

## L'IMPIEGO DEI SEMIOCHIMICI DI SINTESI NEI PROGRAMMI DI CONTROLLO INTEGRATO DELLE COCCINIGLIE DEGLI AGRUMI

POMPEO SUMA (\*) - AGATINO RUSSO (\*) - JOSÉ CARLOS FRANCO (\*\*) - ZVI MENDEL (\*\*\*)

(\*) Dipartimento di Gestione dei Sistemi Agro-alimentari e Ambientali, Università degli Studi di Catania, via S. Sofia 100, Catania; suma@unict.it

(\*\*) Technical University of Lisbon - Center of Forestry Studies, Portogallo.

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

Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Le cocciniglie delle piante coltivate: nuove acquisizioni e possibili strategie di controllo". Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 7 giugno 2013.

### *Semiochemical-based tools for management of the scale insects of Citrus*

A brief revision of the insect synthetic semiochemicals applied in IPM of the scale insects infesting cultivated *Citrus* was undertaken. Although more than 300 species of scale insects are worldwide reported on *Citrus*, in Italy only 26 species were recorded as pests and less than 10 are key pests, such as the Citrus mealybug *Planococcus citri* (Risso), the California red scale *Aonidiella aurantii* (Maskell) and the Oleander scale *Aspidiotus nerii* (Bouché).

Recently, an increased interest was shown by the scientific community on the possibility of managing these pests by means of behavioral modifying synthetic semiochemicals. For instance, the mating disruption technique applied in IPM strategies against the California red scale showed similar results to conventional oil sprays, offering growers an effective and more environmental sustainable control tactic than insecticides. Again, recent studies demonstrated that the application of a synthetic kairomone, is able to increase significantly the rate of parasitism of the citrus mealybug by the solitary endoparasitoid *Anagyrus* sp. nr. *pseudococci*. Considering that semiochemicals represent an environmentally friendly tool, they have potentially high interest in IPM control programs.

KEY WORDS: pheromones, kairomones, mealybugs, mating disruption, biological control.

### INTRODUZIONE

La riduzione dell'impiego dei prodotti di sintesi nella protezione delle piante dagli attacchi dei parassiti è oggi uno dei principali obiettivi da perseguire in una agricoltura qualitativamente orientata al mercato e rispettosa degli ecosistemi naturali. Per anni il ricorso ai mezzi chimici di lotta ha sì permesso di contenere le perdite di produzione ma, al contempo, ha determinato l'insorgenza di tutta una serie di problematiche legate tanto alla salute dell'uomo, in quanto operatore agricolo o consumatore, quanto agli aspetti ambientali. Nell'ottica quindi di un razionale controllo dei principali fitofagi delle piante coltivate, si è assistito nell'ultimo decennio ad un crescente interesse verso la ricerca di tecniche di intervento eco-compatibili e, in tale contesto di certo, i semiochimici, ben si collocano tra gli strumenti di cui dispone l'odierna fitoiatria. Con il termine semiochimici (dal greco *semeion* = segnale) si definiscono quelle sostanze chimiche emesse dagli organismi viventi tali da indurre un comportamento o una risposta fisiologica in altri individui che rece-

piscono il segnale (NORDLUND & LEWIS, 1976; FLINT & DOANE, 1996). Sono altamente efficaci in piccolissime quantità, dell'ordine di frazioni di microgrammo, non sono tossici e, a differenza degli agrofarmaci, non determinano effetti secondari indesiderati a carico di eventuali nemici naturali con i quali possono giungere in contatto (FRANCO *et al.*, 2009).

Questi composti sono di norma classificati in due gruppi a seconda del loro livello di azione; i semiochimici che agiscono a livello intraspecifico sono chiamati feromoni, quelli che entrano in gioco nei rapporti interspecifici sono definiti allelochimici. Inoltre, un'ulteriore suddivisione vede i feromoni classificati in base al comportamento che l'organismo recettore manifesta (es. f. sessuali, f. di aggregazione, f. traccia, etc.) così come gli allelochimici che, in base alla presenza o meno di un vantaggio adattivo delle specie interessate, vengono suddivisi in *allomoni* (vantaggiosi alla specie che li emette), *caïromoni* (benefici alla specie recettiva) e *sinomoni* (quando entrambe le specie traggono un beneficio reciproco). Tuttavia, un singolo segnale chimico può agire sia come feromone che come

allelchimico per cui, la reale separazione di queste due classi, non è sempre possibile. Tra i feromoni che trovano largo impiego nella pratica agro-forestale figurano principalmente quelli sessuali e i feromoni di aggregazione mentre, tra gli allelochimici che trovano interesse applicato, figurano principalmente i cairomoni e i sinomoni.

Dal punto di vista storico, le prime evidenze sulla presenza dei semiochimici quali composti in grado di modificare il comportamento di una specie *target* risalgono agli anni '50 quando BUTENANDT e collaboratori (1959) isolarono, dalle femmine del baco da seta (*Bombix mori* L.), il feromone sessuale. Da qui in avanti presero avvio tutta una serie di studi mirati alla ricerca e alla sintesi chimica di composti ad attività semiochimica che mostravano buone attitudini ai fini del controllo delle specie *target*, tramite cui si è giunti all'identificazione, all'isolamento e alla sintesi dei feromoni di oltre 2000 specie afferenti a circa un centinaio di famiglie diverse (COLAZZA & PERI, 2009). Già dai primi anni '70 infatti, visto l'intensificarsi delle ricerche scientifiche in tale ambito, nacque una nuova disciplina scientifica che mirava ad approfondire le conoscenze sulla comunicazione chimica degli insetti: la chimica ecologica (Insect chemical ecology) (WILSON, 1971). Importanti, in tale contesto, sono gli studi italiani che, già a metà degli anni settanta, hanno dato un contributo significativo alle prime ricerche sui semiochimici quali strumenti applicabili nei programmi di monitoraggio di importanti fitofagi dannosi in agricoltura e, tra questi, le cocciniglie (ROTUNDO & TREMBLAY 1975, 1976, 1981, 1985; TREMBLAY & ROTUNDO, 1978).

Le cocciniglie rappresentano un vasto gruppo di insetti ampiamente diffusi in tutte le zone del mondo e sono spesso un serio problema alla pratica agricola, in quanto in grado di attaccare una vastissima gamma di colture. Presentano aspetti biologici ed ecologici di notevole interesse: sono organismi sedentari, le femmine assicurano protezione alle uova e alle neanidi neonate, manifestando notevoli capacità di adattamento alle piante ospiti e alle condizioni ambientali più avverse (LONGO *et al.*, 1999). Le cocciniglie segnalate su agrumi sono oltre 180 specie, una ventina delle quali risultano ad oggi infeudate agli agrumi in Italia (VEILLEUX, 2001). Le specie più nocive nelle nostre aree sono, attualmente, lo pseudococcino *Planococcus citri* (Risso), i coccini *Saissetia oleae* (Olivier) e *Ceroplastes sinensis* (L.), nonché vari diaspidi, tra i quali *Aonidiella aurantii* (Maskell) (JACAS *et al.*, 2010). Altre specie, quali le cocciniglie basse [*Coccus hesperidum* L. e *C. pseudomagnoliarum* (Kuwana)] e la "bianca-rossa" [*Chrysomphalus dictyospermi* (Morgan)] non rive-

stono interesse applicato mentre preoccupanti sono, in prospettiva, le segnalate presenze, in areali agrumicoli vocati, dei diaspidi *Unaspis yanonensis* (CAMPOLO *et al.*, 2010) e *Aonidiella citrina* (LONGO *et al.*, 1994) nonché di *Chrysomphalus aonidum* e del coccino *Protopulvinaria pyrififormis* in fase di espansione in Sicilia (CONTI *et al.*, 2013; SUMA & COCUZZA, 2010). In senso ampio, nell'ambito delle strategie di controllo degli insetti infestanti, i semiochimici trovano largo impiego nei programmi di monitoraggio, cattura massale e confusione sessuale. In tale contesto, di seguito, si riportano le principali applicazioni dei semiochimici quali strumenti per la gestione delle infestazioni delle cocciniglie infeudate agli agrumi coltivati.

#### APPLICAZIONI PRATICHE DELL'IMPIEGO DEI SEMIOCHIMICI PER LA GESTIONE DELLE INFESTAZIONI DELLE COCCINIGLIE IN AGRUMICOLTURA

##### *Monitoraggio*

L'applicazione dei feromoni di sintesi è ancora ad oggi in gran parte mirata ai programmi di monitoraggio finalizzati ad intercettare tempestivamente le specie di nuova o temuta introduzione (es. MILLAR, 2012) e per seguire le dinamiche delle popolazioni delle specie già presenti. Relativamente al comparto agrumicolo, molteplici sono i contributi finalizzati all'ottimizzazione dei feromoni sessuali di sintesi delle cocciniglie dannose. A titolo esemplificativo, il corretto impiego delle trappole a feromoni per rilevare l'andamento dei voli maschili di *A. aurantii*, integrato dal calcolo dei gradi giorno, ha permesso di ottenere indicazioni utili ai fini di un oculato impiego dei mezzi chimici e biologici di lotta al diaspidio (BENFATTO *et al.*, 1998; ZAPPALÀ *et al.*, 2008; CAMPOS-RIVELA *et al.*, 2012). Ancora, l'impiego dei feromoni sessuali di sintesi di *Pl. citri* ha consentito di definire con buoni risultati la dinamica di popolazione dello pseudococcino nei diversi comprensori agrumetati del globo, permettendo una significativa riduzione del numero dei trattamenti insetticidi effettuati venendo, questi ultimi, attentamente calibrati in stretta relazione alle reale presenza degli stadi giovanili della cocciniglia che, come noto, sono i più suscettibili ai prodotti chimici. Inoltre, considerando la laboriosità dei consueti metodi di monitoraggio delle infestazioni coccidiche che prevedono, tra gli altri, l'accurato esame di specifiche parti delle piante alla ricerca degli stadi vitali delle cocciniglie (FRANCO *et al.*, 2004), è stata più volte indagata la possibilità di definire, tramite le catture dei maschi alle trappole feromo-

niche, una soglia economica di intervento e una procedura per valutare la densità di popolazione delle specie monitorate. In tale contesto però, i diversi autori che hanno affrontato la tematica, concludono che, tanto nel caso della cocciniglia rossa forte, che per il cotonello degli agrumi, la previsione dei livelli di infestazione sui frutti non trova una significativa relazione in rapporto al numero di maschi catturati con le rispettive trappole a feromoni, per cui non è possibile formulare alcun modello previsionale delle dinamiche delle popolazioni delle predette specie (GROUT & RICHARDS, 1991; FRANCO *et al.*, 2001, 2004).

#### *Catture massali*

Studi condotti congiuntamente in Italia, Portogallo e Israele hanno dimostrato che, benché la tecnica del *mass trapping* dei maschi di *Pl. citri* in agrumeto possa condurre a una sensibile riduzione delle popolazioni dello pseudococcino, tale risultato non ha determinato un abbassamento significativo dei livelli di infestazione sui frutti (FRANCO *et al.*, 2003; 2004). Anche i tentativi effettuati nei confronti della cocciniglia rossa forte, non hanno dato indicazioni incoraggianti sull'impiego delle trappole a feromoni nei programmi di cattura massale, principalmente a causa della bassa efficacia di cattura e agli elevati costi da affrontare per l'adozione di una tale strategia (AYTA & YUMRUKTEPE, 2001). Alla luce di tali evidenze, la strategia del *mass trapping*, in base ai semiochimici ad oggi disponibili, non trova ancora applicabilità pratica nei programmi di controllo delle cocciniglie degli agrumi.

#### *Confusione e/o disorientamento sessuale*

All'impiego dei feromoni per il monitoraggio dei voli e per le catture alle trappole, oggi si va via via affiancando sempre più il loro utilizzo per ostacolare l'accoppiamento di specie dannose impedendo ai maschi della specie *target* di localizzare il feromone naturale emesso dalle femmine conspecifiche, rendendo difficile quindi l'incontro e il conseguente sviluppo della progenie. Diverse sono le tecnologie con le quali è possibile adottare il metodo della confusione sessuale: quello attualmente più in uso prevede l'impiego dei soli erogatori, di diversa tipologia, installati sulla chioma delle piante in densità variabili. Un'altra tecnologia di impiego prevede invece che, il feromone sintetico in forma micro incapsulata, venga distribuito in miscela acquosa in formulazione spray (BALDESSARI *et al.*, 2013). Recentemente, l'impiego di un dispositivo temporizzato in grado di rilasciare dosi costanti e prestabilite del feromone in meleti del Trentino per la lotta alla Carpocapsa

(*Cydia pomonella* L.) ha permesso di ottenere un buon grado di efficacia nel controllo del fitofago permettendo una sensibile riduzione degli interventi insetticidi (ANGELI *et al.*, 2013). Relativamente alle esperienze condotte in merito alle infestazioni coccidiche in agrumeto, interessanti sono i risultati ottenuti in Spagna dove la tecnica è stata impiegata per il controllo delle infestazioni di *A. aurantii*. L'analisi dei diversi componenti del feromone sessuale di sintesi della cocciniglia (ROELOFS *et al.*, 1977), ha permesso di mettere in evidenza come un solo isomero, tra quelli presenti nella formulazione, risultava biologicamente attivo (GIESELMANN *et al.*, 1980). Questi risultati hanno quindi portato allo sviluppo di nuovi metodi di controllo basati sull'impiego dei feromoni quale quello, appunto, della confusione sessuale. Le prime applicazioni del metodo benché abbiano permesso di registrare una sensibile riduzione delle catture dei maschi del diaspio, non hanno prodotto risultati precisi sull'effettiva validità della tecnica (BARZAKAY *et al.*, 1986; HEFETZ *et al.*, 1988). Solo successivamente, grazie alla messa a punto di specifici erogatori mesoporosi del feromone, è stato possibile valutare l'effettiva efficacia del metodo. Infatti VACAS *et al.* (2010) riportano come nelle parcelle trattate con il metodo della confusione, i livelli di infestazione dei frutti ad opera della cocciniglia risultavano significativamente inferiori a quelli dei frutti presenti nelle parcelle testimoni. Inoltre comparando tale metodo con i consueti interventi di controllo chimico, gli stessi autori riportano come il controllo delle popolazioni del fitomizo ottenuto con la tecnica in esame, sia assolutamente comparabile con quello ottenuto impiegando gli oli minerali quali mezzo di lotta senza, peraltro, interferire con l'entomofauna utile.

#### *Attività cairomonale*

Indagini approfondite sull'impiego dei semiochimici di sintesi hanno dimostrato come il feromone sessuale di alcune specie di cocciniglie può essere utilizzato dai rispettivi nemici naturali nei processi di localizzazione e selezione dell'ospite. Risposte di tipo cairomonale furono messe in evidenza già a metà degli anni '70 quando ROTUNDO & TREMBLAY (1975) osservarono che, trappole innescate con femmine vergini dello pseudococcino *Pseudococcus calceolariae* (Maskell), catturavano un numero significativo di esemplari dell'encirtide *Tetracnemoidea peregrina* (Compere) (= *Arhopoideus peregrinus*). Più recenti sono le evidenze all'attività cairomonale di alcuni feromoni sessuali di Pseudococcidi nei confronti dei rispet-

tivi parassitoidi. BELL *et al.* (2006, 2008) in prove di campo, riportano come sulle trappole attivate con il feromone sessuale impiegate per il monitoraggio della cocciniglia *Pseudococcus viburni* (Signoret) vi era una significativa presenza di esemplari dell'endoparassitoide *Pseudaphycus maculipennis* Mercet. Indagini effettuate in Italia, hanno dimostrato che, benché sulle trappole a feromoni sessuali di sintesi impiegate in un programma di monitoraggio del cotonello degli agrumi *Pl. citri*, fossero presenti alcuni esemplari dell'encirtide *Anagyrus pseudococci* (Girault), tale fenomeno non era direttamente imputabile alla attività determinata dal feromone di sintesi presente nelle trappole (SUMA *et al.*, 2001); tale dato è stato poi ulteriormente confermato dagli studi elettroantennografici successivamente condotti (SUMA *et al.*, 2002). È con l'identificazione e la sintesi del (S)-(+)-lavandulyl senecioate, quale feromone sessuale del cotonello della vite *Pl. ficus* (Signoret) (HINKENS *et al.*, 2001) che è stata messa in risalto una spiccata attività caïromonale di questi semiochimici nei confronti dell'encirtide endoparassitoide *A. sp. near pseudococci*. Così MILLAR *et al.* (2002) in California prima, e FRANCO *et al.* (2008) nel Bacino del Mediterraneo successivamente, hanno valutato l'effettiva capacità del feromone sessuale di sintesi quale caïromone nei confronti del predetto parassitoide. In seguito, applicazioni in campo di diffusori di un'altra formulazione del feromone sessuale di *Pl. ficus*, il (S)-(+)-lavandulyl isovalerate, sintetizzato in Israele (ZADA *et al.*, 2003), hanno permesso di mettere in evidenza come sia possibile aumentare significativamente i tassi di parassitizzazione di *A. sp. near pseudococci* a carico delle cocciniglie ospiti, ricorrendo appunto all'esposizione in campo di tali composti che permettono inoltre, una più celere localizzazione della specie ospite da parte dell'encirtide (FRANCO *et al.*, 2011).

## CONCLUSIONI

La corretta utilizzazione dei semiochimici impiegati in tecniche di monitoraggio o controllo dei fitofagi presuppone, quindi, un'approfondita conoscenza della loro azione, oltre che sugli organismi dannosi, anche sui loro nemici naturali. La consapevolezza dei rischi ambientali e di sicurezza, connessi con l'uso poco oculato dei mezzi chimici, hanno portato ad aumentare le restrizioni sul loro impiego, per cui l'individuazione di nuove tecniche di intervento eco-compatibili riveste un'importanza sempre crescente. In tale contesto, l'uso dei semiochimici di sintesi, quali strumenti della moderna fitoiatria,

rappresenta ancora oggi una area d'indagine scientifica in fase di forte sviluppo. Alla luce delle ricerche condotte negli ultimi decenni appare ormai chiaro come le tecnologie di controllo delle infestazioni degli insetti dannosi devono essere applicate in programmi coordinati e ben definiti. Il recente passato ha già dimostrato come la completa dipendenza da un'unica tecnologia di controllo delle infestazioni (vedi lotta chimica) porta ben presto ad una qualche forma di resistenza che spesso ne vanifica i risultati pertanto, l'adozione di strategie aderenti all'IPM, che prevedono l'uso combinato di tutte le misure di controllo disponibili, di riflesso, permetterà di preservare il valore di ciascuno dei metodi utilizzati.

## RIASSUNTO

Gli autori riportano una breve revisione dei semiochimici di sintesi applicati nei programmi di gestione delle infestazioni delle cocciniglie infestate ai *Citrus* coltivati. Delle 300 e più specie di cocciniglie riportate su agrumi nel mondo, in Italia solo 26 sono le specie segnalate sulla coltura, alcune delle quali assurgono al ruolo di fitofagi chiave, come il cotonello degli agrumi *Planococcus citri* (Risso), la cocciniglia rossa forte *Aonidiella aurantii* (Maskell) e la cocciniglia bianca del limone *Aspidiotus nerii* (Bouché).

Recentemente, un crescente interesse è stato mostrato dalla comunità scientifica sulla possibilità di impiego dei semiochimici di sintesi nei protocolli di gestione delle loro infestazioni. Per esempio, l'ottimizzazione della tecnica della confusione sessuale, adottata in strategie di lotta a basso impatto ambientale contro la rossa forte degli agrumi, ha permesso di raggiungere risultati comparabili a quelli ottenuti impiegando i trattamenti insetticidi convenzionali, offrendo agli agrumicoltori uno strumento di lotta efficace ed eco sostenibile. Altri studi recenti hanno inoltre dimostrato in applicazioni di campo, che l'impiego di un caïromone di sintesi, è in grado di aumentare significativamente il tasso di parassitizzazione del cotonello degli agrumi da parte dell'endoparassitoide *Anagyrus sp. nr. pseudococci*. Considerando che i semiochimici sono altamente efficaci a bassissimi dosaggi, non sono tossici e, a differenza degli agrofarmaci, sono specie-specifici, essi rappresentano uno strumento fondamentale da integrare, ove possibile, nei programmi di controllo delle cocciniglie infestanti gli agrumi coltivati.

## BIBLIOGRAFIA

- ANGELI G., RIZZI C., BALDESSARI M., DALPIAZ M., 2013 – *Difesa dalla Carpocapsa del melo con Chekmate® Puffer CM*. - L'Informatore Agrario, 42: 51-54.
- AYTA M., YUMRUKTEPE R., 2001 – *Using Pheromone Traps to Control California Red Scale Aonidiella aurantii (Maskell) (Hom.: Diaspididae) in the Eastern Mediterranean Region (in Turco, abstract in Inglese)*. - Turk. J. Agric. For., 25: 97-110.
- BALDESSARI M., IORATTI C., ANGELI G., 2013 – *Il feromone spray è efficace e di facile applicazione*. - L'Informatore Agrario, 20: 38-40.
- BARZAKAY I., HEFETZ A., STERNLICHT M., PELEG B.A.,



- GOKKES M., SINGER G., ET AL., 1986 – *Further field trials on management of the California Red Scale, Aonidiella aurantii, by mating disruption with its sex-pheromone*. - *Phytoparasitica*, 14:160-161.
- BELL V.A., SUCKLING D.M., WALKER J.T.S., MILLAR J.G., MANNING L.A., EL-SAYED A.M., 2008 – *Obscure mealybug pheromone is the kairomone of an introduced parasitoid in New Zealand*. - *Proc. XXIII Int. Cong. Entomol.*, 6-12 July 2008, Durban (Abstract). Available at <http://www.ice2008.org.za/pdf/proceedings.pdf>
- BELL V.A., WALKER J.T.S., SUCKLING D.M., MANNING L.A., EL-SAYED A.M., SHAW P.W., WALLIS D.R., MILLAR J.G., 2006 – *Trapping obscure mealybug (Pseudococcus viburni) and its natural enemy Pseudophycus maculipennis (Hymenoptera: Encyrtidae) in apple orchards*. - *N. Zeal. Plant. Prot.*, 59: 364 (Abstract).
- BENFATTO D., CONTI F., TUMMINELLI R., 1998 – *Lotta biologica e chimica alla cocciniglia rossa forte degli agrumi, Aonidiella aurantii Mask., in Sicilia*. - *Atti Giornate Fitopatologiche, Scicli e Ragusa*, 3-7 Maggio 1998: 217-222.
- BUTENANDT A., BECKMANN R., STAMM D. & HECKER E., 1959 – *Über den Sexual-lockstoff des Seidenspinners Bombyx mori. Reindarstellung und Konstitution*. - *Z. Naturforsch.*, 14: 283-284.
- CAMPOLO O., MAIONE V., GRANDE S. B., PALMERI V., 2010 – *Unaspis yanonensis (Kuwana) (Hemiptera: Diaspididae) su agrumi in Calabria*. - *Terra e Vita*, 27, 14-16.
- CAMPOS-RIVELA J.M., MARTINEZ-FERRER M.T., FIBLA-QUERALT J.M., 2012 – *Population dynamics and seasonal trend of California red scale (Aonidiella aurantii Maskell) in citrus in Northern Spain*. - *Spanish J. Agric. Res.*, 10: 198-208.
- COLAZZA S., PERI E., 2009 – *Mezzi biotecnici per il controllo degli insetti fitofagi degli agrumi*. In *Citrus: trattato di agrumicoltura a cura di Vincenzo Vacante*, Francesco Calabrese. - Milano; Edagricole, 2009 XVII, 470 pp.
- CONTI F., FISICARO R., RACITI E., CARTA D., SUMA P., NUCIFORA S., MAZZEO G., SISCARO G., 2013 – *Quali sono i “nuovi” parassiti che infestano gli agrumi*. - *L'Informatore agrario*, 34: 56-59.
- FLINT, H.M., DOANE C.C., 1996 – *Pheromones and other Semiochemicals*. In: E. B. Radcliffe, W. D. Hutchison & R. E. Cancelado [eds.], *Radcliffe's IPM World Textbook*, URL: <http://ipmworld.umn.edu>, University of Minnesota, St. Paul, MN.
- FRANCO J.C., GROSS S., SILVA E.B., SUMA P., RUSSO A., MENDEL Z., 2003 – *Is mass-trapping a feasible management tactic of the citrus mealybug in citrus orchards?* - *Anais do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Tecnica de Lisboa*, vol. 49:, p. 353-367.
- FRANCO J.C., RUSSO A., SUMA P., SILVA E.B., DUNKELBLUM E., MENDEL Z., 2001 – *Monitoring strategies for the citrus mealybug in citrus groves*. - *Boll. Zool. Agrar. Bachic.*, 33:297-303.
- FRANCO J.C., SILVA E.B., CORTEGANO E., CAMPOS L., BRANCO M., ZADA A., MENDEL Z., 2008 – *Kairomonal response of the parasitoid Anagyrus spec. nov near pseudococci to the sex pheromone of the vine mealybug*. - *Entomol. Exp. Appl.*, 126:122-130.
- FRANCO J.C., SILVA E.B., FORTUNA T., CORTEGANO E., BRANCO M., SUMA P., LA TORRE I., RUSSO A., ELYAHU M., PROTASOV A., ZADA A., MENDEL Z., 2011 – *Vine mealybug sex pheromone increases citrus mealybug parasitism by Anagyrus sp. near pseudococci (Girault)*. - *Biol. control*, 58: 230-238.
- FRANCO J.C., SUMA P., DA SILVA E.B., BLUMBERG D., MENDEL Z., 2004 – *Management strategies of mealybug pests of citrus in Mediterranean countries*. - *Phytoparasitica*, 32:507-522.
- FRANCO J.C., ZADA A., MENDEL Z., 2009 – *Novel approaches for the management of mealybug pests*. In: Ishaaya I, Horowitz AR (eds.), *Biorational Control of Arthropod Pests*; Springer, Dordrecht, pp. 233-278.
- GIESELMANN M.J., HENRICK C.A., ANDERSON R.J., MORENO D.S., ROELOFS W.L., 1980 – *Responses of male California Red Scale to sex-pheromone isomers*. - *J. Insect. Physiol.*, 26:179-182.
- GROUT T.G., RICHARDS G.I., 1991 – *Value of pheromone traps for predicting infestations of Red Scale, Aonidiella aurantii (Maskell) (Hom, Diaspididae), limited by natural enemy activity and insecticides used to control citrus thrips, Scirtothrips aurantii Faure (Thys, Thripidae)*. - *J. Appl. Entomol.*, 111: 20-27.
- HEFETZ A., KRONENBERG S., PELEG B.A., BAR-ZAKAY I., 1988 – *Mating disruption of the California red scale Aonidiella aurantii (Homoptera: Diaspididae)*. - *Proceedings of the Sixth International Citrus Congress (Tel Aviv, Israel)* 3: 1121-1127.
- HINKENS D.M., McELFRESH J.S., MILLAR J.G., 2001 – *Identification and synthesis of the sex pheromone of the vine mealybug, Planococcus ficus*. - *Tetrahedron Letters* 42, 1619-1621.
- JACAS J., KARMAOUNA F., VERCHER R., ZAPPALÀ L., 2010 – *Citrus pest management in the Northern Mediterranean basin (Spain, Italy and Greece)*. In: *Integrated Management of Arthropod Pests and Insect Borne Diseases*. A. Ciancio & K. G. Mukerji (eds.), Springer: 3-26.
- LONGO S., MAZZEO G., RUSSO A., SISCARO G., 1994 – *Aonidiella citrina a new pest of citrus in Italy*. - *Informatore Fitopatologico*, 12: 19-25.
- LONGO S., MAROTTA S., PELLIZZARI G., RUSSO A., TRANFAGLIA A., 1999 – *Considerazioni su aspetti generali e applicati delle Cocciniglie (Homoptera Coccoidea)*. - *Atti Acc. Naz. It. Entom.*, 45: 281-318.
- MILLAR J.G., DAANE K.M., McELFRESH J.S., MOREIRA J.A., MALAKAR-KUENEN R., GUILLEN M., BENTLEY W.J., 2002 – *Development and optimization of methods for using sex pheromone for monitoring the mealybug Planococcus ficus (Homoptera: Pseudococcidae) in California vineyards*. - *J. Econ. Entomol.*, 95: 706-714.
- MILLAR J.C., 2012 – *Identification of the sex pheromone of the invasive scale Acutaspis albopicta (Hemiptera: Diaspididae), arriving in California on shipments of avocados from Mexico*. - *J. Econ. Entomol.*, 105: 497-594.
- NORDLUND D.A., LEWIS W.J., 1976 – *Terminology of chemical releasing stimuli in intraspecific and interspecific interactions*. - *J. Chem. Ecol.*, 2: 211- 220.
- ROELOFS W.L., GIESELMANN M.J., CARDE A.M., TASHIRO H., MORENO D.S., HENRICK C.A., ANDERSON R.J., 1977 – *Sex-pheromone of California Red Scale, Aonidiella aurantii*. - *Nature*, 267: 698-699.
- ROTUNDO G., TREMBLAY E., 1975 – *Sull'attrattività delle femmine vergini di due specie di pseudococcidi (Homoptera: Coccoidea) per un Imenottero parassita (Hymenoptera Chalcidoidea)*. - *Boll. Lab. Entomol. Agrar. F. Silvestri, Portici*, 32: 172-179.
- ROTUNDO G., TREMBLAY E., 1976 – *Osservazioni sull'attività di volo dei maschi di Pseudococcus calceolariae (Mask.) (Homoptera: Coccoidea)*. - *Boll. Lab. Entomol. Agrar. F. Silvestri, Portici*, 33: 108-112.

- ROTUNDO G., TREMBLAY E., 1981 – *Scent trailing by virgin females of Pseudococcus calceolariae*. - J. Chem. Ecol., 7: 85-88.
- ROTUNDO G., TREMBLAY E., 1985 – *Field evaluation of female sex pheromone of the artichoke moth, Gortyna xanthenes*. - Entomol. Exp. et Appl., 38: 201-204.
- SUMA P., RUSSO A., DUNKELBLUM E., ZADA A., MENDEL Z., 2001 – *Pheromonal and kairomonal activity of Planococcus citri pheromone and some of its analogs*. - Bollettino di Zoologia Agraria e di Bachicoltura, 33: 305-312.
- SUMA P., DE CRISTOFARO A., RUSSO A., 2002 – *Osservazioni sull'attività di semiochimici di sintesi di Planococcus citri (Risso)*. - Atti XIX Congr. Naz. Ital. Ent. Catania 2002: 541-546.
- SUMA P., COCUZZA G.E., 2010 – *Grave infestazione su limone da Protopulvinaria pyrifomis*. - L'Informatore agrario, 18: 72-74.
- TREMBLAY E., ROTUNDO G., 1978 – *La specificità feromonica quale meccanismo di isolamento riproduttivo in alcune Cocciniglie (Homoptera Coccoidea)*. - Atti XII Congr. Naz. Ital. Ent. Portici-Sorrento 1976: 135-138.
- VACAS S., ALFARO C., NAVARRO-LLOPIS V., PRIMO J., 2010 – *Mating disruption of California red scale, Aonidiella aurantii Maskell (Homoptera: Diaspididae), using biodegradable mesoporous pheromone dispensers*. - Pest Manag Sci., 66 (7): 745-751.
- VEILLEUX K., MILLER D.R., BEN-DOV Y., 2001 – *ScaleNet, Scales on a Host, Natural Enemies and Associates of a Scale*. <http://www.sel.barc.usda.gov/scalecgi/scaleson.exe?family=&scalegfamily=All&genus=Citrus&scalegenus=&species=>
- WILSON E.O., 1971 – *The insect societies*. Cambridge, MA, USA: The Belknap Press of Harvard University Press.
- ZADA A., DUNKELBLUM E., ASSAEL F., HAREL M., COJOCARU M., MENDEL Z., 2003 – *Sex pheromone of the vine mealybug, Planococcus ficus in Israel: occurrence of a second component in a mass-reared population*. - J. Chem. Ecol., 29: 977-988.
- ZAPPALÀ L., CAMPOLO O., SARACENO F., GRANDE S.B., RACITI E., SISCARO G., PALMERI V., 2008 – *Augmentative releases of Aphytis melinus (Hymenoptera: Aphelinidae) to control Aonidiella aurantii (Homoptera: Diaspididae) in Sicilian citrus groves*. - IOBC/wprs Bulletin, 38: 49-54.