

## MONITORAGGIO DI *CYDIA POMONELLA* IN FRUTTETI TRATTATI CON CONFUSIONE SESSUALE

M. PRETI<sup>1,2</sup>, E. BOMBARDINI<sup>2</sup>, M. LANDI<sup>2</sup>, S. ANGELI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facoltà di Scienze e Tecnologie, Libera Università di Bolzano, P.zza Univ. 5, 39100 Bolzano

<sup>2</sup>Astra Innovazione e Sviluppo Centro di Saggio, Via Tebano 45, 48018 Faenza (RA)  
michele.preti@astrainnovazione.it

### RIASSUNTO

Nelle pomacee il metodo della confusione sessuale è utilizzato per la lotta alla carpocapsa del melo e del pero (*Cydia pomonella*). Nei frutteti dove viene applicata la tecnica della confusione sessuale il monitoraggio del volo degli adulti della carpocapsa è difficilmente attuabile impiegando i classici inneschi a feromoni (caricati con codlemone, lo stesso feromone sessuale utilizzato per realizzare la confusione sessuale). Da circa 20 anni è disponibile un innesco cairomonale a base di (*E,Z*)-2,4-decadienoato di etile (pear ester), recentemente potenziato con un sinergizzante (acido acetico). Nel 2019 la ditta Trécé ha infine messo a punto un nuovo innesco sperimentale quaternario a base di cairomoni (in attesa di brevetto). In ambiente confuso i cairomoni possono essere abbinati al codlemone, permettendo di catturare, oltre i maschi, anche le femmine. Nel 2018-2019 in Emilia-Romagna è stato realizzato un monitoraggio di *C. pomonella* con nuovi inneschi combinati (feromone + cairomoni) in pomacee trattate con diversi tipi di erogatori per la confusione sessuale. Dallo studio emerge che: 1) in ambiente confuso generalmente il codlemone da solo non cattura, mentre gli inneschi combinati con cairomoni catturano sia maschi che femmine; 2) l'innesco sperimentale quaternario può dare un valore aggiunto rispetto a quanto disponibile in commercio; 3) nuove formulazioni in PVC sono comparabili, per attrattività, ai classici *dispenser septa* in commercio.

**Parole chiave:** carpocapsa, melo, pero, cairomone, pear ester

### SUMMARY

#### *CYDIA POMONELLA* MONITORING IN POME FRUIT ORCHARDS TREATED WITH MATING DISRUPTION

In pome fruit crops, Mating Disruption (MD) is adopted for the control of the codling moth (CM) (*Cydia pomonella* L, Lepidoptera: Tortricidae). In the orchards treated with MD the flight monitoring of CM is hardly feasible using the classical sex pheromone baits (loaded with codlemone, the same sexual pheromone used to perform MD). A kairomonal bait (based on pear ester, ethyl-(*E,Z*)-2,4-decadienoate) has been available for about 20 years, recently enhanced with a synergist (acetic acid). In 2019 Trécé Inc. developed a new experimental quaternary kairomonal-based bait (patent pending). In a disrupted environment these kairomones can be combined with the codlemone, allowing the capture of females moths as well. In 2018-2019, in Emilia-Romagna, a monitoring study for *C. pomonella* was carried out with these new combined baits (pheromone + kairomones) in both pear and apple orchards treated with different types of MD. This study led to the following conclusions: 1) in a disrupted environment, codlemone alone generally does not capture moths, however when combined with kairomones, the bait attracts both males and females; 2) the quaternary experimental bait can give an added value compared to what is commercially available; 3) new PVC formulations are comparable in terms of capture of moths to the commercially available *septa* lures.

**Keywords:** codling moth, apple, pear, kairomone, pear ester

## INTRODUZIONE

*Cydia pomonella* L. (Lepidoptera: Tortricidae) è ad oggi ritenuto il più importante fitofago delle pomacee a livello mondiale. In Italia la carpocapsa compie 2-3 generazioni/anno, sviluppandosi attraverso 5 stadi pre-immaginali a carico dei frutti di melo, pero, cotogno e noce. Le larve, necessariamente carpofaghe, compromettono la qualità del frutto in cui si sviluppano, portando a gravi perdite economiche in caso di elevato attacco e pertanto la soglia di intervento per questo insetto chiave è spesso associata alla presenza (1-2 catture/trappola). Le infestazioni di *C. pomonella* sono abitualmente controllate mediante applicazioni insetticide, spesso abbinate ad altre tecniche di contenimento complementari. Oggetto del presente lavoro è stato la valutazione della difesa attraverso le conoscenze acquisite in ecologia chimica, una branca della scienza che negli ultimi decenni ha registrato importantissimi sviluppi. A livello mondiale, infatti, uno dei sistemi a basso impatto più utilizzati per controllare la carpocapsa è il metodo della confusione sessuale, interessando oltre 150.000 ha di pomacee (Witzgall et al., 2008). Anche su scala nazionale oltre il 40% dei meleti italiani (Ioriatti e Lucchi, 2016) risulta trattato con confusione sessuale per *C. pomonella*. Dalla sua prima introduzione risalente all'inizio degli anni '90 ad oggi, infatti, tale tecnica ha permesso a parità di risultati di ridurre la pressione chimica sui frutteti. La tecnica necessita di applicazioni accurate e tempestive, adottata in forma *area-wide*, in presenza di bassa pressione dell'insetto bersaglio ed azzerando la possibilità di immigrazione di femmine già fecondate all'interno dei frutteti confusi. Considerando tale contesto operativo virtuoso, è necessario disporre di strumenti di monitoraggio attendibili, atti a registrare le dinamiche di popolazione di carpocapsa anche in ambiente confuso. È infatti noto come l'utilizzo del feromone sessuale, codlemone ((*E,E*)-8,10-dodecadien-1-olo), solitamente adottato come innesco nelle trappole per il monitoraggio non sia performante in un frutteto trattato utilizzando la stessa molecola per realizzare la confusione sessuale. A titolo di esempio, una femmina di carpocapsa rilascia in media 6,5 ng/h di codlemone, mentre un innesco per il monitoraggio caricato con 100 µg di codlemone può rilasciare circa 10 volte più feromone; un erogatore in polietilene per la confusione sessuale, invecchiato 30 giorni in campo, evapora in media 1.000 volte più feromone di una femmina in fase di richiamo, rilasciando nel frutteto circa 50 mg/ha/h di codlemone (Witzgall et al., 2008). È quindi chiaro come in ambiente trattato con feromone, sia che si operi per disorientamento che per orientamento verso false piste, quando i maschi di carpocapsa sono confusi non potranno facilmente orientarsi verso una trappola di monitoraggio innescata con codlemone. Allo stesso tempo però, l'azzeramento (*shut-down*) delle catture non è necessariamente correlato alla mancanza di attività della specie target e sostanzialmente il solo dato delle catture di maschi con feromone sessuale di fatto non permette all'agricoltore o al tecnico di predire l'andamento delle popolazioni di carpocapsa. Circa venti anni fa è stato identificato un cairomone, composto volatile emesso dalle pere in maturazione e percepito da carpocapsa, con un forte potere attrattivo per entrambi i sessi. La scoperta del pear ester, (*E,Z*)-2,4-decadienoato di etile, (Light et al., 2001) ha gettato le basi per il monitoraggio di *C. pomonella* con composti volatili emessi dalle piante (VOCs) a livello commerciale. Un successivo potenziamento dell'innesco è stato apportato dall'acido acetico, che ha dimostrato un effetto sinergico se aggiunto al pear ester (Landolt et al., 2007), ma anche ad altre sostanze cairmoniche (Giacomuzzi et al., 2017). Infine, recenti studi di Trécé Incorporated (Adair, OK, USA) stanno portando allo sviluppo commerciale di inneschi contenenti anche nuovi composti cairmonali (non ancora divulgabili in quanto in attesa di brevetto) attrattivi anche per le femmine di carpocapsa.

Scopo del presente lavoro è stata la valutazione e validazione in Emilia-Romagna, nel biennio 2018-2019, degli inneschi a base di cairomoni ad oggi disponibili sul mercato per il

monitoraggio di carpocapsa in frutteti dove era stata applicata la tecnica della confusione sessuale.

## MATERIALI E METODI

### Monitoraggio realizzato nel 2018

Nel 2018 la sperimentazione è stata realizzata a Coronella (FE), in un appezzamento coltivato a pero di circa 10 ha (in corpo unico, principalmente rappresentato dalla cv Abate Fétel). Tenendo in considerazione la geometria dei singoli frutteti che costituivano il sito di prova e la provenienza del vento dominante, un blocco di 4 ha è stato trattato con confusione sessuale commerciale installando i *dispenser* Cidetrak® CM® (a base di codlemone) alla densità di 500 erogatori/ha, in un blocco di 4 ha è stato installato il prodotto sperimentale Cidetrak® CMDA Combo™ Meso™ -A (a base di codlemone + pear ester) alla densità di 80 erogatori/ha e 2 ha non sono stati confusi. Su tutto l'appezzamento è stata realizzata la difesa insetticida seguendo le linee tecniche dei disciplinari di produzione integrata. Tutti e tre i voli di *C. pomonella* (da fine aprile a inizio settembre 2018) sono stati monitorati settimanalmente con trappole delta di colore bianco e fondo collato (modello Pherocon® VI Delta Trap®) innescate con feromone sessuale (Pherocon® CM L<sup>2</sup>™, a base di codlemone), innesco combinato feromone + cairomone (Pherocon® CM-DA Combo™, a base di codlemone + pear ester) o con questo stesso innesco combinato potenziato con acido acetico (Pherocon CM-DA Combo + AA). Codlemone e codlemone + pear ester erano caricati in septa di gomma grigia, mentre l'acido acetico in una membrana plastica di colore bianco. Tutto il materiale sperimentale è stato fornito da Trécé. Le trappole sono state installate nella parte alta della chioma, a 2,5 m di altezza, utilizzando canne di bambù come tutori, distanziate circa 25 m tra loro e dal bordo del frutteto. Durante tutta la stagione per ciascun blocco di 4 ha trattato con confusione sessuale sono state monitorate 5 trappole innescate con codlemone + pear ester (Pherocon CM-DA Combo), mentre durante il secondo e terzo volo l'innesco a codlemone (Pherocon CM L<sup>2</sup>) è stato comparato con l'innesco a feromone + cairomoni (Pherocon CM-DA Combo + AA), con 4 repliche per tesi in ciascun blocco.

### Monitoraggio realizzato nel 2019

Nel 2019 il monitoraggio è stato realizzato in 3 meleti siti ad Imola (BO) e 2 siti a Villa Prati di Bagnacavallo (RA). In un meleto di Imola (1 ha con cv Golden/Red Chief/Geromine) è stata installata la confusione Cidetrak CM (alla densità di 500 erogatori/ha), mentre negli altri due meleti (2,5 ha con cv Fuji/Golden/Crimson Cripps e 1,5 ha con cv Granny Smith/Red Rome) sono stati applicati gli erogatori Isomate® C Plus (alla densità di 800 dispenser/ha). In tutti e tre i meleti, a supporto della confusione sessuale per carpocapsa, sono stati effettuati trattamenti insetticidi con sostanze attive ammesse in produzione integrata. A Villa Prati di Bagnacavallo sia nel blocco 1 (3 ha con cv Gold Rush) che nel blocco 2 (con 8 ha investiti a Gold Rush/Gaia/Primiera) sono stati applicati i dispenser Isomate C Plus (a 800 erogatori/ha). In questo caso la conduzione degli impianti era secondo i principi dell'agricoltura biologica (per carpocapsa sono stati realizzati interventi a base di virus della granulosi, spinosad ed olio minerale).

A Imola l'indagine prevedeva il confronto tra l'innesco feromonale (Pherocon CM L<sup>2</sup>) e l'innesco combinato feromone + cairomoni (Pherocon CM-DA Combo + AA) nei 3 meleti e utilizzando 3 repliche per tesi in ciascun meleto.

A Villa Prati di Bagnacavallo sono stati confrontati tra loro sia diversi inneschi feromonalmente, sia diverse formulazioni dello stesso innesco (diverso substrato), utilizzando in

tutte le prove 5 repliche per tesi. In particolare, un'indagine ha confrontato i blend: feromone (Pherocon CM L<sup>2</sup>), feromone + cairomoni (Pherocon CMDA Combo + AA), un innesco cairomonale a 4 componenti (Pherocon® Megalure™ CM Dual™ 4K™) e un innesco analogo al precedente con aggiunta di feromone (Pherocon Megalure CM Dual 5K™). Una seconda indagine ha posto a confronto tra loro gli erogatori: Pherocon CM-DA Combo con e senza acido acetico e Pherocon CMDA Combo™-P con e senza acido acetico. Questi inneschi sono tutti a base di codlemone e pear ester, con o senza acido acetico, differenti per tipologia di dispenser dove sono caricati il codlemone e il pear ester (formulazione classica con septa grigio in gomma alobutolica o formulazione 'P' in PVC, con un materiale di proprietà Trécé).

Nel 2019 in tutti i siti, analogamente al 2018, sono state utilizzate trappole delta di colore bianco e fondo collato (modello Pherocon VI Delta Trap), installate a circa 2,5 m di altezza mediante una canna di bambù, per raggiungere la parte più alta della chioma, distanziate circa 25 m tra loro e dal bordo del frutteto. In tutti i siti sono state installate anche trappole a foglio collato non innescate con alcun composto, da utilizzare come 'blank' (controllo negativo).

I dati raccolti nei due anni di sperimentazione sono stati elaborati statisticamente con Analisi della Varianza (Anova) e successivo test Student-Newman-Keuls per la separazione delle medie ( $p \leq 0,05$ ). I dati relativi alle trappole 'blank' (tutte con zero catture) sono stati esclusi dall'elaborazione e non riportati in questo lavoro.

## RISULTATI E DISCUSSIONE

### Stagione 2018

Nel 2018, l'inizio del primo volo di carpocapsa secondo le indicazioni del modello previsionale a ritardo variabile della Regione Emilia-Romagna (MRV-carpocapsa), nel quadrante di Coronella (FE) era previsto per il 22 aprile e la fine per il 1 giugno; il secondo volo era previsto dal 16 giugno fino al 24 luglio, mentre il terzo volo dal 29 luglio al 12 settembre. L'installazione degli erogatori della confusione è stata eseguita il 26 aprile, quando il modello previsionale indicava un 10% di emergenza degli adulti. Considerando questo ritardo nell'installazione della confusione, le trappole collocate in campo a fine aprile hanno da subito catturato adulti di carpocapsa. L'innesco codlemone + pear ester ad inizio maggio ha catturato in media 20 maschi e 0,8 femmine per trappola. Successivamente il numero medio di catture è crollato con valori settimanali oscillanti tra 0 e 1,4 maschi e 0 e 0,2 femmine per trappola; questo dato è rimasto costante per tutta la stagione.

I risultati del confronto tra l'innesco con solo codlemone e l'innesco combinato (codlemone + pear ester + acido acetico) sono riportati in tabella 1 e 2, rispettivamente per il blocco dove sono stati applicati gli erogatori Cidetrak CM e in quello dove sono stati applicati i Cidetrak CMDA Combo Meso-A. In entrambi i blocchi le trappole innescate con il solo feromone sessuale non hanno registrato catture, confermando lo 'shut down' atteso in ambiente confuso, mentre l'innesco combinato di feromone sessuale e cairomoni (pear ester e acido acetico) ha permesso di segnalare il volo, seppur modesto in termini di catture. In entrambi i siti sono state catturate anche femmine, grazie alla componente cairomonale dell'innesco, sebbene con valori anche in questo caso di modesta entità. Inoltre, da questa esperienza emerge che la presenza della componente cairomonale (pear ester) nei dispenser sperimentali della confusione (Cidetrak CMDA Combo Meso-A) non ha interferito negativamente sul monitoraggio di carpocapsa con gli inneschi bisessuali valutati, rispetto al blocco trattato solo con feromone sessuale. Questa prima evidenza è alla base della possibilità di monitorare il volo di carpocapsa anche in ambienti con confusione sessuale implementata con pear ester, ad oggi registrata negli Stati Uniti ma di probabile futura registrazione anche in Europa.

Tabella 1. Numero medio ( $\pm$  deviazione standard) di catture cumulate per periodo nel blocco di pero sito a Coronella (FE) e trattato con codlemone nel 2018

| Tesi<br>(innesco)                            | Catture medie di carpocapsa/trappola $\pm$ SD |                    |                             |                  |                                           |                    |                    |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------|-----------------------------|------------------|-------------------------------------------|--------------------|--------------------|
|                                              | Secondo volo<br>(6/6 - 20/7)                  |                    | Terzo volo<br>(26/7 - 10/9) |                  | Catture totali<br>(da giugno a settembre) |                    |                    |
|                                              | ♂                                             | ♀                  | ♂                           | ♀                | ♂                                         | ♀                  | Tot.               |
| Codlemone                                    | 0 $\pm$ 0<br>a <sup>1</sup>                   | 0 $\pm$ 0<br>a     | 0 $\pm$ 0<br>b              | 0 $\pm$ 0<br>a   | 0 $\pm$ 0<br>b                            | 0 $\pm$ 0<br>b     | 0 $\pm$ 0<br>b     |
| Codlemone +<br>pear ester +<br>acido acetico | 3 $\pm$ 2,8<br>a                              | 1,5 $\pm$ 1,3<br>a | 2,3 $\pm$ 0,5<br>a          | 1 $\pm$ 0,8<br>a | 5,3 $\pm$ 2,6<br>a                        | 2,5 $\pm$ 1,7<br>a | 7,8 $\pm$ 4,3<br>a |

<sup>1</sup>Anova e Test S.N.K. ( $p \leq 0,05$ ). Colonne in cui le medie sono seguite da lettere diverse sono statisticamente differenti. Media di 4 repliche

Tabella 2. Numero medio ( $\pm$  deviazione standard) di catture cumulate per periodo nel blocco di pero sito a Coronella (FE) e trattato con codlemone + pear ester nel 2018

| Tesi<br>(innesco)                            | Catture medie di carpocapsa/trappola $\pm$ SD |                  |                             |                  |                                           |                    |                  |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------|-----------------------------|------------------|-------------------------------------------|--------------------|------------------|
|                                              | Secondo volo<br>(6/6 - 20/7)                  |                  | Terzo volo<br>(26/7 - 10/9) |                  | Catture totali<br>(da giugno a settembre) |                    |                  |
|                                              | ♂                                             | ♀                | ♂                           | ♀                | ♂                                         | ♀                  | Tot.             |
| Codlemone                                    | 0 $\pm$ 0<br>b <sup>1</sup>                   | 0 $\pm$ 0<br>a   | 0 $\pm$ 0<br>b              | 0 $\pm$ 0<br>a   | 0 $\pm$ 0<br>b                            | 0 $\pm$ 0<br>a     | 0 $\pm$ 0<br>b   |
| Codlemone +<br>pear ester +<br>acido acetico | 2,3 $\pm$ 1<br>a                              | 1 $\pm$ 0,8<br>a | 1,5 $\pm$ 0,6<br>a          | 0,5 $\pm$ 1<br>a | 3,8 $\pm$ 1,3<br>a                        | 1,5 $\pm$ 1,7<br>a | 5,3 $\pm$ 1<br>a |

<sup>1</sup>Anova e Test S.N.K. ( $p \leq 0,05$ ). Colonne in cui le medie sono seguite da lettere diverse sono statisticamente differenti. Media di 4 repliche

## Stagione 2019

A Imola, secondo le indicazioni del modello previsionale MRV-carpocapsa, il primo volo è iniziato l'8 aprile e si è concluso il 9 giugno, il secondo volo è iniziato il 21 giugno e si è concluso il 29 luglio, il terzo volo è iniziato il 4 agosto e si è concluso il 19 settembre. La confusione sessuale è stata installata il 4 e 5 aprile in tutti i blocchi, in anticipo rispetto alla previsione di inizio del primo volo. Il monitoraggio è stato realizzato dal 27 giugno al 22 agosto (8 settimane), durante tutto il secondo e parte del terzo volo, e i risultati sono riportati in tabella 3. I dati sono stati elaborati complessivamente per le tre località, considerando che gli appezzamenti erano tra loro vicini, avevano una pressione di carpocapsa analoga negli anni precedenti, appartenevano alla stessa azienda e sono stati uniformemente gestiti dall'agricoltore. Il trend registrato su melo nel 2019 è analogo a quanto osservato nel 2018 su pero: il monitoraggio con trappole innescate con solo feromone sessuale ha registrato sporadiche catture (confermando lo 'shut down'), mentre l'innesco combinato feromone-cairomoni ha permesso di registrare un maggior numero di maschi di carpocapsa, e sporadiche catture di femmine. Analogamente al monitoraggio del 2018, anche nel 2019 nei frutteti (gestiti secondo le indicazioni della difesa integrata) si registravano un ridotto numero di individui di carpocapsa catturati, rendendo difficile un vero e proprio monitoraggio dell'andamento del volo.

Tabella 3. Numero medio ( $\pm$  deviazione standard) di catture cumulate per periodo nei tre blocchi di melo siti a Imola (BO) e trattati con codlemone nel 2019

| Tesi<br>(innesco)                      | Catture medie di carpocapsa/trappola $\pm$ SD |                    |                    |
|----------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------|--------------------|
|                                        | Secondo-terzo volo<br>(27/6 - 22/8)           |                    |                    |
|                                        | ♂                                             | ♀                  | Totale             |
| Codlemone                              | 0,3 $\pm$ 0,7<br>b <sup>1</sup>               | 0 $\pm$ 0<br>a     | 0,3 $\pm$ 0,7<br>b |
| Codlemone + pear ester + acido acetico | 4 $\pm$ 4,7<br>a                              | 1,9 $\pm$ 2,6<br>a | 5,9 $\pm$ 6,7<br>a |

<sup>1</sup>Anova e Test S.N.K. ( $p \leq 0,05$ ). Colonne in cui le medie sono seguite da lettere diverse sono statisticamente differenti. Media di 9 repliche

A Villa Prati di Bagnacavallo, secondo il modello previsionale di *C. pomonella* (MRV-carpocapsa) il primo volo è iniziato il 15 aprile e si è concluso il 10 giugno, il secondo volo è iniziato il 23 giugno e si è concluso il 31 luglio, il terzo volo è iniziato il 6 agosto e si è concluso il 25 settembre. Nel blocco 1 la confusione sessuale è stata installata il 6 aprile, mentre nel blocco 2 il 22 marzo, in entrambi i casi prima dell'inizio del volo della generazione svernante di carpocapsa.

Nel blocco 1 il confronto tra diversi inneschi cairomonali è stato realizzato nella seconda metà del secondo volo (dal 12 luglio al 2 agosto, per 3 settimane), quindi è stato ripetuto per tutto il terzo volo (dal 2 agosto al 16 settembre, per 6 settimane). I risultati sono riportati in tabella 4. Nel blocco 2 il medesimo confronto è stato realizzato durante tutto il secondo volo (dal 28 giugno al 6 agosto, per 6 settimane) e terzo volo (dal 6 agosto al 16 settembre, per 6 settimane). I risultati sono riportati in tabella 5. In entrambi i siti, gestiti secondo le indicazioni dell'agricoltura biologica, durante tutta la stagione è stata registrata un'elevata presenza di carpocapsa, con numerose catture anche nelle trappole innescate con il solo codlemone. La mancanza di 'shut down' delle catture può essere spiegata con l'alta presenza della specie oggetto dello studio, mentre la variabilità delle catture tra le repliche della stessa tesi (osservabile come deviazione standard) non ha permesso di differenziare tra loro le varie tesi in prova, se non durante il secondo volo nel blocco 1 (tabella 4, dove l'innesco sperimentale cairomonale a cinque componenti cattura il doppio degli adulti di carpocapsa rispetto al solo codlemone).

Nel blocco 2 è stata confrontata anche la performance dei nuovi inneschi sperimentali in materiale plastico PVC, durante il secondo e terzo volo di carpocapsa (dal 28 giugno al 6 agosto e dal 6 agosto al 16 settembre, in ciascun volo per 6 settimane). I risultati sono riportati in tabella 6. Anche in questo caso, considerata l'elevata variabilità riscontrata tra le diverse trappole (vedere deviazione standard), l'analisi statistica non mette in evidenza il contributo dell'acido acetico (con differenze solo numeriche, in particolare per gli inneschi con codlemone e pear ester caricati nel septa grigio) e non emergono differenze nell'utilizzo del PVC rispetto al septa (confermando che il PVC non altera l'attrattività nei confronti di carpocapsa rispetto ai septa). La matrice in PVC è tuttavia migliorativa rispetto al septa in termini di longevità dell'emissione, permettendo di ridurre o azzerare la necessità di sostituzione dell'innesco in trappola durante la stagione.

In tutto il sito di Villa Prati di Bagnacavallo, con i diversi inneschi cairomonali in prova, sono state riscontrate anche diverse catture di altre specie di interesse agrario: *Grapholita molesta*, ricamatori del genere *Pandemis*, *Spilonota ocellana* e *Synanthedon* spp. (dati non riportati). Ulteriori indagini permetteranno di confermare quanto osservato e valutare quindi se questi

inneschi cairomonali potranno essere utilizzati per un monitoraggio sincrono di diverse specie di lepidotteri fitofagi presenti nei frutteti.

Tabella 4. Numero medio ( $\pm$  deviazione standard) di catture cumulate per periodo nel blocco 1 di melo sito a Villa Prati di Bagnacavallo (RA) e trattato con codlemone nel 2019

| Tesi<br>(innesco)                            | Catture medie di carpocapsa/trappola $\pm$ SD |                    |                      |                            |                    |                    |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------|----------------------|----------------------------|--------------------|--------------------|
|                                              | Secondo volo<br>(12/7 - 2/8)                  |                    |                      | Terzo volo<br>(2/8 - 16/9) |                    |                    |
|                                              | ♂                                             | ♀                  | Tot.                 | ♂                          | ♀                  | Tot.               |
| Codlemone                                    | 10,4 $\pm$ 6,1<br>a <sup>1</sup>              | 0 $\pm$ 0<br>a     | 10,4 $\pm$ 6,1<br>b  | 4,2 $\pm$ 4,7<br>a         | 0 $\pm$ 0<br>a     | 4,2 $\pm$ 4,7<br>a |
| Codlemone +<br>pear ester +<br>acido acetico | 12,6 $\pm$ 6,4<br>a                           | 5,2 $\pm$ 5,2<br>a | 17,8 $\pm$ 4,8<br>ab | 1,6 $\pm$ 1,1<br>a         | 2 $\pm$ 2,9<br>a   | 3,6 $\pm$ 3,5<br>a |
| Innesco<br>sperimentale a 4<br>componenti    | 10,8 $\pm$ 5,4<br>a                           | 4,2 $\pm$ 2,4<br>a | 15 $\pm$ 7<br>ab     | 2 $\pm$ 1,6<br>a           | 2,2 $\pm$ 2,2<br>a | 4,2 $\pm$ 3,5<br>a |
| Innesco<br>sperimentale a 5<br>componenti    | 14,2 $\pm$ 1,8<br>a                           | 5,2 $\pm$ 2,9<br>a | 19,4 $\pm$ 3,2<br>a  | 3 $\pm$ 2,4<br>a           | 3,2 $\pm$ 3,6<br>a | 6,2 $\pm$ 4,9<br>a |

<sup>1</sup>Anova e Test SNK ( $p \leq 0,05$ ). Colonne in cui le medie sono seguite da lettere diverse sono statisticamente differenti. Media di 5 repliche

Tabella 5. Numero medio ( $\pm$  deviazione standard) di catture cumulate per periodo nel blocco 2 di melo sito a Villa Prati di Bagnacavallo (RA) e trattato con codlemone nel 2019

| Tesi<br>(innesco)                            | Catture medie di carpocapsa/trappola $\pm$ SD |                    |                    |                            |                    |                    |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------|--------------------|----------------------------|--------------------|--------------------|
|                                              | Secondo volo<br>(28/6 - 6/8)                  |                    |                    | Terzo volo<br>(6/8 - 16/9) |                    |                    |
|                                              | ♂                                             | ♀                  | Tot.               | ♂                          | ♀                  | Tot.               |
| Codlemone                                    | 4,8 $\pm$ 6,1<br>a <sup>1</sup>               | 0 $\pm$ 0<br>a     | 4,8 $\pm$ 6,1<br>a | 4,2 $\pm$ 3,2<br>a         | 0 $\pm$ 0<br>a     | 4,2 $\pm$ 3,2<br>a |
| Codlemone +<br>pear ester +<br>acido acetico | 5,6 $\pm$ 3,9<br>a                            | 1 $\pm$ 1,2<br>a   | 6,6 $\pm$ 4,8<br>a | 3 $\pm$ 1,4<br>a           | 2 $\pm$ 1,4<br>a   | 5 $\pm$ 2,8<br>a   |
| Innesco<br>sperimentale a 4<br>componenti    | 5,4 $\pm$ 2,5<br>a                            | 2,3 $\pm$ 3,2<br>a | 7,7 $\pm$ 5,4<br>a | 4 $\pm$ 3,5<br>a           | 1,7 $\pm$ 1,5<br>a | 5,7 $\pm$ 4,9<br>a |
| Innesco<br>sperimentale a 5<br>componenti    | 4,3 $\pm$ 4,1<br>a                            | 1,5 $\pm$ 1,8<br>a | 5,9 $\pm$ 5,9<br>a | 1,4 $\pm$ 1,7<br>a         | 0,6 $\pm$ 0,9<br>a | 2 $\pm$ 2,5<br>a   |

<sup>1</sup>ANOVA e Test S.N.K. ( $p \leq 0,05$ ). Colonne in cui le medie sono seguite da lettere diverse sono statisticamente differenti. Media di 5 repliche

Tabella 6. Numero medio ( $\pm$  deviazione standard) di catture cumulate per periodo nel blocco 2 di melo sito a Villa Prati di Bagnacavallo (RA) e trattato con codlemone nel 2019, con diverse tipologie di dispenser

| Tesi<br>(innesco e tipologia<br>di dispenser)                      | Catture medie di carpocapsa/trappola $\pm$ SD |                    |                    |                            |                    |                    |
|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------|--------------------|----------------------------|--------------------|--------------------|
|                                                                    | Secondo volo<br>(28/6 – 6/8)                  |                    |                    | Terzo volo<br>(6/8 – 16/9) |                    |                    |
|                                                                    | ♂                                             | ♀                  | Tot.               | ♂                          | ♀                  | Tot.               |
| Codlemone +<br>pear ester<br>(septa)                               | 2,8 $\pm$ 2,6<br>a <sup>1</sup>               | 0,2 $\pm$ 0,4<br>a | 3 $\pm$ 2,9<br>a   | 0,8 $\pm$ 0,8<br>a         | 0,4 $\pm$ 0,9<br>a | 1,2 $\pm$ 1,6<br>a |
| Codlemone +<br>pear ester +<br>acido acetico<br>(septa + membrana) | 5,6 $\pm$ 3,9<br>a                            | 1 $\pm$ 1,2<br>a   | 6,6 $\pm$ 4,8<br>a | 3 $\pm$ 1,4<br>a           | 2 $\pm$ 1,4<br>a   | 5 $\pm$ 2,8<br>a   |
| Codlemone +<br>pear ester<br>(PVC)                                 | 5,8 $\pm$ 4,2<br>a                            | 0,7 $\pm$ 0,9<br>a | 6,5 $\pm$ 4,2<br>a | 0,6 $\pm$ 0,9<br>a         | 0,8 $\pm$ 1,3<br>a | 1,4 $\pm$ 2,2<br>a |
| Codlemone +<br>pear ester +<br>acido acetico<br>(PVC + membrana)   | 5,9 $\pm$ 2,8<br>a                            | 1,7 $\pm$ 0,3<br>a | 7,6 $\pm$ 3<br>a   | 2,2 $\pm$ 3,5<br>a         | 0,2 $\pm$ 0,4<br>a | 2,4 $\pm$ 3,9<br>a |

<sup>1</sup>Anova e Test S.N.K. ( $p \leq 0,05$ ). Colonne in cui le medie sono seguite da lettere diverse sono statisticamente differenti. Media di 5 repliche.

## CONCLUSIONI

Le prove sono state condotte nel biennio 2018-2019 in pereti e meleti situati in diverse provincie dell'Emilia-Romagna (Ferrara, Bologna, Ravenna). Lo scopo dell'indagine era valutare le possibilità di monitorare la carpocapsa in ambiente confuso, utilizzando ad integrazione dell'innesco feromonale anche singoli composti volatili o *blend* di natura cairomonale. In entrambe le annate di indagine è emerso che l'innesco a base di codlemone e *pear ester*, potenziato con acido acetico, è uno strumento migliore del solo innesco caricato con codlemone, sia su melo che su pero; infatti, in particolare in frutteti gestiti in agricoltura integrata, le basse e rarefatte catture di *C. pomonella* sono state registrate dall'innesco combinato, mentre il solo feromone sessuale tende a non essere attrattivo, con catture sostanzialmente nulle. Con i composti cairomonali testati è stato inoltre possibile, sebbene con numeri modesti, monitorare anche le femmine di carpocapsa. Tra le numerose aziende a conduzione integrata, sono stati scelti siti che mostrassero una storica presenza di carpocapsa, solitamente gestita con i classici interventi chimici. La presenza dell'insetto è stata accertata dal monitoraggio, che tuttavia non ha permesso di registrare un chiaro *trend* di volo (con catture costanti e consistenti durante tutta la stagione). Questa difficoltà nel registrare i voli di *C. pomonella* è stata riscontrata in diversi frutteti commerciali dell'Emilia-Romagna, soprattutto negli ultimi anni. Le ipotesi che potrebbero concorrere a spiegare questo fenomeno sono numerose: riduzione negli anni delle popolazioni grazie agli interventi con insetticidi ad alta efficacia, installazione di un numero limitato di trappole per unità di superficie, posizionamento scorretto delle trappole (che andrebbero installate nella parte più alta delle piante e non ad altezza uomo), ecc. Inoltre, in letteratura è descritto l'effetto di sostanze attive quali chlorantraniliprole sul comportamento di maschi e femmine adulte di *C. pomonella* (Knight e



Flexner, 2007). In questo lavoro, gli autori descrivono gli effetti sub-letali del chlorantraniliprole su carpocapsa, e in particolare: la riduzione degli accoppiamenti, l'interferenza sul volo dei maschi e l'alterazione dell'emissione di feromone da parte delle femmine in fase di richiamo. Questi aspetti potrebbero in parte spiegare l'anomala risposta di carpocapsa al monitoraggio canonico nei frutteti a gestione integrata. Nei frutteti biologici la popolazione di carpocapsa può essere invece molto consistente, come riscontrato anche nel presente studio. In queste situazioni la trappola innescata con il solo codlemone è in grado di attrarre i maschi di carpocapsa anche in ambiente confuso.

Un secondo obiettivo è stato un primo screening in Italia di nuovi blend sperimentali a base di 4 o di 5 componenti cairomonali per carpocapsa, in fase di sviluppo e in attesa di brevetto da parte di Trécé (Pherocon Megalure CM Dual 4K e Pherocon Megalure CM Dual 5K), in sperimentazione dal 2019 anche negli Stati Uniti. Il presente lavoro di screening, realizzato in un meletto 'biologico' con forte pressione dell'infestazione, ma con disformità delle catture tra le repliche, non ha permesso di confermare in toto i dati positivi che si stanno ottenendo negli Stati Uniti, dove tale innesco bisessuale a quattro componenti ha registrato un importante incremento di catture rispetto a combinazioni di due-tre componenti cairomonali, con una *sex ratio* a favore delle femmine, che negli Stati Uniti raggiungono il 60-80% delle catture (Alan Knight, comunicazione personale). Ulteriori indagini potranno meglio approfondire questa tematica, nell'interesse di riuscire a monitorare anche il volo delle femmine ed eventualmente portare in futuro un sistema di lotta della carpocapsa attraverso la cattura massale delle stesse.

Infine, terzo obiettivo dell'indagine era la valutazione preliminare di materiali quali il PVC per sostituire i septa nel monitoraggio cairomonale della carpocapsa. Nelle condizioni operative in cui è stato realizzato lo studio, si conferma che i composti caricati nel PVC o nel septa hanno la medesima attrattività, lasciando intuire che una futura sostituzione del materiale degli inneschi non porterebbe ad una riduzione delle catture rispetto a quanto utilizzato ad oggi. Altre prove saranno necessarie per meglio investigare questi aspetti e confermare i risultati ottenuti nel presente lavoro.

## Ringraziamenti

Si ringraziano Trece Inc. e Certis Europe, rispettivamente nelle persone di Bill Lingren ed Alessandro Arbizzani, per aver gentilmente fornito il materiale necessario alla sperimentazione. Si ringrazia il Servizio Fitosanitario della Regione Emilia-Romagna, nelle persone di Rocchina Tiso e Alda Butturini, per aver reso disponibile l'output del modello fenologico a ritardo variabile (MRV-carpocapsa) nei diversi siti di prova.

## LAVORI CITATI

- Giacomuzzi V., Mattheis J., Basoalto E., Angeli S., Knight A.L., 2017. Survey of conspecific herbivore-induced volatiles from apple as possible attractants for *Pandemis pyrusana* (Lepidoptera: Tortricidae). *Pest Manag. Science*, 73, 1837-1845. DOI: 10.1002/ps.4548.
- Ioriatti C., Lucchi A., 2016. Semiochemical strategies for tortricid moth control in apple orchards and vineyards in Italy. *J. Chem. Ecol.*, DOI: 10.1007/s10886-016-0722-y.
- Knight A.L., Flexner L., 2007. Disruption of mating in codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) by chlorantraniliprole, an anthranilic diamide insecticide. *Pest Management Science*, 63, 180-189.
- Landolt P.J., Suckling D.M., Judd G.J.R., 2007. Positive interaction of a feeding attractant and a host kairomone for trapping the codling moth, *Cydia pomonella* (L.). *J. Chem. Ecol.*, 33, 2236-2244. DOI: 10.1007/s10886-007-9391-1.

- Light D.M., Knight A.L., Henrick C.A., Rajapaska D., Lingren B., Dickens J.C., Reynolds K. M., Buttery R.G., Merrill G., Roitman J., Campbell B.C., 2001. A pear-derived kairomone with pheromonal potency that attracts male and female codling moth, *Cydia pomonella* (L.). *Naturwissenschaften*, 88, 333-338. DOI: 10.1007/s001140100243.
- Witzgall P., Stelinski L., Gut L., Thomson D., 2008. Codling moth management and chemical ecology. *Ann. Rev. of Entom.*, 53, 503-522. DOI: 10.1146/annurev.ento.53.103106.093323.