

ACQUISIZIONI SUI DISPOSITIVI AUTOMATIZZATI DI RILASCIO DEL FEROMONE SESSUALE NELL'APPLICAZIONE DELLA CONFUSIONE SESSUALE A *CYDIA POMONELLA*

G. ANGELI, M. BALDESSARI, C. RIZZI, S. G. CHIESA

Fondazione Edmund Mach - Centro Trasferimento Tecnologico, via E. Mach 1
38010 San Michele a/A. (TN)
gino.angeli@fmach.it

RIASSUNTO

L'applicazione della tecnologia di confusione sessuale ad aerosol alle cidie delle colture fruttifere è relativamente recente in Europa. Risale al 2013 la prima registrazione commerciale di questa tipologia di dispositivo, riscontrando da subito un vasto consenso e utilizzo nella melicoltura italiana. La presente nota fornisce alcune evidenze circa il meccanismo di azione verso la carpocapsa, in particolare l'azione svolta dalla massa fogliare della pianta nell'intercettare, fissare e rilasciare il feromone, dando origine a false tracce per i maschi alla ricerca della partner. Un altro aspetto indagato ha riguardato l'area di azione di un singolo dispositivo in campo, valutato attraverso l'inibizione delle catture di trappole di monitoraggio. Questi ed altri aspetti biologici analizzati concorrono a spiegare la bontà tecnica del dispositivo aerosol nel contrasto alle cidie, paragonabile agli erogatori ad emissione passiva tradizionalmente applicati in confusione sessuale.

Parole chiave: melo, carpocapsa, CheckMate Puffer CM

SUMMARY

ACQUISITIONS ON AUTOMATED SEXUAL PHEROMONE RELEASE DEVICES IN THE APPLICATION OF MATING DISRUPTION TO *CYDIA POMONELLA*

Aerosol technology represents a solution for dispensing pheromones to achieve MD. This study aimed at deepening our knowledge of the mechanisms by which disruption operates. The mode of action was studied performing a series of wind tunnel experiments and field trials. The apple leaves' capacity to adsorb and release pheromone was studied to elucidate the role of the leaf in mating disruption. Results proved that leaves might adsorb and release part of the airborne pheromone acting as further and additional pheromone source. Field trials were designed to evaluate the real catch inhibition of CheckMate® Puffer CM: high catch inhibition was registered with one Puffer® CM per hectare. The area of influence of one cabinet seems to be larger than half hectare, with no captures downwind until 50 m from the Puffer. Competitive mechanisms involved in aerosol technology MD are discussed.

Keywords: codling moth, CheckMate Puffer CM, apple, aerosol formulation

INTRODUZIONE

L'applicazione di tecniche di difesa con semiochimici per la gestione della carpocapsa (*Cydia pomonella* L.) interessa a livello mondiale una superficie superiore ai 250.000 ha ed è in continua crescita.

L'opportunità di produrre e utilizzare il codlemone (E)-8-(E)-10-dodecandienolo, il componente principale del feromone sessuale delle femmine di carpocapsa, oltre che per finalità di monitoraggio delle popolazioni anche come strumento di difesa attiva, ha ispirato lo sviluppo di diverse tecniche di utilizzo e conseguentemente di tipologie diverse di dispositivi di diffusione; vasta applicazione ha avuto la confusione sessuale con erogatori ad emissione passiva, con tipologia a spaghetto, ampolla o altre soluzioni (Ioriatti et al., 1987) e in misura

minore gli erogatori di distrazione (Angeli et al., 2007); altre tecniche quali “attract & kill” (Ioriatti e Angeli, 2002), le applicazioni spray di formulazione microincapsulata, i nastri di distrazione (Trona et al., 2009) e la tecnologia elettrostatica di autoconfusione non hanno al momento incontrato una sufficiente diffusione, sia in ambito nazionale sia europeo (EU) e pertanto al momento sono poco o per nulla utilizzate nella gestione della carpocapsa. Più recentemente, tra i dispositivi ad emissione attiva si stanno imponendo anche in EU i distributori aerosol di feromone, comunemente identificati come Puffer (Angeli et al., 2012), sebbene sul mercato ne siano proposti ormai vari modelli con questa tecnologia di funzionamento. Tutti i dispositivi citati, che utilizzano erogatori a diffusione passiva o attiva, hanno due elementi in comune, il principio attivo a base feromonale, specifico per carpocapsa e l’obiettivo di interferire sugli accoppiamenti, condizione necessaria per abbassare la popolazione di carpocapsa e conseguentemente il danno alla produzione. Tuttavia i vari dispositivi agiscono in modo differente e richiedono tempi, modalità di applicazione, di gestione e di verifica sostanzialmente diversi e ciò ha reso necessario prima del loro utilizzo come strumento fitoiatrico un significativo lavoro di ricerca e trasferimento tecnologico per ottimizzare soluzioni applicative efficaci, di volta in volta differenziate.

La presente nota intende fornire alcune evidenze circa il meccanismo di azione della tecnologia aerosol di confusione sessuale verso la carpocapsa sino ad ora non del tutto chiarite; in particolare saranno esaminati aspetti relativi all’azione svolta dalla massa fogliare della pianta nell’intercettare, fissare e rilasciare il feromone, al raggio di azione dei puffer verso carpocapsa e altri aspetti condizionanti il comportamento del carpofago in campo.

MATERIALI E METODI

Dispensers

CheckMate® Puffer® CM è un dispositivo elettronico temporizzato (Suterra LLC (Bend, OR, USA)) per confusione sessuale di carpocapsa, programmato per rilasciare ad intervalli regolari dosi prestabilite di feromone, contenuto sotto pressione in bomboletta (18,05%) e rilasciato come aerosol. Il dispositivo utilizzato era programmato per rilasciare feromone nelle ore crepuscolari notturne, per complessive 48 volte (ogni 15 minuti) e con corrispondente rilascio di 320 mg codlemone nel corso di 12 ore.

Insetti

Gli individui di carpocapsa utilizzati negli studi di laboratorio provenivano da un allevamento massale (Entomos AG-EU Clearance, Grossdietwil, CH), e gestiti in FEM (Fondazione Edmund Mach) secondo procedure standard (fotoperiodo L16:D8 a 23 ± 1 °C and $70 \pm 5\%$ RH). Per i test in tunnel del vento sono stati utilizzati maschi adulti vergini da 2 giorni.

1.1 Indagini in Tunnel del vento (laboratorio)

Il comportamento di attrazione e di volo di maschi adulti di *C. pomonella* in tunnel del vento (maschio attratto con volo orientato indica una attrazione sessuale, maschio attratto con volo diretto indica assenza di attrazione sessuale), posti sottovento rispetto alla sorgente odorosa, costituita da polloni di melo raccolti in campo a diverse distanze dal dispositivo Puffer ha consentito di stabilire la capacità della massa fogliare di melo nel trattenere e rilasciare feromone sessuale all’interno di un campo a confusione sessuale, esercitando un determinato grado di attrattività nei riguardi dei maschi di carpocapsa (Angeli et al., stampa). Complessivamente, si è seguito in tunnel il volo di 180 maschi di carpocapsa.

1.2 Attrazione di maschi di carpocapsa a foglie esposte a CheckMate Puffer CM

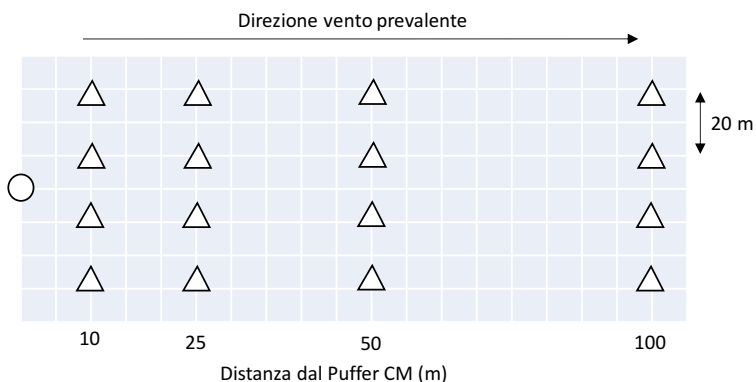
In un frutteto commerciale a Golden Delicious (loc. Sfruz, 1012 m slm, 46°20'N 11°6'E, Trento) nel quale non è mai stata applicata la confusione sessuale, è stato collocato un solo dispositivo di CheckMate Puffer CM. Questo è stato attivato allo stadio fenologico del melo BBCH 74 (diametro frutticini 40 mm). Trascorsi 10 giorni di diffusione del feromone sono stati raccolti campioni ciascuno costituito da 30 polloni di melo, a distanze crescenti dal dispositivo (1, 6, 21, 39 e 60 m). Un campione raccolto a 1 km dal frutteto rispetto al puffer, è servito quale testimone. I polloni, raccolti a 2 m di altezza e portanti 10 foglie distese, venivano immediatamente frigoconservati (5 ± 2 °C), trasportati in laboratorio e testati in tunnel del vento entro 6-9 ore dal campionamento. L'indagine prevedeva di indagare il comportamento di volo di maschi di carpocapsa (30 individui/tesi) verso la sorgente attrattiva costituita da un pollone fogliare raccolto in campo, con l'obiettivo di stabilire il raggio d'azione della massa fogliare delle piante nell'intercettare, fissare e rilasciare il feromone, dando origine in caso positivo a false tracce attrattive per i maschi (volo orientato).

2. Valutazione in campo del dispositivo CheckMate Puffer CM sulla inibizione delle catture di maschi

L'indagine aveva lo scopo di definire l'area di azione di un puffer in meleto, quantificando con trappole di monitoraggio l'inibizione delle catture di maschi selvatici di carpocapsa. E' stato scelto un frutteto isolato di Golden Delicious (loc. Mattarello, 196 m a.s.l., Trento) con alta presenza di cidia, che nei tre anni precedenti non era stato trattato con feromone o insetticidi. Sono state disposte 16 trappole (Carpotrap, 1 mg codlemone, altezza 2,5 m) posizionate sottovento rispetto al puffer a 10, 25, 50 e 100 m distanti dal punto di installazione (figura1).

Un secondo meleto a Golden, con discreta popolazione di carpocapsa è stato considerato come testimone: distante circa 1,1 km e sopravento rispetto al precedente, non era stato trattato con insetticidi e feromoni nel triennio precedente. Sono state applicate 16 trappole di monitoraggio con disposizione analoga al precedente. I rilievi settimanali delle catture sono stati realizzati sulla seconda generazione di carpocapsa, per complessive 11 settimane.

Figura 1. Disposizione delle trappole in campo per lo studio dell'inibizione delle catture di maschi di carpocapsa dovute all'applicazione di un CheckMate Puffer CM



RISULTATI

Attrazione di maschi di carpocapsa a foglie esposte a CheckMate Puffer CM

Maschi vergini di carpocapsa, quando esposti in tunnel a polloni di melo prelevati in campo a diverse distanze dal dispenser aerosol, hanno manifestato volo orientato, tipico comportamento dell'attrazione esercitata dal feromone sessuale femminile. La percentuale di volo orientato registrata è risultata prevalente a tutte le distanze di campionamento dei polloni dal Puffer, e compreso fra 77,7% (1 m di distanza) e 46% (a 39 m); tuttavia, tutti gli individui di carpocapsa mostravano in prevalenza questa modalità di volo, anche utilizzando campioni fogliari raccolti alla distanza di 60 m. Questa evidenza sta ad indicare un significativo contributo fornito dalla massa fogliare di melo nell'assorbire e rilasciare il feromone di carpocapsa emesso in precedenza dal Puffer; dunque, singoli polloni prelevati dal meleto trattato con aerosol erano in grado di originare scie di attrazione del maschio (*false trail following*), meccanismo che sta alla base della strategia di confusione sessuale. L'attrazione esercitata dalla vegetazione raccolta nel testimone posto a lunga distanza (1 km dal Puffer), attraverso un prevalente volo diretto alla sorgente (25%) e solo limitatamente espresso con volo orientato (5,6%), si attribuisce all'attrazione esercitata dai composti volatili emessi dalla pianta, in particolare i cairomoni.

Tabella 1. Test in Tunnel del vento: attrazione e modalità di volo di maschi vergini di carpocapsa alla sorgente attrattiva (pollone di melo) prelevati a diverse distanze dall'erogatore

Distanza di campionamento del pollone dal Puffer (m)	Modalità di volo dei maschi in tunnel del vento (30 ♂/tesi)	
	Volo orientato ♂ (%)	Volo diretto ♂ (%)
1	77,7 a*	0,0 b
6	61,4 a	0,0 b
21	55,5 a	0,0 b
39	45,8 a	3,1 b
60	48,9 a	5,6 ab
1000 (Testimone)	5,6 b	25,0 a

* lettere diverse nella stessa colonna indicano differenze statistiche (test di Tukey $p < 0,05$)

Valutazione in campo del dispositivo CheckMate Puffer CM sulla inibizione delle catture

La popolazione di carpocapsa presente nei due frutteti ha raggiunto densità elevate durante l'esperimento (tabella 2). Nella prima settimana di monitoraggio, il numero medio di maschi catturati nelle trappole a feromoni era simile. Contestualmente con l'attivazione dell'aerosol feromonale (tesi Puffer) è stata registrata un'inibizione di catture di *C. pomonella*, rispetto alla tesi testimone del 97,9% dopo 1 settimana (16 luglio) e del 98,2% dopo 2 (23 luglio) settimane. Le minime catture di carpocapsa registrate nell'area a confusione erano presenti in singole trappole poste a 100 metri dal distributore. Anche nei rilievi successivi (30 luglio - 17 settembre) il numero di catture nel frutteto con aerosol attivo è stato nullo o trascurabile. In particolare si confermava la totale inibizione nelle trappole poste a distanza di 5, 10 e 25 metri dalla sorgente a feromoni, mentre erano rilevate sporadiche catture a distanze di 50 e 100 metri. Nel frutteto testimone non trattato sono state registrate per tutto il periodo esaminato catture significative, con valori compresi da $3,6 \pm 2,10$ a $11,0 \pm 2,45$ individui trappola/settimana.

Tabella 2. Media $\pm$ SD catture di ♂ di carpocapsa (n = 16 trappole) disposte per 11 settimane in frutteto a diverse distanze da un erogatore CheckMate Puffer CM di confusione sessuale e in un frutteto testimone senza confusione

Data	Giorni	Tesi Puffer	Tesi Testimone	t -Test	p	Inibizione catture ♂ (%)
9-Lug	0	8,9 $\pm$ 2,27	7,8 $\pm$ 3,34	0,06	0,9545	-
16-Lug	7	0,2 $\pm$ 0,54	8,8 $\pm$ 2,76	12,26	< 0,0001 *	97,9
23-Lug	14	0,2 $\pm$ 0,32	11,0 $\pm$ 2,45	17,96	< 0,0001 *	98,2
30-Lug	21	0	8,5 $\pm$ 2,45	13,88	< 0,0001 *	100
6-Ago	28	0,13 $\pm$ 0,04	8,9 $\pm$ 1,98	18,04	< 0,0001 *	98,5
13-Ago	35	0	3,6 $\pm$ 2,10	6,80	< 0,0001 *	100
20-Ago	42	0,06 $\pm$ 0,03	5,8 $\pm$ 1,76	13,21	< 0,0001 *	99
27-Ago	49	0	7,6 $\pm$ 2,06	14,66	< 0,0001 *	100
3-Set	56	0,06	6,8 $\pm$ 1,87	14,57	< 0,0001 *	98,5
10-Set	63	0	6,8 $\pm$ 2,32	11,62	< 0,0001 *	100
17-Set	70	0	6,6 $\pm$ 2,28	11,64	< 0,0001 *	100

*Indica differenze statistiche, t-test $p < 0,05$

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

L'utilizzo della tecnologia aerosol di confusione sessuale alla carpocapsa è relativamente recente in Europa (Angeli et al., 2017). Risale al 2013 la registrazione del primo dispositivo in Italia, riscontrando subito vasto consenso tra i frutticoltori e progressivo utilizzo nella melicoltura. Questi dispositivi nel 2021 sono stati utilizzati su oltre 25.000 ha di meleto in Trentino-Alto Adige, ma sono in progressivo utilizzo in Italia e nei principali distretti a melo europei, in particolare di Spagna, Francia, Belgio e Polonia. Puffer CM e analoghi dispensatori aerosol sono impiegati per la lotta alla carpocapsa mediamente alla densità di 2-2,5 unità/ha, rispettivamente su pomacee e noci. Le evidenze emerse in nove anni di applicazione confermano che con queste densità d'uso viene garantito un ottimo grado di efficacia verso carpocapsa e suggeriscono la possibilità di un'ulteriore ottimizzazione. Tutto ciò purché vengano rispettate con scrupolo le condizioni d'utilizzo della confusione sessuale, tenendo conto della densità di popolazione, di una adeguata dimensione e conformazione delle superfici, l'epoca e modalità di applicazione degli erogatori, solo per ricordare i principali.

Per questo motivo, e sulla scorta di analoghe indagini intraprese su noce e pero negli Stati Uniti d'America (Casado et al., 2014) si è iniziato ad indagare sulla dimensione dell'area di influenza esercitata da un singolo Puffer, sul ruolo svolto dalla massa fogliare nel fissare e successivamente rilasciare il feromone nell'ambiente. Inoltre si è indagato su altri aspetti di comportamento della popolazione selvatica di carpocapsa sottoposta a confusione con aerosol, indagando su ovideposizione, sviluppo larvale, autoconfusione maschile e femminile determinata dal meso-dispenser aerosol, di cui si riferisce in altro lavoro (Angeli et al., in stampa).

Gli studi in galleria del vento hanno confermato il ruolo delle foglie e dei germogli esposti al codlemone, sia nell'assorbire il feromone sessuale sia nel determinare risposte comportamentali nei maschi di carpocapsa: questo è stato osservato almeno fino a 60 metri da una sorgente di rilascio Puffer, corrispondente a una superficie superiore ad un ettaro. Questo comportamento, osservato utilizzando singoli polloni e dunque con una minima massa fogliare

esposta all'aerosol di feromone, senz'altro risulterà amplificata nella situazione reale di campo, implementata dalla enorme massa fogliare, che agisce come serbatoio passivo per codlemone e determina numerose fonti di attrazione per i maschi di carpocapsa. Viene pertanto dimostrato che il sistema aerosol è considerevolmente dipendente dalla chioma del meleto. Queste evidenze sono in linea con precedenti ricerche svolte negli Stati Uniti d'America su noceti e pereti (Welter et al., 2009; McGhee et al., 2014). Anche i test di valutazione in campo del dispositivo CheckMate Puffer CM sulla inibizione delle catture dei maschi di carpocapsa contribuisce a fornire una chiara indicazione del livello di efficacia nell'interferire sulla comunicazione tra i sessi. In definitiva le evidenze che emergono dalle ricerche eseguite, alcune delle quali non presentate in questa sede, indicano che l'area di interferenza di un dispensatore aerosol, con le caratteristiche tecniche presentate (Puffer CM), potrebbe coprire una superficie a meleto superiore all'ettaro e dunque ben maggiore alle attuali superfici consigliate.

Sono ora necessari studi di pieno campo e su larga scala per confermare queste evidenze. Ciò andrebbe a vantaggio economico non solo del frutticoltore ma potrebbe favorire una ulteriore diffusione della tecnica di confusione sessuale a livello unionale, con indubbi vantaggi anche di tipo ambientale.

Ringraziamenti

Si ringraziano i tecnici FEM, APOT e gli agricoltori che hanno attivamente collaborato.

LAVORI CITATI

- Angeli G., Anfora G., Baldessari, M., Germinara S.G., Rama F., De Cristofaro A., Ioriatti C., 2007. MD of codling moth *Cydia pomonella* with high densities of Ecodian sex pheromone dispensers. *J. Appl. Entomol.*, 131, 5, 311-318
- Angeli G., Rizzi C., Baldessari M., Thomann M., Botzner B., Panizza C., Zaffoni M., 2012. Il sistema di confusione sessuale "Puffer® CM" verso la carpocapsa del melo. *Atti Giornate Fitopatologiche*, 1,343-349
- Angeli G., Baldessari M., Zanoni S., Chiesa S. G., Ioriatti C., 2017. Aerosol technology to control the codling moth with MD: how moth behaviour changes when directly exposed to pheromone puffs or in response to pheromone-treated leaves. *IOBC/WPRS Bulletin* 2017, 123, 37-38
- Casado D., Cave F., Welter S., 2014. Puffer-CM dispensers for mating disruption of codling moth: Area of influence and impacts on trap finding success by males. *IOBC/WPRS Bulletin*, 99, 25-31
- Ioriatti C., Charmillot P.J., Bloesch B., 1987. Etude des principaux facteurs influencant l'émission d'attractifs sexuels synthétiques à partir de diffuseurs en caoutchouc et en plastique. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 44, 123-130
- Ioriatti C., Angeli G., 2002. Control of codling moth by attract and kill. *IOBC/WPRS Bulletin*, 25, 9, 129-136
- McGhee P.S., Gut L.J., Miller J.R., 2014. Aerosol emitters disrupt codling moth, *Cydia pomonella*, competitively. *Pest Manag. Sci.*, 70, 1859-1862
- Trona F., Anfora G., Baldessari B., Mazzoni V., Casagrande E., Ioriatti C., Angeli G., 2009. Mating disruption of codling moth with a continuous adhesive tape carrying high densities of pheromone dispensers. *Bulletin of Insectology*, 62, 1, 7-13 2009 ISSN 1721-8861
- Welter S., Casado D., Cave F., Elkins R., Grant J., Pickel C., 2009. Why puffer work: determining the effects of residual releases on control of codling moth. California Walnut Board, *Walnut Research Reports*, 196-216