

# Uso di semiochimici per il potenziamento del controllo biologico: stato dell'arte e prospettive future

**Gabriele Rondoni\***

\* Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali, Unità di Ricerca Protezione delle Piante – Entomologia, Università degli Studi di Perugia. E-mail: gabriele.rondoni@unipg.it

## OVERVIEW

- I primi studi sull'applicazione dei semiochimici alla lotta biologica degli insetti fitofagi risalgono ai primi anni '70, ma dopo quasi 50 anni dalla loro scoperta, l'effettiva applicazione di questi metodi in pieno campo è molto limitata.
- La meta analisi dei dati disponibili in letteratura suggerisce che kairomoni e sinomoni di sintesi (ma non in tutti i casi) possono essere utilizzati con successo per manipolare il comportamento dei parassitoidi, migliorando pertanto il controllo biologico.
- Similmente ad altri metodi basati sui semiochimici, è auspicabile che più molecole/miscele siano messe in commercio, in particolare per quei sistemi per cui sia già stata dimostrata una efficacia.

## 1 INTRODUZIONE

L'uso di pratiche agricole per conservare e incrementare l'efficacia di insetti entomofagi, tra cui i parassitoidi, è di prioritaria importanza in programmi di controllo biologico (Bellows e

Fisher, 1999; Turlings e Erb, 2018). A tale scopo, un approccio innovativo consiste nel manipolare le risposte delle piante al fine di attrarre i parassitoidi.

Fino ad ora feromoni e semiochimici di sintesi sono stati applicati soprattutto nei confronti del secondo livello trofico. Quindi impiegati per modificare il comportamento degli insetti fitofagi, per monitorare la popolazione, oppure per ridurre i danni alla coltura utilizzando tecniche di cattura massale, o confusione sessuale.

I parassitoidi sono in grande maggioranza insetti di piccole dimensioni. Per poter ovideporre le femmine devono localizzare e riconoscere l'ospite adatto, identificandone la specie e lo stadio di sviluppo. Tale ospite, deve essere giudicato idoneo, ovvero, deve rappresentare un substrato ottimale per la crescita della prole. Uno dei fattori più complessi del ciclo vitale dei parassitoidi è rappresentato dalla localizzazione dell'ospite, che nella maggior parte dei casi è anch'esso di piccole dimensioni e ben nascosto e protetto dalla vegetazione. Le caratteristiche dell'ospite rendono difficile la loro localizzazione basandosi esclusivamente su stimoli fisici (es. visivi) oppure chimici (es. olfattivi) provenienti dall'ospite stesso. Questa peculiarità contrasta con i meccanismi di ricerca da parte degli insetti fitofagi, i quali generalmente hanno a disposizione una più ampia quantità di informazioni utilizzabili per localizzare le piante ospiti, caratterizzate da maggiori

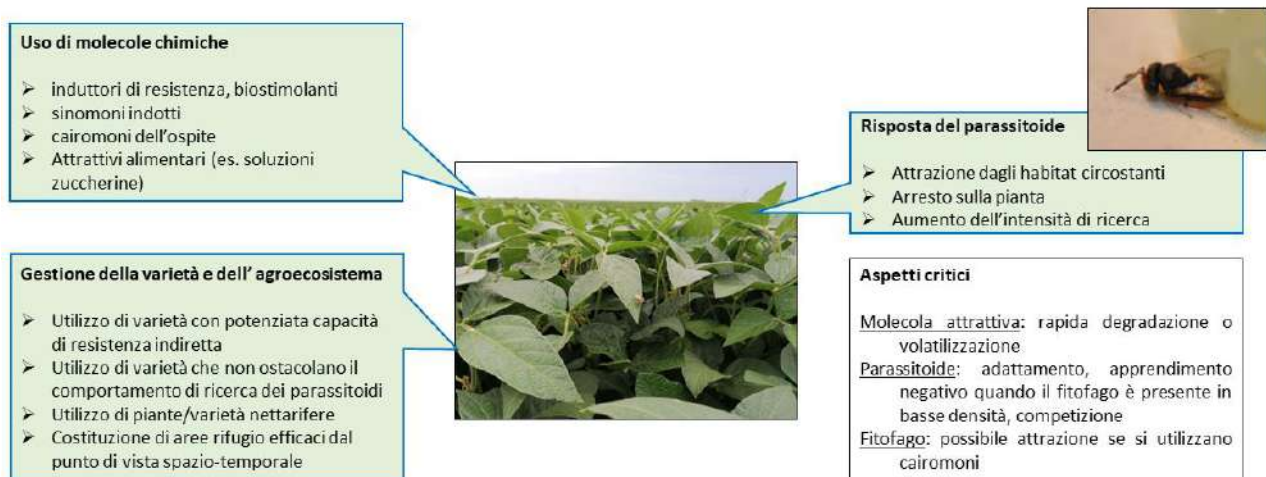


Figura 1: Alcune possibili strategie per incrementare l'attività dei parassitoidi negli agroecosistemi e aspetti critici da considerare.

dimensioni e biomassa e/o substrati più evidenti per l'ovideposizione. Questi ultimi sono soliti utilizzare una grande varietà di segnali chimici e fisici originati direttamente dalla pianta ospite.

## 2 UTILIZZO DI SEMIOCHIMICI NEGLI AGROECOSISTEMI

In condizioni protette o di pieno campo sono numerosi i fattori che possono influire sulla colonizzazione dei parassitoidi, sulla loro efficienza di parassitizzazione, e di conseguenza sul successo dei programmi di controllo biologico. Recentemente numerosi studi hanno cercato di combinare diversi approcci, tecniche e conoscenze con lo scopo di riuscire ad individuare un metodo opportuno per incrementare l'efficienza dell'uso di parassitoidi negli agroecosistemi (Kaplan, 2011; Meiners e Peri, 2013; Turlings e Erb, 2018; Figura 1).

I primi studi sull'applicazione dei semiochimici alla lotta biologica contro gli insetti fitofagi risalgono ai primi anni '70, ma dopo quasi 50 anni dalla loro scoperta, l'effettiva applicazione di questi metodi in pieno campo è molto limitata (Lewis e Martin 1990; Kaplan, 2011).

Nelle colture erbacee la popolazione dell'insetto dannoso si sviluppa prima o nello stesso momento di quella del suo nemico naturale (Ehler e Miller

1978). In tale modo i semiochimici dovrebbero essere distribuiti in campo in maniera da richiamare tempestivamente i parassitoidi, durante le prime fasi dello sviluppo della popolazione del fitofago (Blassioli-Moraes et al. 2013).

## 3 STRATEGIE DI APPLICAZIONE DEI SEMIOCHIMICI

Per l'applicazione in campo dei semiochimici possiamo distinguere due strategie:

La prima prevede l'utilizzo di composti di sintesi, utilizzati singolarmente o in miscele e distribuiti tramite dispenser a lento rilascio che richiamano direttamente i parassitoidi.

La seconda prevede la distribuzione di composti chimici che inducono una risposta di difesa nelle piante a cui vengono somministrati, in questa maniera si incrementa il richiamo dei parassitoidi operato dalla coltura stessa (Moraes et al. 2009). In questo caso prendono anche il nome di induttori di resistenza o biostimolanti.

La seconda strategia prevede che le piante vicine, non attaccate né trattate con i semiochimici, possono rispondere positivamente ed essere stimulate grazie ai composti volatili rilasciati dalle piante sottoposte al trattamento (Arimura et al. 2005). Il meccanismo che ci permette di sfruttare

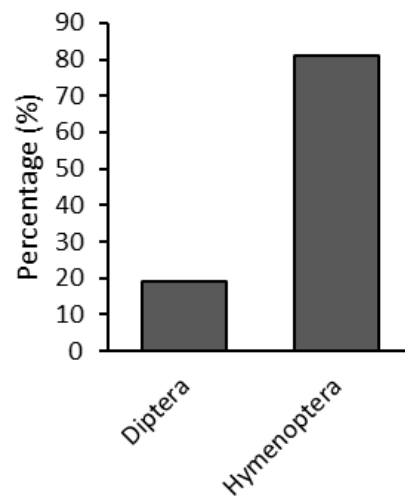
le sostanze volatili prodotte dalle piante vicine a quelle trattate, viene definito di resistenza indotta, questo rende la coltura meno vulnerabile all'invasione di nuovi fitofagi agendo direttamente con il rilascio di sostanze volatili che attirano i parassitoidi (Baldwin 2010). La maggior parte degli studi condotti riguardanti l'azione dei parassitoidi si è concentrata sul possibile utilizzo dei sinomoni indotti (o Herbivore induced Plant Volatiles), mentre minor importanza è stata rivolta al possibile utilizzo di kairomoni dell'insetto ospite. Tuttavia, mentre i sinomoni non sono considerati indicatori certi della presenza dell'ospite, gli ultimi accertano con maggiore sicurezza la presenza dello stesso (Vet & Dicke 1992). In particolare, i sinomoni indotti sono un gruppo di diversi composti chimici organici volatili che comprende alcani, alcheni, aldeidi, alcoli, chetoni esteri e acidi carbossilici. I sinomoni sintetici più utilizzati sono le sostanze volatili emesse dalla pianta in risposta all'attacco di fitofagi, la cui composizione dipende da molteplici fattori, come la specie del fitofago, il genotipo della pianta e le condizioni abiotiche (Dicke et al. 2009).

In particolare, le ricerche condotte sulle colture erbacee si sono concentrate principalmente sugli effetti dei semiochimici sui parassitoidi appartenenti all'ordine degli Imenotteri (Kaplan, 2012). Minor attenzione è stata riservata a parassitoidi appartenenti all'ordine dei Ditteri poiché, malgrado numerosi studi abbiano mostrato una risposta positiva di questi parassitoidi all'uso dei feromoni, i risultati di parassitizzazione ottenuti non sono molto soddisfacenti.

## 5 META-ANALISI DEI DATI PRESENTI IN LETTERATURA

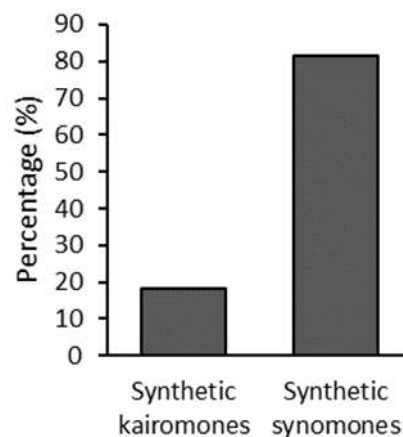
Lo stato dell'arte sull'efficacia della distribuzione in pieno campo o in serra di semiochimici per il potenziamento del controllo biologico da parte dei parassitoidi impiegati contro gli insetti fitofagi è stato oggetto di meta-analisi di dati bibliografici. In questo articolo sono riportati i risultati relativi a 196 osservazioni pubblicate in 38 articoli, risultanti

dalla selezione di 726 articoli potenzialmente utili raccolti dalla banca dati SCOPUS. La maggior parte delle osservazioni ha riguardato i parassitoidi



appartenenti all'ordine degli imenotteri (Figura 2), mentre le molecole più utilizzate sono stati i sinomoni (Figura 3).

*Figura 2: Frequenza relativa del gruppo (Ordine) di parassitoidi oggetto di sperimentazione nei lavori selezionati.*



*Figura 3: Frequenza relativa del tipo di semiochimico oggetto di sperimentazione nei lavori selezionati.*

Dall'analisi dei risultati (Figura 4) si evince che c'è un effetto significativo dell'uso dei semiochimici sul reclutamento dei parassitoidi. Ciò è evidente dal fatto che l'indice calcolato (effect size) assume valori positivi. In aggiunta, la risposta è risultata maggiore per l'attrazione rispetto alla parassitizzazione. In dettaglio, nel caso

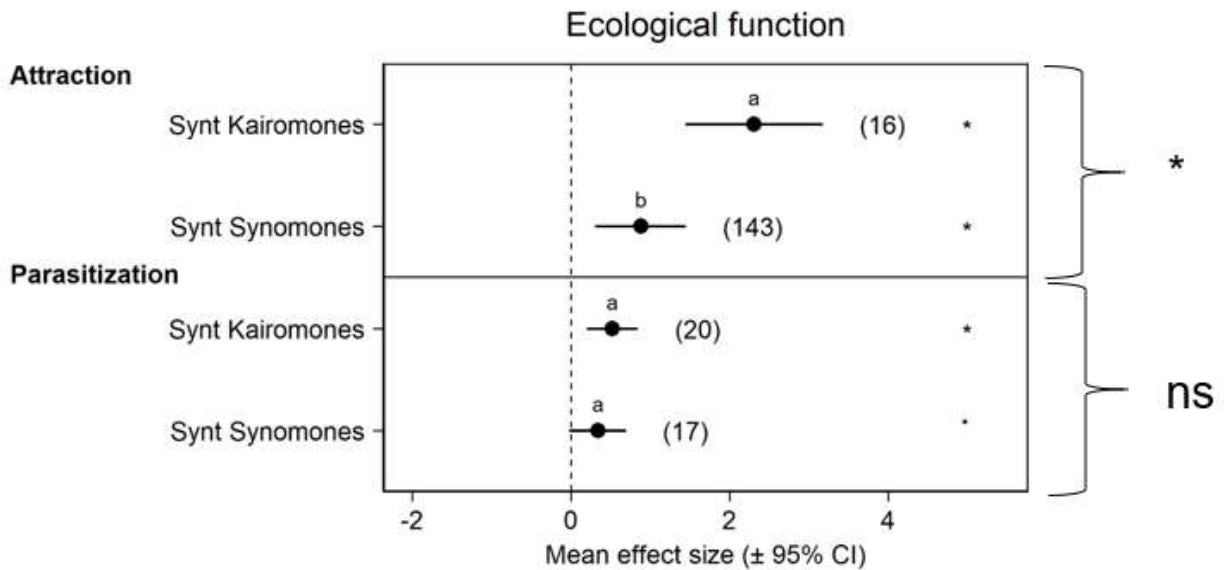


Figura 4: Effetto principale (media  $\pm$  errore standard) e significatività dei trattamenti con semiochimici (cairomoni o sinomoni) nel reclutamento (attrattività o parassitizzazione) di parassitoidi. Linear Mixed Models: 'ns':  $P > 0.05$ ; "'":  $P < 0.1$ ; '\*':  $P < 0.05$ .

dell'attrazione, i cairomoni sono risultati maggiormente efficaci rispetto ai sinomoni. Questo risultato conferma che i semiochimici associati all'insetto ospite offrono una maggior specificità ed una maggiore affidabilità per il parassitoide. Per quanto riguarda l'efficacia di parassitizzazione, questa è risultata simile per quanta riguarda i cairomoni o i sinomoni.

## 6 DISCUSSIONE

Al fine di una corretta implementazione delle tecniche che prevedono l'utilizzo di semiochimici in campo per aumentare l'efficacia dei parassitoidi, ci sono alcune considerazioni da fare. Il primo aspetto da tenere in considerazione è l'ambiente in cui i semiochimici agiscono. Considerando che uno degli obiettivi principali di questo nuovo metodo è il reclutamento dei nemici naturali dalle aree circostanti, ci si aspetta che diverse tipologie di paesaggi, caratterizzati dall'abbondanza di habitat diversificati e naturali, possano costituire una maggiore fonte di nemici naturali rispetto ai sistemi agricoli monoculturali, dove la biodiversità è estremamente limitata. Per una migliore riuscita di questa tipologia di

controllo sarà quindi necessario limitare i sistemi monoculturali a favore di consociazioni mirate a garantire un habitat ideale non solo ad una tipologia di insetti, ma a più specie possibili per far sì che il controllo naturale stesso giochi un ruolo fondamentale.

Un secondo aspetto da considerare sono le conseguenze associate all'utilizzo di semiochimici quando non è prevista un'adeguata 'ricompensa' per il parassitoide. Infatti, se la densità dell'ospite è bassa, il parassitoide il quale spenderebbe tempo ed energia per una ricerca infruttuosa; pertanto potrebbe modificare il comportamento di ricerca riducendo la risposta al segnale chimico (Kaplan 2012, Rodriguez-Saona et al. 2011). Questa conseguenza negativa dell'applicazione di semiochimici può essere ridotta attraverso una strategia chiamata "attract and reward", che combina il rilascio di sinomoni con la presenza sulla coltura, ad esempio, di piante nettariifere. D'altro canto, l'apprendimento associativo, che determina esperienze positive nei parassitoidi, potrebbe essere sfruttato per condizionarli tramite l'esposizione agli odori dell'ospite prima del lancio (pre-condizionamento), per attivare e

potenziare il loro comportamento di ricerca (Mills e Wajnberg, 2008).

Il terzo ed ultimo aspetto da tenere in considerazione sono i possibili effetti multitrofici determinati dalla diretta o indiretta applicazione dei semiochimici per la manipolazione del comportamento dei parassitoidi. Le molteplici funzioni dei diversi semiochimici, ad esempio dei feromoni emessi dai fitofagi e delle sostanze volatili rilasciate dalle piante, possono causare effetti diversi da quelli per il quale l'applicazione dei semiochimici è stata effettuata. Ad esempio, le sostanze volatili delle piante possono attrarre sia il parassitoide sia l'ospite stesso, determinando un aumento della popolazione della specie nociva contrariamente a quanto previsto (Szendrei e Rodriguez-Saona, 2010).

## 6 CONCLUSIONI

Considerando l'aumento della popolazione mondiale, si prevede un incremento notevole delle nostre esigenze alimentari. Aumentare l'efficienza delle produzioni di alimenti e la loro qualità, riducendone contemporaneamente l'impatto sociale ed ambientale, rappresenta una delle sfide più importanti per il futuro dell'umanità e del nostro pianeta. È dunque fondamentale sviluppare sistemi agricoli innovativi, caratterizzati da elevati livelli di sostenibilità ecologica, economica e sociale.

Una componente fondamentale nello sviluppo dei sistemi agricoli è il controllo delle specie di insetti dannosi, il quale deve essere orientato a tecniche più efficienti e sicure sia per l'ambiente che per l'uomo stesso. Questo obiettivo può essere raggiunto attraverso l'integrazione del controllo biologico con altri metodi di protezione delle colture a basso impatto ambientale e, in scala maggiore, può essere una strategia vincente per sviluppare un modello agricolo sostenibile.

In questa meta-analisi è stato verificato un riscontro positivo per molteplici studi scientifici che si stanno muovendo proprio verso questo nuovo traguardo, per poter impiegare al meglio i semiochimici e rendere il controllo biologico il

principale mezzo di difesa contro gli insetti dannosi. I risultati fin qui ottenuti sono molto incoraggianti ed orientano la ricerca scientifica, quando possibile, verso ricerche applicative in pieno campo e in serra, piuttosto che in laboratorio; permettendo così di approfondire le dinamiche che regolano gli equilibri ecosistemici, i quali risultano fondamentali per l'evoluzione delle strategie di controllo biologico ed integrato.

## BIBLIOGRAFIA

Arimura, G. I., Kost, C., & Boland, W. (2005). Herbivore-induced, indirect plant defences. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular and Cell Biology of Lipids*, 1734(2), 91-111.

Baldwin, I. T. (2010). Plant volatiles. *Current Biology*, 20(9), R392-R397.

Bellows, T. S., & Fisher, T. W. (1999). *Handbook of biological control: principles and applications of biological control* (No. 632.96 B4).

Blassioli-Moraes, M. C., Borges, M., & Laumann, R. A. (2013). The application of chemical cues in arthropod pest management for arable crops. *Chemical ecology of insect parasitoids, 1st edn. John Wiley & Sons, New York*, 225-266.

Dicke, M., Van Loon, J. J., & Soler, R. (2009). Chemical complexity of volatiles from plants induced by multiple attack. *Nature Chemical Biology*, 5(5), 317.

Ehler, L. E., & Miller, J. C. (1978). Biological control in temporary agroecosystems. *Entomophaga*, 23, 207-212.

Kaplan, I. (2012). Attracting carnivorous arthropods with plant volatiles: the future of biocontrol or playing with fire?. *Biological control*, 60(2), 77-89.

- Lewis, W. J., & Martin, W. R. (1990). Semiochemicals for use with parasitoids: status and future. *Journal of Chemical Ecology*, 16(11), 3067-3089.
- Meiners, T., & Peri, E. (2013). Chemical ecology of insect parasitoids: essential elements for developing effective biological control programmes. *Chemical ecology of insect parasitoids*, 9.
- Mills, N. J., & Wajnberg, E. (2008). Optimal foraging behavior and efficient biological control methods. *Behavioral ecology of insect parasitoids: From theoretical approaches to field applications*, 3-30.
- Moraes, M. C., Laumann, R. A., Pareja, M., Sereno, F. T., Michereff, M. F., Birkett, M. A., ... & Borges, M. (2009). Attraction of the stink bug egg parasitoid *Telenomus podisi* to defence signals from soybean activated by treatment with cis-jasmone. *Entomologia experimentalis et applicata*, 131(2), 178-188.
- Rodriguez-Saona, C., Kaplan, I., Braasch, J., Chinnasamy, D., & Williams, L. (2011). Field responses of predaceous arthropods to methyl salicylate: a meta-analysis and case study in cranberries. *Biological control*, 59(2), 294-303.
- Szendrei, Z., & Rodriguez-Saona, C. (2010). A meta-analysis of insect pest behavioral manipulation with plant volatiles. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 134(3), 201-210.
- Turlings, T. C., & Erb, M. (2018). Tritrophic interactions mediated by herbivore-induced plant volatiles: mechanisms, ecological relevance, and application potential. *Annual review of entomology*, 63, 433-452.
- Vet, L. E., & Dicke, M. (1992). Ecology of infochemical use by natural enemies in a tritrophic context. *Annual review of entomology*, 37(1), 141-172.