klein, 1981).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bitkilerden salgılanan kairomonlar üzerindeki çalışmalar son yıllarda gelişmiş ülkelerde yoğun bir şekilde yapılmaktadır. Ülkemizde ise bu konu ile ilgili çalışma son derece sınırlıdır. Bu nedenle, bu konu üzerindeki çalışmalara hız verilmelidir. Bu kairomonların, özellikle uzun sürede yetiştirilen ve ekonomik öneme sahip bitkiler üzerinde zarar oluşturan organizmalara karşı mücadelede kullanılması ve bunun yaygınlaştırılması gerekir. Yine, sadece arazi şartlarında değil, aynı zamanda depolarda muhafaza edilen ürünlerde zarar oluşturan organizmalara karşı da kullanımının yaygınlaştırılmasına önem verilmelidir.

Bitkilerden elde edilen kairomonlar sayesinde, ekonomik öneme sahip pek çok zararlı türün ekolojik ilişkilerinin belirlenmesi, onların kontrol altında tutulması, insan ve çevre sağlığı dikkate alınarak mümkün olacaktır. Bu konu üzerinde gelecekte yapılacak pek çok çalışmanın başarıya ulaşacağını ümit ediyoruz.

KAYNAKLAR

Aldrich, J., R., Zhang, A., Oliver, J., E., 2000. Attractant pheromone and allomone from the metathoracic scent gland of a broad-headed bug (Hemiptera: Alydidae). *Canadian-Entomologist*, 132 (6): 915-923.

Anderson, J. F., Metcalf, R. L., 1986. Identification of a volatile attractant for *Diabrotica* and *Acalymna* spp. from blossoms of *Cucurbita maxima* Duch. *J. Chem. Ecol.* 12: 687-699.

Anderson, J. F., 1988. Composition of the floral odor of *Cucurbita maxima* Duchesne (Cucurbitaceae). *J. Agr. Food Chem.* 35: 60-62.

Carde, R. T., Millar, J., 2004. *Advances in insect chemical ecology*. Cambridge University Pres. Hardback, 346 pp.

Cory, E. N., Langford, G. S., 1955. The Japanese beetle retardation program in Maryland. *Univ. MD Ext. Bull.* 156, 20 pp.

Etievant, P. X., Azar, M., Pham-Delegue, M. H., Masson, C. J., 1984. Isolation and identification of volatile constituents of sunflowers (*H. annuus* L.). *Agric. Food Chem.* 32: 503-509.

Fahn, A., 1979. *Secretory tissues in plants*, Academic Press, London.

Feeny, P., 1976. Plant apparency and chemical defense, in biochemical interaction between plants and insects. *Rec. Adv. Phytochem.* 10: 1-40.

Fleming, W. E., Burgess, E. D., Maine, W. W., 1940. The use of traps against the Japanese beetle. *U. S. D. A. Cir.* 594, 12 pp.

Fleming, W. E., 1972. *Biology of the Japanese beetle*. U. S. D. A. Tech. Bull. 1449.

Fraenkel, G., 1959. The raison d'être of secondary plant substances. *Science* 129: 1466-1470.

Friedrich, H., 1976. Phenylpropanoid constituents of essential oils. *Lloydia* 39: 1-7.

Geissman, T. A., Crout, D. H. G., 1969. *Organic chemistry of secondary plant metabolism*. Freeman, Cooper & Co., San Francisco, CA.

Gore, W. E., Pearce, G. T., Lanier, G. N., Simeone, J. B., Silverstein, R. M., Peacock, J. W., Cuthbert, R. A., 1977. Aggregation attractant of the European elm bark beetles *Scolytus multistriatus*: Production of individual components and related aggregation behavior. *J. Chem. Ecol.* 3: 429-446.

Gornitz, K., 1956. Weitere untersuchungen uber insekten-atraktiostoffe aus cruciferen. *nachrichtenblatt. Dtsch. Pflanzenschutzdienst* N. F. 10: 137.

Hamilton, D. W., Schwartz, P. H., Townshend, B. G., Jester, W. C., 1971. Traps reduce an isolated infestation of Japanese beetle. *J. Econ. Entomol.* 64: 150.

Hammack, L., 2003. Volatile semiochemical impact on trapping and distribution in maize of northern and western corn rootworm beetles (Coleoptera: Chrysomelidae). *Agricultural and Forest-Entomology*. 5 (2): 113-122.

Hongson, E. S., 1964. *Chemoreception. in the physiology of insecta*. Rockstein, M. (Ed.) Academic Press, New York. 363-396.

Jang, E. B., Light, D. M., Dickens, J. C., McGovern, T. P., Nagota, J. T., 1989. Electroantennogram responses of Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) to trimedlure and its isomers. *J. Chem. Ecol.* 15: 2219-2231.

Kaya, Y., Algur, Ö. F., 2000. Allelopati. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, 31 (1): 57-61.

Kelsey, R. G., Reynolds, G. W., Rodriguez, E., 1984. The chemistry of biologically active constituents secreted and stored in plant glandular trichomes. *Plen. Press*, 187-241.

Kjaer, A., 1960. Naturally derived isothiocyanates (mustard oils) and their parent glucosides. *Fortshr. Chem. Org. Naturst.* 18: 122-176.

Klein, M. G., 1981. Mass trapping for suppression of Japanese beetles. pp. 183-190, in E. R. Mitchell, ed. *Management of insect pests with semiochemicals*. Plenum, N. Y.

Kogan, M., 1976. The role of chemical factors in insect/plant interrelationships. *Proc. XV Inter. Cong. Entom.* Washington, D. C., 211-227.

Kogan, M., 1982. Plant resistance in pest management. Chp. 4, In R. L. Metcalf and W. H. Luckman, eds. *Introduction to insect pest management*. 2nd ed., J. Wiley&Sons, N.Y.

Kumar, N., Motts, M. G., 1986. Volatile constituents of peony flowers. *Phtch.* 25: 250-253.

Labandeira, C. C., Beall, B. S., Huber, F. M., 1988. Early insect diversification: evidence of a lower devonian bristletail from Quebec. *Science* 242: 913.

Ma, W. C., Visser, J. H., 1978. Single unit analysis of odour quality coding by the olfactory antennal system of the colorado beetle. *Entom. Exp. Appl.* 24: 520-523.

Mareggiani, G., 2001. Management of insect pests with semiochemical substances originating from plants. *Manejo Integrado de Plagas.* 60: 22-30.

- McGovern, T. P., Beroza, M., Schwartz, P. H., Hamilton, D. W., Ingangi, J. C., Ladd, T. L., 1970. Methyl cyclohexanepropionate and related chemicals as attractants for Japanese beetles. *J. Econ. Entom.* 63: 276-280.
- McGovern, T. P., Ladd Jr., T. L., 1981. Japanese beetle: new synthetic attractants. *J. Econ. Entomol.* 74: 194-196.
- Metcalf, R. L., 1986. Coevolutionary adaptations of rootworm beetles (Col: Chrysomelidae) to Cucurbitacins. *J. Chem. Ecol.* 12: 1109-1124.
- Metcalf, R. L., Lampman, R. L., 1989. Chemical ecology of Diabroticites and Cucurbitaceae. *Experientia* 45: 240-247.
- Meyer, H. J., Norris, D. M., 1967. Vanilin and syringaldehyde as attractants for *Scolytus multistriatus* (Coleoptera: Scolytidae). *Ann. Entom. Soc. Amer.* 60: 858-859.
- Millar, J. G., Cheng-hua, Z., Lanier, G. N., O'Callagan, D. P., Griggs, M., West, J. R., Silverstein, R. M., 1986. Components of moribund american elm trees as attractants to elm bark beetles, *H. rufipes* and *S. multistriatus* *J. Ch. Ec.* 12: 583-608.
- Miller, D. R., 2000. Vertical displacement of *Ips latidens* and *Ips pini* (Coleoptera: Scolytidae) by semiochemical interruption. *Canadian-Entomologist.* 132(6): 789-797.
- Poland, T. M., Groot, P. de, Burke, S., Wakarchuk, D., Haack, R. A., Nott, R., 2004. Semiochemical disruption of the pine shoot beetle, *Tomicus piniperda* (Coleoptera: Scolytidae). *Environmental-Entomology*, 33 (2): 221-226.
- Potter, D. A., Held, D. W., 2002. Biology and management of the Japanese beetle. *Annual Review of Entomology.* 47: 175-205.
- Pureswaran, D. S., Gries, R., Borden, J. H., 2004. Antennal responses of four species of tree-killing bark beetles (Coleoptera: Scolytidae) to volatiles collected from beetles, and their host and nonhost conifers. *Chemoecology*, 14(2): 59-66.
- Rees, C. J. C., 1969. Chemoreceptor specificity associated with a choice of feeding sites by the beetle *Chrysolina brunvicensis* on its food plant, *Hypericum hirsutum*. *Entomol. Exp. Appl.* 12: 565-583.
- Rice, E. L., 1974. Allelopathy. Academic Press, N. Y.
- Riek, E. F., 1970. Fossil History, pp. 168-186, in *Insects of Australia*. Melbourne University Press, Melbourne, Australia.
- Rodriguez, E., Healey, P. L., Mehta, I., 1984 (Eds). *Biology and chemistry of plant trichomes*. Plenum Press, N. Y.
- Schneider, D., 1968. Insect antennae. *Annual Review Entomology*, 9: 103-122.
- Sethi, M. L., Rao, G. S., Choudhury, B. K., Morton, J. F., Kapadia, G. J., 1976. Identification of volatile constituents of *Sassafras albidum* root oil. *Phytochemstr.* 15: 1773-1775.
- Smart, J., Hughes, N. F., 1973. The insect and plant progressive paleological integration, pp. 143-155, in H. F. Van Emden (ed). *Insect/Plant Interrelationships*. Ent., Soc., London.
- Soroker, V., Anshelevich, L., Talebaev, S., Gordon, D., Reneh, S., Caspi, I., Harari, A., 2003. Reproductive biology as a key to the management of pear psylla (*Cacopsylla bidens*). *Bulletin-OILB/SROP*, 26 (11): 83-89.
- Türkuçar, A. S., Toros, S., 1992. Böceklerde Kemoreseptörler. *Türk. Entomol. Derg.*, 1992, 16 (4): 243-256.
- Van der Pers, J. N. C., 1981. Comparison of electroantennogram response spectra to plant volatiles in seven species of *Yponomeuta* and in the tortricid *Adoxophyes orana*. *Entomol. Exp. A. Appl.* 30: 181-192.
- Visser, J. H., 1979. Electroantennographic responses of the colorado beetle, *Leptinotarsa decemlineata* to plant volatiles. *Entomol. Exp. Appl.* 25: 86-97.
- Vogel, S., 1966. Scent organs of orchid flowers and their relation to insect pollination, 243-259, in L. R. DeGormo (ed.) *Proc. 5th World Orchid Conf.*, Long Beach, CA.
- Williams, P. J., Strauss, C. R., Wilson, B., Massey-Westropp, R. A., 1982. Use of C₁₈ reversed phase liquid chromatography for the isolation of monoterpene glycosides and non-iso-prenoid precursors from grape juice and wines. *J. Chrom.* 235:471-481.
- Williams, N. H., 1983. Floral fragrances cues in animal behavior. pp 50-71 in G. E. Jones and R. J. Little (eds.) *Handbook of experimental pollination biology*. Scientific and Academic Editors, N. Y.
- Williams, M., 1986. The receptor from concept to function. Chapt. 21 in R. W. Egan, ed. *Ann. Rept. Medicinal Chem.* Academic Press, N. Y.
- Yamaguchi, K., Shibamoto, T., 1980. Volatile constituents of the chestnut flower. *Jour. Agr. Food Chem.* 28: 82-84.
- Yıldırım, E., 2000. Tarımsal zararlılarla mücadele yöntemleri ve kullanılan ilaçlar. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Yayınları, No: 219, Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi, 344 s.