

## INDIVIDUAZIONE E APPLICAZIONE DI COMPOSTI VOLATILI REPELLENTI PER IL CONTROLLO DELLE POPOLAZIONI DEL PUNTERUOLO ROSSO DELLE PALME

SALVATORE GUARINO (\*) - PAOLO LO BUE (\*) - EZIO PERI (\*)  
VICTORIA SOROKER (\*\*) - STEFANO COLAZZA (\*)

(\*) Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali, Università degli Studi di Palermo, Viale delle Scienze edificio 5, 90128 Palermo, Italy.

(\*\*) Volcani Center, ARO, Bet Dagan 50250, Israele

Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Il Punteruolo rosso delle palme: nuove acquisizioni e possibilità di controllo demografico" Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 15 novembre 2013.

### *Individuation and application of repellent volatile compounds for red palm weevil population control*

The red palm weevil (RPW), *Rhynchophorus ferrugineus* Olivier (Coleoptera, Curculionidae), is one of the most severe pests of ornamental palm species in urban areas of Mediterranean countries. The cryptic nature of the weevil, and the gaps in our knowledge of its biology and ecology, hamper the development of efficient and sustainable strategies to limit its diffusion. Control strategies based on semiochemicals can be considered a suitable alternative for RPW population management, particularly in urban areas. Nevertheless these strategies might be improved by broadening our knowledge of behavior-modifying stimuli suitable for adult manipulation, such as repellent chemical compounds. A first study about the possibility to use repellent compounds for the control of *Rhynchophorus* species was carried out in Central America using  $\alpha$ -pinene and other undisclosed compounds. More recently, in Italy, in laboratory and field experiments were tested seventeen non-host volatiles as possible repellents against the RPW, selected for their repellent skills towards other arthropods. These studies showed promising results in term of repellency elicited from  $\alpha$ -pinene, methyl salicylate, 1-octen-3-ol and geraniol that elicited: 1) Significant disruption of pheromone trap attraction; 2) reduction of female's egg deposition activity; 3) antifeedant properties. The possibilities to use candidate repellent compounds in a "Push and Pull" or "stimulo-deterrent diversionary" strategies are discussed.

KEY WORDS: Coleoptera, non-host volatiles, "Push and Pull",  $\alpha$ -pinene, methyl salicylate, 1-octen-3-ol, geraniol

### INTRODUZIONE

Il Punteruolo rosso delle palme *Rhynchophorus ferrugineus* Olivier (Coleoptera, Curculionidae) è un coleottero curculionide originario del sud-est asiatico che, nell'ultimo decennio, si è diffuso in tutti i Paesi che si affacciano sul Bacino del Mediterraneo (OEPP/EPPO, 2008). Le specie di palme (Arecaceae) attaccate dal Punteruolo rosso delle palme riportate in letteratura sono numerose (DEMBILIO *et al.*, 2009; EPPO 2008; GIBLIN-DAVIS 2001; RAHALKAR *et al.*, 1978; WATTANAPONGSIRI 1966), tuttavia questo fitofago si è dimostrato particolarmente esiziale nei confronti della palma delle Canarie, *Phoenix canariensis* Hort. ex Chabaud, particolarmente diffusa nelle aree urbane come pianta ornamentale. L'attività trofica delle larve di Punteruolo rosso delle palme a carico dei tessuti fogliari, vascolari e meristemati della palma porta generalmente la pianta a morte.

In Europa, nel corso dell'ultimo decennio, l'invasione del Punteruolo rosso delle palme ha

determinato la morte di decine di migliaia di palme con ripercussioni particolarmente gravi dal punto di vista paesaggistico, soprattutto in quelle aree urbane dove le palme hanno storicamente assunto grande importanza ornamentale (LO VERDE *et al.*, 2009; MANACHINI *et al.*, 2013). La natura criptica del Punteruolo rosso delle palme e la mancanza di adeguate conoscenze sulla biologia ed ecologia di questa specie da un lato hanno reso difficile eseguire una diagnosi precoce, essendo la sintomatologia del danno poco evidente nei primi stadi d'infestazione, dall'altro hanno compromesso lo sviluppo di strategie di controllo efficaci e sostenibili (BLUMBERG 2008; SOROKER *et al.*, 2005). Dalla prima comparsa del Punteruolo rosso delle palme in Europa, le strategie di controllo hanno mirato al taglio e alla successiva triturazione del materiale vegetale nel tentativo di contenerne le popolazioni (FALEIRO *et al.*, 2002; LONGO *et al.*, 2008). L'utilizzo di insetticidi a largo spettro in ambiente urbano, spesso attuato in modo irrazionale, è risultato poco sostenibile a causa dei gravi effetti che ne derivano in termini

di inquinamento ambientale. Inoltre il regolamento 2009/128/ CE, recepito in Italia dal DL150 del 14/08/12, determinerà nei prossimi anni drastiche restrizioni nell'applicazione di mezzi chimici in aree urbane. Proprio in questi ambienti è quindi opportuno vagliare nuove e sostenibili strategie di contenimento delle popolazioni del fitofago. Gli strumenti di controllo basati sulla manipolazione del comportamento attraverso l'utilizzo di composti semiochimici si candidano, in questo senso, come valide strategie alternative sia per il loro basso impatto ambientale, sia perché i semiochimici assumono un ruolo particolarmente importante nell'individuazione dell'ospite da parte di questo fitofago (WITZGALL *et al.*, 2010). Molte specie appartenenti al genere *Rhynchophorus* utilizzano feromoni di aggregazione che facilitano l'incontro tra i sessi e l'accoppiamento (GIBLIN-DAVIS *et al.*, 1996; GUNAWARDENA *et al.*, 1998; ROCHAT *et al.*, 1991). Trappole innescate con questi feromoni, spesso in associazione con sostanze a funzione caimonale (come ad esempio, esteri delle palme e sostanze zuccherine) sono oggi utilizzate in molti paesi per il monitoraggio e la cattura massale di alcune specie di rincofori in ambienti agricoli ed urbani (GUARINO *et al.*, 2011; HALLETT *et al.*, 1999; OEHLISCHLAGER 2007; SOROKER *et al.*, 2005).

Tuttavia le scarse conoscenze sulle capacità di diffusione e sulla selezione dell'ospite da parte del Punteruolo rosso delle palme hanno suscitato perplessità e preoccupazioni sull'utilizzo delle trappole a feromone, dovute al fatto che queste possano determinare un richiamo del fitofago anche in areali ancora indenni. Infatti non si può escludere che la distribuzione di trappole innescate con attrattivi in aree ancora indenni possa mettere in pericolo le piante presenti in prossimità delle trappole stesse (GUARINO *et al.*, 2013).

Le strategie che mirano al controllo del Punteruolo rosso delle palme basate su attrattivi semiochimici presenti nelle trappole potrebbero venire ottimizzate attraverso l'utilizzo contemporaneo di altri composti che agiscono come stimoli repellenti nei confronti del fitofago, da applicare a protezione delle palme stesse.

#### COMPOSTI AD AZIONE REPELLENTE NEI CONFRONTI DEI COLEOTTERI

Nel corso degli ultimi cinquanta anni numerosi oli essenziali di piante sono state valutati per le loro proprietà repellenti nei confronti degli insetti (SUKUMAR *et al.* 1991). In particolare contro i coleotteri, oli essenziali con proprietà repellenti,

estratti da substrati vegetali, sono stati usati spesso come una valida alternativa all'impiego di insetticidi di sintesi (DETHIER, 1956; HUANG & HO, 1998; SHIMIZU & HORI, 2009). Molti studi sono stati condotti sull'uso di sostanze repellenti per la difesa delle derrate alimentari da *Lasioderma serricornis* Fabricius, *Tribolium castaneum* Herbst, *Callosobruchus chinensis* L. e *Sythophilus oryzae* L., (HUANG & HO 1998; KIM *et al.*, 2003; ZAPATA & SMAGGHE, 2010). Spesso l'attività repellente e tossica degli oli essenziali è determinata dalla sinergia delle diverse sostanze presenti negli estratti, più raramente l'azione repellente è determinata da una o poche sostanze. Ad esempio nel caso di estratti di cannella *Cinnamomum aromaticum* Nees, che esercitano attività repellente nei confronti di *T. castaneum* e *Sythophilus zeamais* Motsch, è stato osservato che la molecola attiva all'interno del blend è principalmente la aldeide cinnamica (HUANG & HO, 1998).

Numerosi sono anche gli studi effettuati sui repellenti nei confronti di coleotteri di interesse forestale (PURESWARAN & BORDEN 2004; GILLETTE RAPPAPORT *et al.*, 2001; ZHANG *et al.*, 1999). Partendo dal presupposto che la selezione dell'ospite da parte del coleottero fitofago è determinata da segnali di origine chimica, questi studi hanno saggiato la capacità di composti volatili tipici di piante non ospiti nel "mascherare" i composti attrattivi (ZHANG *et al.*, 1999). Ad esempio alcuni alcoli a lunga catena, tipici di piante non ospiti dello scolitide dell'abete rosso, *Ips typographus* L., posti all'interno delle trappole a feromone determinano una riduzione delle catture dei maschi (ZHANG *et al.*, 1999). Per alcune specie come *Tomicus destruens* Wollastone è stato identificato uno specifico recettore olfattivo neuronale di molecole volatili di piante non ospiti che agiscono mascherando l'odore della pianta ospite (GUERRERO *et al.*, 1997). In altri casi, sostanze naturalmente prodotte per svolgere un ruolo di feromone di anti-aggregazione come il verbenone (una molecola con spiccata attività semiochimica di antiaggregazione delle specie appartenenti al genere *Dendroctonus*) posizionate all'interno di trappole a feromone determinano una significativa riduzione delle catture di *Dendroctonus pseudotsugae* Hopkins e *D. ponderosae* Hopkins (GILLETTE RAPPAPORT *et al.*, 2001; PURESWARAN & BORDEN, 2004). In uno studio recente condotto da GILLETTE *et al.*, (2012) è stato messo in luce che l'applicazione del verbenone direttamente sulle piante di *Pinus albicaulis* Engelm permette una significativa riduzione degli attacchi da parte di *D. ponderosae*.

STUDI SUI REPELLENTI NEI CONFRONTI DI *RHYNCHOPHORUS* SPP.

Il primo studio sull'attività di alcuni composti repellenti nei confronti di specie appartenenti al genere *Rhynchophorus* è stato effettuato da OEHLSCHLAGER & GONZALEZ (2001). Come osservato nelle prove effettuate su specie di interesse forestale, anche in questo caso i composti candidati repellenti, tra cui  $\alpha$ -pinene ed un altro composto non rivelato dagli autori, sono stati testati all'interno delle trappole innescate con feromoni ed attrattivi alimentari per valutarne la capacità nel ridurre le catture degli adulti di *R. palmarum* L. (OEHLSCHLAGER & GONZALEZ, 2001). Più recentemente GUARINO *et al.*, (2013) hanno dimostrato l'attività repellente nei confronti di *R. ferrugineus* di diversi composti sintetici appartenenti alle classi degli isoprenodi, dei fenilpropanoidi e dei derivati degli acidi grassi. Queste sostanze erano state prese in considerazione in quanto composti volatili di piante non ospiti del Punteruolo rosso delle palme con attività repellente già riportata in bibliografia su altri artropodi. In una prima fase è stata valutata la risposta elettroantennografica (EAG) del Punteruolo rosso delle palme ai vari composti per valutare la percezione di queste molecole da parte dell'insetto. In seguito alcune delle molecole EAG-attive sono state testate in campo, singolarmente o in combinazione tra loro, per saggiare la loro capacità di ridurre le catture degli adulti nelle trappole a feromone e caïromoni. I risultati osservati, riportati in tabella 1, hanno messo in luce una significativa capacità di abbattimento delle catture rispetto alle trappole controllo da parte di  $\alpha$ -pinene (meno 30%) o della combinazione  $\alpha$ -pinene e metilsalicilato (meno 40%)

(GUARINO *et al.*, 2013). Ulteriori prove hanno messo in luce che anche altri composti, come 1-octen-3-olo e geraniolo, determinano significative riduzioni del numero di adulti catturati nelle trappole (Guarino, osservazioni personali). Questi dati, da un lato molto incoraggianti, hanno tuttavia posto l'interrogativo sulla effettiva possibilità che queste sostanze siano dei veri e propri repellenti e possano quindi essere utilizzati per proteggere la palma stessa, o abbiano invece semplicemente un'azione inibente nei confronti del feromone di aggregazione.

Ulteriori studi sono attualmente in corso per valutare l'effettiva capacità repellente di questi composti sia in laboratorio, attraverso prove mirate a saggiare la capacità antifeedant e di deterrenza dell'ovideposizione, sia in prove di campo finalizzate a valutare l'efficacia di questi nel proteggere le palme dalle infestazioni del Punteruolo rosso delle palme (GUARINO, in corso di stampa).

POSSIBILI APPLICAZIONI: LE STRATEGIE "PUSH AND PULL"

L'impiego di composti repellenti nei confronti del Punteruolo rosso delle palme potrebbe risultare particolarmente efficace all'interno delle strategie di controllo basate sulla manipolazione del comportamento della specie dannosa. Infatti, se in alcuni casi è stato osservato che l'applicazione dei repellenti, posti direttamente sulle piante o negli areali da proteggere, è riuscita a determinare una significativa riduzione degli attacchi (GILLETTE *et al.*, 2012), in altri casi la componente repellente ha avuto successo solo se accompagnata dall'utilizzo delle trappole innescate con

Tabella 1 – Biosaggi su adulti di Punteruolo rosso delle palme. Prove di laboratorio: + = attività media; ++ = attività elevata; +++ = attività molto elevata. Prove di campo: percentuale di riduzione di adulti catturati nelle trappole rispetto al controllo; n.s = riduzione non significativa (GUARINO *et al.* 2013).

| COMPOSTI BIOSAGGIATI               | PROVE DI LABORATORIO |             |                           | PROVE DI CAMPO<br>% riduzione catture |
|------------------------------------|----------------------|-------------|---------------------------|---------------------------------------|
|                                    | EAG                  | antifeedant | Deterrenza ovideposizione |                                       |
| $\alpha$ -pinene                   | +                    | +           | +                         | -30%                                  |
| Mentone                            | ++                   |             |                           | n.s.                                  |
| Metilsalicilato                    | ++                   | ++          | ++                        | n.s.                                  |
| 1-octen-3-olo                      | +++                  | ++          | ++                        | -45%                                  |
| Geraniolo                          | ++                   | +           | +                         | -48%                                  |
| Citronellolo                       | ++                   |             |                           | n.s.                                  |
| Citrale                            | ++                   |             |                           | n.s.                                  |
| $\alpha$ -pinene + metilsalicilato |                      | ++          | ++                        | -50%                                  |
| $\alpha$ -pinene + mentone         |                      |             |                           | -30%                                  |

una componente attrattiva (ROSS & DATERMAN, 1995; LINDGREN & BORDEN 1993). Il controllo delle popolazioni di insetti attraverso il contemporaneo utilizzo di stimoli chimici che agiscono come attrattivi (da usare nelle trappole) e repellenti (da porre sulla pianta o nella zona da proteggere) viene definito come strategia "Push and Pull" (COOK *et al.*, 2007; HASSANALI *et al.*, 2008). In ambito agricolo questo tipo di strategie è stato impiegato con successo per il controllo di numerosi coleotteri fitofagi come *Sitona lineatus* L., *Leptinotarsa decemlineata* Say e *Meligethes aeneus* Fabricius (SMART *et al.*, 1994; MARTEL *et al.*, 2005; COOK *et al.*, 2006). Ad oggi tuttavia gli studi sulla possibilità di applicare queste strategie negli ambienti urbani sono scarsi e limitati a specie di insetti domestici come le blatte (NALYANYA *et al.*, 2000; SAKUMA & FUKAMI, 1993).

#### CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

L'individuazione di composti repellenti efficaci è un primo passo importante verso l'applicazione del "Push and Pull" come strategia di controllo nei confronti del Punteruolo rosso delle palme. Tuttavia, al fine di attuare con successo questa tecnica all'interno di aree urbane, è opportuno approfondire le conoscenze su alcuni parametri chiave come la modalità di somministrazione del repellente, la densità delle trappole da utilizzare e la distanza delle trappole a feromone e cairomoni dalle palme. Tutti questi fattori sono al momento oggetto di specifiche prove in condizioni di campo in ambiente urbano al fine di ottimizzare la strategia del "Push and Pull" per contenere le infestazioni del Punteruolo rosso delle palme.

#### RINGRAZIAMENTI

Il lavoro è stato eseguito con il contributo del progetto europeo "PALM PROTECT - Strategies for the eradication and containment of the invasive pests *Rhynchophorus ferrugineus* Olivier and *Paysandisia archon* Burmeister".

#### RIASSUNTO

Il Punteruolo rosso delle palme *Rhynchophorus ferrugineus* Olivier (Coleoptera, Curculionidae), è uno dei più pericolosi fitofagi delle palme ornamentali nelle aree urbane dei Paesi che si affacciano sul Bacino del Mediterraneo. La natura criptica di questo insetto e la mancanza di adeguate conoscenze sulla sua biologia ed ecologia hanno impedito lo sviluppo di adeguate strategie efficienti e sostenibili per limitarne la diffusione. Le strategie di controllo basate su semiochimici possono essere considerate una valida alternativa per il contenimento delle popolazioni di que-

sto fitofago, in particolare nelle aree urbane. Al fine di perfezionare queste strategie, sono necessari tuttavia ulteriori studi comportamentali per identificare sostanze che agiscano come stimoli repellenti. Un primo studio condotto sulla possibilità di utilizzare repellenti contro specie appartenenti al genere *Rhynchophorus* è stato effettuato in America Centrale dove sono stati biosaggiati  $\alpha$ -pinene ed altri composti rimasti non svelati. Più recentemente, in Italia, è stato condotto uno studio di laboratorio e di campo nel quale sono stati testati diciassette composti volatili di piante non-ospiti del Punteruolo rosso delle palme, selezionati per la loro attività repellente già evidenziata verso altri artopodi. Promettenti risultati in termini di repellenza sono stati rilevati dalle molecole  $\alpha$ -pinene, metilsalicilato, 1-octen-3-olo e geraniolo che hanno determinato: 1) riduzione dell'attrattività degli adulti verso le trappole a feromone e cairomoni; 2) riduzione dell'attività di deposizione delle uova da parte delle femmine; 3) attività antifeedant. Viene discussa dagli autori la possibilità di utilizzare questi composti come stimoli repellenti all'interno di strategie "Push and Pull" o "stimulo-deterrent diversionary".

#### BIBLIOGRAFIA

- BLUMBERG D., 2008 - *Date palm arthropod pests and their management in Israel* - Phytoparasitica, 36: 411-448.
- COOK S.M., SMART L.E., MARTIN J.L., MURRAY D.A., WATTS N.P., WILLIAMS I.H., 2006 - *Exploitation of host plant preferences in pest management strategies for oilseed rape (Brassica napus)* - Entomol. Exp. Appl., 119: 221-29.
- DEMBILIO O., JACAS J.A., LLÁCER E., 2009 - *Are the palms Washingtonia filifera and Chamaerops humilis suitable hosts for the red palm weevil, Rhynchophorus ferrugineus (Col. Curculionidae)?* - J. App. Entomol., 133: 565-567.
- DETHIER V.G., 1956 - *Repellents*. - Ann. Rev. Entomol. 1: 181-202.
- EPPO, 2008 - *Data sheet on quarantine pests. Fiches informatives sur les organismes de quarantaine*. Rhynchophorus ferrugineus. - EPPO Bulletin, 38: 55-59.
- FALEIRO J.R., ASHOK KUMAR J., RANGNEKAR P.A., 2002 - *Spatial distribution of red palm weevil Rhynchophorus ferrugineus Oliv. (Coleoptera: Curculionidae) in coconut plantations*. - Crop Prot., 21: 171-176.
- GIBLIN-DAVIS R.M., 2001 - *Borers of palms*. In: F.W. Howard, D. Moore, R. M. Giblin-Davis, & R. G. Abad (Eds.), *Insects on palms*. Wallingford, UK: CABI Publishing, pp. 267-305.
- GIBLIN-DAVIS R.M., OEHLISCHLAGER A.C., PEREZ A., GRIES G., GRIES R., WEISSLING, T.J., CHINCHILLA C.M., PENA J.E., HALLETT R.H., PIERCE H.D., GONZALEZ L.M., 1996 *Chemical and behavioral ecology of palm weevils (Curculionidae: Rhynchophorinae)*. - Fl. Entomol., 79: 153-167.
- GILLETTE RAPPAPORT N., OWEN D.R., STEIN J.D., 2001 - *Interruption of semiochemical-mediated attraction of Dendroctonus valens (Coleoptera: Scolytidae) and selected non-target insects by verbenone*. - Physiol. and Chem. Ecol., 3: 837-841.
- GILLETTE N.E., HANSEN E.M., MEHMEI C.J., MORI S.R., WEBSTER J.N., ERBILGIN N., WOOD D.L., 2012 - *Area-wide application of verbenone-releasing flakes reduces mortality of whitebark pine Pinus albicaulis caused by the mountain pine beetle Dendroctonus ponderosae*. Agric. Forest Entomol., 14: 367-375.



- GUARINO S., LO BUE P., PERI, E., COLAZZA S., 2011 – *Responses of Rhynchophorus ferrugineus adults to selected synthetic palm esters: electroantennographic studies and trap catches in an urban environment.* - Pest Man. Sci., 67: 77-81.
- GUARINO S., PERI E., LO BUE P., GERMANÀ M.P., COLAZZA S., ANSHELEVICH L., RAVID U., SOROKER V., 2013 – *Assessment of synthetic chemicals for disruption of Rhynchophorus ferrugineus response to attractant-baited traps in an urban environment.* - Phytoparasitica, 41: 79-88.
- GUERRERO, A., FEIXAS, J., PAJARES, J., WADHAMS, L.J., PICKETT, J.A., WOODCOCK, C.M., 1997 – *Semiochemically induced inhibition of behaviour of Tomicus destruens (Woll.) (Coleoptera: Scolytidae).* - Naturwissenschaften, 84: 155-157.
- GUNAWARDENA N.E., KERN F., JANSSEN E., MEEGODA C., SCHÄFER D., VOSTROWSKY O., BESTMANN H.J., 1998 – *Host attractants for red weevil, Rhynchophorus ferrugineus: identification, electrophysiological activity, and laboratory bioassay.* - J. Chem. Ecol., 24, 425-437.
- HALLETT R.H., OEHLISCHLAGER A.C., BORDEN J.H., 1999 – *Pheromone trapping protocols for the Asian palm weevil, Rhynchophorus ferrugineus (Coleoptera: Curculionidae).* - Int. J. Pest Man., 45: 231-237.
- HASSANALI A., HERREN H., KHAN Z.R., PICKETT J.A., WOODCOCK C.M., 2008 – *Integrated pest management: the push-pull approach for controlling insect pests and weeds of cereals, and its potential for other agricultural systems including animal husbandry.* - Ph. Trans. R. Soc. B., 363: 611-621
- HUANG Y., HO H.S., 1998 – *Toxicity and antifeedant activities of cinnamaldehyde against the grain storage Insects, Tribolium castaneum (Herbst) and Sitophilus zeamais Motsch.* - J. stored Prod. Res. Vol., 34: 1-17.
- KIM S.I., ROHA J.Y., KIM D.H., LEE H.S., AHN Y.J., 2003 – *Insecticidal activities of aromatic plant extracts and essential oils against Sitophilus oryzae and Callosobruchus chinensis.* - J. Stor. Prod. Res., 39: 293-303.
- LINDGREN B.S., BORDEN J.H., 1993 – *Displacement and aggregation of mountain pine beetles, Dendroctonus ponderosae (Coleoptera: Scolytidae), in response to their antiaggregation and aggregation pheromones.* - Can. J. For. Res., 23 (2): 286-290.
- LO VERDE G., SPADAFORA A., SAURO G., LA MANTIA G., CALDARELLA C., 2009 – *Diffusione del Punteruolo rosso delle palme a Palermo a tre anni dalla sua introduzione.* In: La ricerca scientifica sul punteruolo rosso e gli altri fitofagi delle palme in Sicilia, 1: 49-52.
- LONGO S., COLAZZA S., CACCIOLA S. O., MAGNANO DI SAN LIO G., 2008 – *Il caso delle palme.* Supplemento a "I Georgofili. Atti dell'Accademia dei Georgofili" Anno 2007 serie VIII, 4: 65-102.
- MANACHINI B., BILLECI N., PALLA F., 2013 – *Exotic insect pests: The impact of the Red Palm Weevil on natural and cultural heritage in Palermo (Italy).* - J. Cul. Her. 14: 177-182
- MARTEL J.W., ALFORD A.R., DICKENS J.C., 2005 – *Synthetic host volatiles increase efficacy of trap cropping for management of Colorado potato beetle, Leptinotarsa decemlineata (Say).* - Agric. For. Entomol., 7: 79-86.
- NALYANYA G., MOORE C.B., SCHAL C., 2000 – *Integration of repellents, attractants, and insecticides in a "push-pull" strategy for managing German cockroach (Dictyoptera: Blattellidae) populations.* - J. Med. Entomol., 37:427-34
- NERIO L.S., OLIVERO-VERBEL J., STASHENKO E., 2010 *Repellent activity of essential oils: A review.* - Biores. Tech., 101: 372-378.
- OEHLISCHLAGER C., 2007 – *Optimizing trapping of palm weevils and beetles.* - Acta Horticulturae, 736: 347-368.
- OEHLISCHLAGER A.C., GONZALEZ L., 2001 – *Advances in trapping and repellency of palm weevils.* in Proceedings of the Second International Conference on Date Palms (Al-Ain, UAE). www.pubhort.org/datepalm/datepalm2/datepalm2\_40.pdf.
- PURESWARAN D.S., BORDEN J.H., 2004 – *New repellent semiochemicals for three species of Dendroctonus (Coleoptera: Scolytidae).* - Chemoecology, 14: 67-75
- RAHALKAR G.W., TAMHANKAR A.J., SHANTARAM K., 1978 – *An artificial diet for rearing red palm weevil, Rhynchophorus ferrugineus (Oliv.), a serious pest of the coconut palm and other cultivated palms.* -J. Plant Crops., 6: 61-64.
- ROSS D.W., DATERMAN G.E., 1995 – *Efficacy of an antiaggregation pheromone for reducing Douglas-Pr beetle infestation in high risk stands.* Can. Entomol. 127: 805-811.
- ROCHAT D., MALOSSE C., LETTERE M., DUCROT P.H., ZAGATTI P., RENOU M., DESCOINS C., 1991 – *Male-produced aggregation pheromone of the American palm weevil, Rhynchophorus palmarum (L.) (Coleoptera: Curculionidae), collection, identification, electrophysiological activity and laboratory bioassay.* - J. Chem. Ecol., 17: 1221-1230.
- SAKUMA M., FUKAMI H., 1993 – *Aggregation arrestant pheromone of the German cockroach, Blattella germanica (L.) (Dictyoptera: Blattellidae): isolation and structure elucidation of blattellastanoside-A and -B.* - J. Chem. Ecol., 19: 2521-41
- SHIMIZU C., HORI M., 2009. – *Repellency and toxicity of troponoid compounds against the adzuki bean beetle, Callosobruchus chinensis (L.) (Coleoptera: Bruchidae).* - J. Stor. Prod. Res., 45: 49-53
- SMART L.E., BLIGHT M.M., PICKETT J.A., PYE B.J., 1994 – *Development of field strategies incorporating semiochemicals for the control of the pea and bean weevil, Sitona lineatus L.* - Crop Prot., 13:127-35
- SOROKER V., BLUMBERG D., HABERMAN A., HAMBURGER-RISHARD M., RENE S., TABELAEV S., ANCHELEVICH L., HARARI A., 2005 – *Current status of red palm weevil infestation in date palm plantations in Israel.* - Phytoparasitica, 33: 97-106.
- SUKUMAR K., PERICH M.J., BOOBAR L.R., 1991 – *Botanical derivatives in mosquito control: a review.* - J. Am. Mosq. Control Assoc., 7: 210-237.
- WATTANAPONGSIRI A., 1966 – *A revision of the genera Rhynchophorus and Dynamis (Coleoptera: Curculionidae).* - Dept. of Agriculture Science Bulletin Bangkok, 1: 328.
- WITZGALL P., KIRSCH P., CORK A., 2010 – *Sex pheromones and their impact on pest management.* - J. Chem. Ecol., 36: 80-100.
- ZAPATA N., SMAGGHE G., 2010 – *Repellency and toxicity of essential oils from the leaves and bark of Laurelia sempervirens and Drimys winteri against Tribolium castaneum.* - Ind. Crop. Prod., 32: 405-410.
- ZHANG Q.H., SCHLYTER F., ANDERSON A., 1999 – *Green Leaf Volatiles Interrupt Pheromone Response of Spruce Bark Beetle, Ips typographus.* - J. Chem. Ecol., 25: 2847-61.