

I FEROMONI NELLA GESTIONE DELLE PROCESSIONARIE DEL PINO, *THAUMETOPOEA* SPP., IN AREE URBANE E RICREATIVE

P. TREMATERRA, A. SCIARRETTA, L. GOGLIA, M. COLACCI

Dipartimento Agricoltura, Ambiente, Alimenti - Università degli Studi del Molise
Via de Sanctis, 86100 Campobasso
trema@unimol.it

RIASSUNTO

Le larve delle processionarie del pino, appartenenti al genere *Thaumetopoea*, provocano gravi defogliazioni agli alberi di *Cedrus*, *Pinus* e *Pseudotsuga*; inoltre, dalla III età acquisiscono delle setole sottili contenenti una proteina irritante che può causare gravi dermatiti all'uomo e agli animali da compagnia o in allevamento. In particolare, a causa delle defogliazioni e dei rischi igienico-sanitari legati alle urticazioni larvali, la lotta a *Thaumetopoea pityocampa* è diventata obbligatoria in molti paesi europei. Di recente sono state affrontate nuove ricerche per lo sviluppo di tecnologie innovative rispettose dell'ambiente per la gestione integrata (IPM) di tali lepidotteri, con attenzione alle aree urbane e alle aree ricreative. Il presente lavoro riporta i progressi ottenuti nell'uso dei feromoni [(Z)-13-esadecen-11-inil acetato] per il monitoraggio, la cattura-massiva e la confusione-sessuale riferite alla gestione di *T. hellenica* (in Grecia) e di *T. pityocampa* (in Spagna e in Italia). Al riguardo l'uso dei semiochimici può fornire un'alternativa agli insetticidi, in quanto che sono sicuri, semplici da utilizzare ed economicamente convenienti.

Parole chiave: monitoraggio, cattura-massiva, confusione-sessuale

SUMMARY

PHEROMONES IN THE MANAGEMENT OF PINE PROCESSIONARY MOTHS, *THAUMETOPOEA* SPP.

IN URBAN PARKS AND WOODLAND RECREATIONAL AREAS

Caterpillars of the pine processionary moths, *Thaumetopoea* complex, cause serious defoliation to *Cedrus*, *Pinus*, and *Pseudotsuga* trees. *Thaumetopoea* caterpillars also have fine hairs on their tergites that contain a protein which can severely irritate and cause dermatitis in humans and domestic animals. Because of the sanitary risks related to larval urtication and the defoliation threat to pine forests and plantations, control of *T. pityocampa* has become mandatory in many European countries. New research activities have been aimed at the development of eco-friendly, innovative technologies for Integrated Pest Management (IPM) of these moths, particularly in urban parks and woodland recreational areas. This paper describes recent advances on the use of pheromones [(Z)-13-esadecen-11-yn-1-yl acetate], in monitoring, mass-trapping, and mating-disruption related to management of the processionary moths *T. hellenica* (in Greece) and *T. pityocampa* (in Spain and Italy). According to the results obtained, the use of pheromones may provide a practical alternative to insecticide sprays, as they can be safe, simple and economically convenient.

Keywords: monitoring, mass-trapping, mating-disruption

INTRODUZIONE

Le specie del gruppo *Thaumetopoea* sono considerate tra le più importanti defogliatrici delle foreste e dei boschi di *Cedrus*, *Pinus* e *Pseudotsuga* dell'Europa centro-meridionale e del nord Africa, in termini di occorrenza temporale, area geografica e impatto socioeconomico. In particolare, gli aumenti di temperatura dovuti al riscaldamento climatico hanno favorito

l'espansione di *T. pityocampa* (Denis e Schiffermüller) in territori in cui in precedenza non era presente, come Svizzera, Germania, Austria e Inghilterra (Battisti et al., 2015). Nel bacino Mediterraneo, *T. pityocampa* (attiva in Portogallo, Spagna, Francia, Italia, penisola balcanica senza l'isola di Creta, Grecia, Marocco, parte dell'Algeria e parte della Turchia) si mescola con *Thaumetopoea wilkinsoni* Tams (segnalata a Cipro, in Libano, parte della Turchia e di Israele), *Thaumetopoea hellenica* Trematerra e Scalercio (della Grecia centrale) e con un "clade" denominato *T. pityocampa* ENA (citato come presente in Algeria, Tunisia e Libia), che raccoglie un complesso di specie, con una propria distribuzione geografica. All'interno di questo "clade" è stata identificata *Thaumetopoea mediterranea* Trematerra e Scalercio per l'isola di Pantelleria (Trematerra et al., 2017).

A causa delle defogliazioni delle piante ospiti e dei rischi igienico-sanitari dovuti alla presenza delle larve con setole urticanti, la lotta alle processionarie del pino, principalmente riferita a *T. pityocampa*, è stata resa obbligatoria in molti paesi europei sin dalla fine del XIX secolo. La strategia più efficace per il controllo di questi lepidotteri di solito prevede una combinazione di attività preventive come le tecniche di piantagione, metodi per la diagnosi precoce e mezzi curativi, quali la cattura delle larve, l'eliminazione dei nidi invernali e l'applicazione di insetticidi. Purtroppo, tali metodi nel tempo hanno fornito livelli insufficienti di controllo della specie infestante, mettendo in pericolo la salute delle persone e degli animali domestici, in particolare nei parchi urbani e nelle aree suburbane o ricreative. Inoltre, le applicazioni di insetticidi in aree antropizzate si sono rivelate inefficaci, poiché alcune parti delle chiome delle piante spesso non vengono raggiunte e rimangono non trattate; è da rilevare che gli interventi stessi provocano reclami da parte dei cittadini residenti.

Nei parchi urbani e suburbani o nelle aree ricreative, l'uso dei feromoni può agevolare la gestione delle infestazioni da processionarie del pino, aiutando gli operatori nelle attività di monitoraggio e nel controllo diretto degli adulti.

Al riguardo, nel presente lavoro si riportano gli aspetti generali e i risultati recenti ottenuti con l'impiego dei feromoni nel monitoraggio, nella cattura-massiva e nella confusione-sessuale delle processionarie del pino.

PROVE DI MONITORAGGIO: MATERIALI E METODI E RISULTATI

L'identificazione del "pityolure", [(Z)-13-esadecen-11-inil acetato], il feromone sessuale di *T. pityocampa*, è stata realizzata da Guerrero et al. (1981); in seguito, alcuni suoi analoghi sono stati studiati da Camps et al. (1988). I primi risultati della loro applicazione in prove di campo, realizzate in Spagna e nel sud-ovest della Francia, si rintracciano nei lavori di Cuevas et al. (1983) e di Einhorn et al. (1983). Per il nord Italia indagini in tal senso sono state condotte da Tiberi e Niccoli (1984), mentre Halperin (1986) le ha effettuate in Israele. Più di recente, Horvath et al. (2015) hanno fatto il monitoraggio della processionaria del pino nel nord e nel sud dell'Albania, mentre Athanassiou et al. (2017) hanno studiato la situazione in Grecia, Italia e Spagna.

Negli ultimi anni le trappole a feromoni innescate con il pityolure sono state ampiamente utilizzate e hanno contribuito in modo rilevante alla gestione sostenibile delle processionarie. Nonostante ciò, sono ancora poche le ricerche sull'influenza che tali dispositivi hanno sulla cattura degli adulti. Infatti, le trappole disponibili in commercio non hanno la stessa efficienza e le loro prestazioni possono essere influenzate da diversi fattori, tra i quali la conformazione, il colore, la posizione sulla pianta, il dispenser feromonico, etc. In proposito, Jacktel et al. (2006) hanno confrontato diversi dispositivi di cattura in Francia e in Portogallo osservando che su base giornaliera le trappole con superfici collanti erano in grado di catturare più adulti di quelle a imbuto; inoltre hanno notato che l'aumento della dose di feromone di innesco ne incrementa il

numero delle catture. Così come le catture sono maggiori se le trappole vengono messe nella parte superiore della chioma delle piante. Gli stessi autori hanno anche osservato che il numero medio di maschi catturati è correlato positivamente alla presenza dei nidi invernali costruiti dalle larve svernanti. In un altro studio condotto in Grecia, Athanassiou et al. (2007) hanno posto a confronto le trappole tipo Delta e le trappole Pherocon II, annotando che gli adulti di processionaria, a causa delle loro dimensioni, possono saturare rapidamente la parte adesiva delle trappole a colla. In proposito, le trappole a imbuto sono considerate da Martin et al. (2012) dispositivi "ad alta capacità"; questi ultimi riportano inoltre che la densità delle piante e il colore delle trappole influiscono sulle loro prestazioni.

La valutazione di nuovi dispositivi, in termini di sensibilità e di capacità di cattura, potrebbe contribuire a ottimizzare i protocolli di monitoraggio di questi lepidotteri. Con l'intento di fornire un aiuto in tal senso, in una recente sperimentazione fatta da Athanassiou et al. (2017) è stata valutata l'attività di 6 diverse trappole, nei confronti dei maschi adulti di *T. hellenica* e di *T. pityocampa*. Al riguardo si sono scelti due siti per *T. hellenica* (Goritsa, Magnissia e Amarousion, Attica, in Grecia) e due siti per *T. pityocampa* (Petacciato, Campobasso, in Italia e Porta Coeli, Valencia, in Spagna). In Grecia, il primo sito è un'area a pineta di 120 ha, principalmente formata da *Pinus brutia* Tenore e *Pinus halepensis* Miller; il secondo sito di 65 ha, include un bosco di *P. halepensis*. Il sito in Italia è costituito da 35 ha di *P. halepensis* con la presenza sporadica di *Pinus pinea* L.; il sito in Spagna è formato da 600 ha di *P. halepensis*.

Le trappole utilizzate durante le prove di monitoraggio sono state: G-Trap, Flysan, Lepisan, Lepisan plus, Prototipo 1 e Prototipo 2 (figura 1). Tutti i dispositivi sono stati innescati con dispenser contenenti 1 mg di pityolure (Trécé Inc., Adair, Oklahoma, USA); Lepisan plus portava due dispenser. Le varie trappole sono state poste in campo durante i primi giorni di luglio, per rilevare l'inizio del volo dei maschi delle processionarie. I dispositivi sono stati situati a un'altezza di circa 3 metri dal suolo; il dispenser feromonico al loro interno si è sostituito ogni 4 settimane. Per annullare l'influenza della loro posizione sulle capacità di cattura, all'interno di ciascun sito durante ogni ispezione settimanale le trappole sono state ruotate in senso orario.

Nel sito di Goritsa (Grecia), il volo di *T. hellenica*, iniziato i primi giorni di agosto, si è protratto sino alla fine di ottobre; il picco è stato osservato a metà settembre. Le catture maggiori sono state fatte dalla G-Trap (392 adulti, il 49,25% del totale) rispetto alle altre trappole sperimentate. Ad Amarousion (in Grecia), il volo è iniziato a metà agosto ed è durato fino ai primi di novembre; la G-Trap ha catturato il maggior numero di maschi (299 adulti, il 49,50% del totale). Nel sito di Petacciato (in Italia), il volo di *T. pityocampa* si è protratto dai primi di agosto all'inizio di settembre; il numero più alto di individui è stato registrato all'inizio di agosto; anche in questo caso i risultati migliori si sono avuti con la G-Trap (801 adulti, 48,84% del totale). A Porta Coeli (in Spagna), il volo di *T. pityocampa* ha avuto inizio nei primi di luglio ed è durato fino a metà settembre, la gran parte degli adulti è stata catturata tra la fine di agosto e l'inizio di settembre; il numero maggiore di maschi è stato trovato nella G-Trap (144 adulti, 44,72% del totale).

Nel complesso, la G-Trap ha mostrato una maggiore capacità rispetto alle altre 5 trappole utilizzate, con incrementi da 2 a 12 volte del numero di maschi catturati. L'abbondanza delle catture è un elemento importante di una trappola, ma ancora più interessante è la capacità di rappresentare i cambiamenti effettivi della densità della popolazione della specie target nel territorio. Poiché la stima del periodo di picco massimo è uno dei parametri più importanti, cui è necessario rispondere mediante l'adozione di un protocollo di lotta, eventuali asincronie possono portare a conclusioni inesatte e inefficaci. In proposito, per avere una visione completa e accurata della situazione, al monitoraggio degli adulti dovrebbe essere sempre associato anche il conteggio dei nidi invernali costruiti dalle larve svernanti.

Figura 1. Trappole a imbuto innescate con pityolure poste a confronto nella cattura dei maschi di *T. hellenica* e di *T. pityocampa*: G-Trap (A), Flysan (B), Lepisan (C), Lepisan plus (D), Prototipo 1 (E), Prototipo 2 (F)



Dai risultati ottenuti in questa sperimentazione di monitoraggio si nota che *T. hellenica* e *T. pityocampa* manifestano differenti curve di volo, in funzione delle aree territoriali monitorate (figure 2 e 3). È importante rilevare tali differenze, poiché la valutazione dell'abbondanza stagionale degli adulti delle due specie suggerisce le misure di lotta più opportune da adottare per il loro controllo. Ad esempio, un accurato sistema di monitoraggio degli adulti fornisce informazioni molto utili per eventuali interventi insetticidi da adottare contro le larve delle prime età.

PROVE DI CATTURA-MASSIVA: MATERIALI E METODI E RISULTATI

Come è noto, le tecniche di cattura-massiva consistono nell'utilizzare un numero relativamente alto di trappole per ridurre i livelli di popolazione di una specie target; le trappole possono essere innescate con diversi tipi di semiochimici o con sostanze alimentari, agendo su uno o entrambi i sessi. La cattura-massiva è stata impiegata per controllare molti insetti dannosi con risultati interessanti; in alcuni casi, ha causato una riduzione rilevante della densità della popolazione bersaglio e un conseguente calo del danno sulle produzioni. Numerosi fattori, quali la competitività della trappola con le femmine selvatiche, la forma e la numerosità delle trappole, la densità della popolazione dannosa, l'ecologia della specie bersaglio, l'isolamento e il rischio di immigrazione dall'esterno possono influenzare il successo di questo metodo di lotta (Jones, 1998; El-Sayed et al., 2006). Per il controllo dei lepidotteri, le trappole vengono di solito innescate con il feromone sessuale che attira solo i maschi; al riguardo secondo Kniping

e McGuire (1966) per ridurre efficacemente la popolazione infestante, almeno l'80-95% dei maschi deve essere catturato dai dispositivi trappola.

Figura 2. Curve di volo dei maschi di *T. pityocampa* catturati dal 2015 al 2019 nell'area turistico-ricreativa di Petacciato (Campobasso)

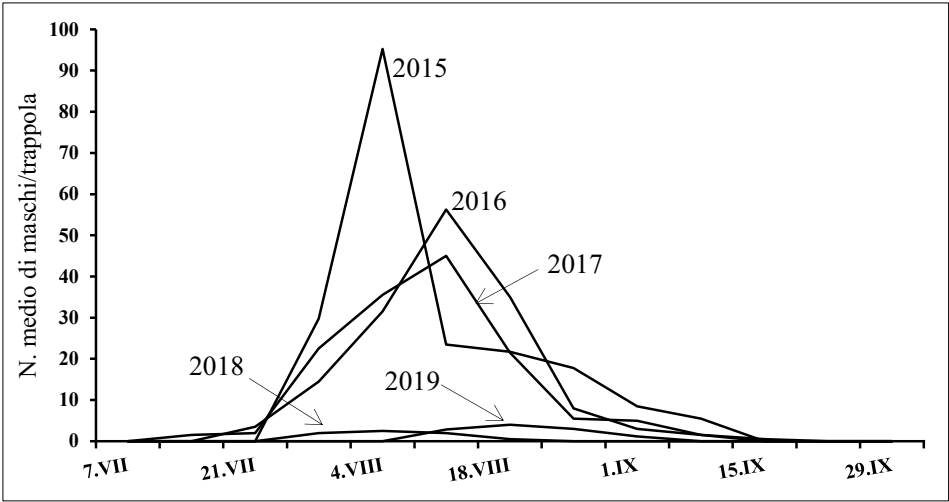
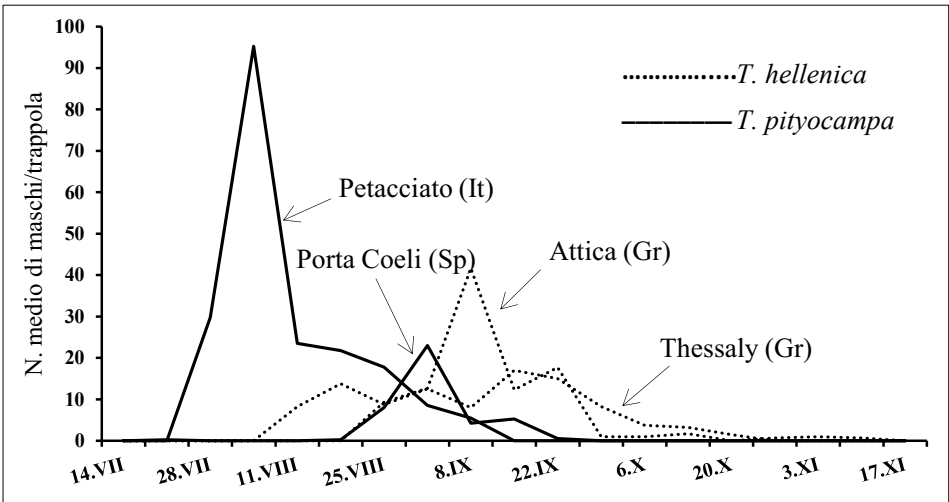


Figura 3. Curve di volo dei maschi di *T. hellenica* e di *T. pityocampa* nei siti sperimentali di Attica e Thessaly (Grecia), Petacciato (Italia) e Porta Coeli (Spagna) rilevate durante le attività di monitoraggio realizzate nel 2015



La cattura-massiva è stata impiegata con successo nei frutteti contro *Zeuzera pyrina* (L.) e *Cossus cossus* (L.); contro i fitofagi del cotone *Spodoptera littoralis* (Boisduval) e *Pectinophora gossypiella* (Saunders); nelle filiere agro-alimentari per il controllo di *Ephestia* spp. e *Plodia interpunctella* (Hb.); nelle foreste, per la lotta a *Lymantria dispar* (L.).

Figura 4. Posizionamento delle trappole sulla chioma delle piante (A); particolare di una G-Trap (B); applicazione del feromone in pasta sui tronchi e sulle branche delle piante per le prove di confusione sessuale (C-D)



Poche informazioni si rintracciano anche sulla possibilità di cattura-massiva nei confronti delle processionarie. Al riguardo, le prime prove di campo sono state condotte in Spagna da Cuevas et al. (1983); più tardi questa tecnica è stata valutata in Italia da Baronio et al. (1992) che hanno riportato una riduzione, non significativa, del numero di nidi invernali di *T. pityocampa* dopo la distribuzione di 20 trappole per ettaro. Dalla Francia, Martin (2015) ha riferito che sono necessarie almeno 4 trappole in un sito di piccole dimensioni e 6 trappole per ettaro in siti di grandi dimensioni.

Queste ultime indicazioni sono coerenti con i risultati ottenuti anche da noi in Italia centrale (Trematerra et al., 2019a), dove è stata presa in considerazione un'area costiera ricreativa di circa 30 ettari. La zona, coperta da alberi di Pino di Aleppo dell'età di 50 anni, si estende per 4 km lungo la costa adriatica, per una larghezza compresa tra 100 e 350 m. Nel corso del triennio 2016-2018, due parcelle di 1 ha ciascuno sono state interessate dall'esperimento, la cattura-

massiva è stata applicata in una parcella (parcella-CM), mentre un'altra parcella (parcella-Testimone) è stata lasciata non trattata quale testimone di controllo.

Durante il triennio, dieci G-Trap (SEDQ, Barcellona, Spagna) sono state messe nella parcella-CM; ciascuna è stata innescata con dispenser contenenti 1 mg di pityolure (Kenogard, Barcellona, Spagna) e posizionata nella chioma delle piante a circa 5-6 metri dal suolo (figura 4 A-B). Nel 2015 sono state distribuite anche 4 trappole utili al monitoraggio della popolazione di *T. pityocampa* nel territorio circostante, distanziate ad intervalli di un chilometro l'una dall'altra. I nidi invernali realizzati dalle larve svernanti nella parcella-CM e quelli presenti nella parcella-Testimone sono stati contati usando un binocolo.

Dopo due anni di cattura-massiva (2016 e 2017), si è osservata una riduzione di adulti del 53% e del 79% nella parcella-CM rispetto alla parcella-Testimone.

Nel complesso, il numero di maschi catturati nella parcella-CM è stato di 131 nel 2016, 56 nel 2017 e 13 nel 2018, mentre nella parcella-Testimone di 353 nel 2015, 426 nel 2016, 476 nel 2017 e 14 nel 2018. Nel 2016, prima di applicare il metodo di cattura-massiva, il numero medio di nidi invernali nella parcella trattata e nella parcella-Testimone è risultato simile, rispettivamente di 0,71 e 0,87 nidi/albero. Nel 2017, dopo un anno di sperimentazione, il numero medio di nidi nella parcella-CM (0,08 nidi/albero) è risultato significativamente più basso rispetto alla parcella-Testimone (0,50 nidi/albero). Risultati analoghi si sono ottenuti nel 2018, dopo due anni di cattura-massiva, con 0,04 nidi/albero presenti nella parcella-CM contro 0,16 nidi/albero osservati nella parcella-Testimone.

Trematerra et al. (2019a) riferiscono che a una densità di 10 trappole/ettaro l'applicazione della cattura-massiva riduce i nidi di processionaria dell'88% dopo un anno e del 94% dopo due anni, rispetto al calo dei nidi del 43% e dell'80% osservato nella parcella-Testimone. In situazioni pratiche, il numero delle trappole da impiegare può riflettere un compromesso tra la densità ottimale che offre il massimo numero di catture e quella economicamente più conveniente. Per tale motivo la loro densità dovrebbe essere periodicamente rivista, in accordo con il livello della popolazione infestante, con il miglioramento degli strumenti di cattura e dei dispenser feromonici impiegati nell'innescio.

PROVE DI CONFUSIONE-SESSUALE: MATERIALI E METODI E RISULTATI

Per la confusione-sessuale, nei confronti dei lepidotteri di solito si utilizza una certa quantità di feromone sintetico da disperdere in ambiente in modo da mascherare o competere con il feromone naturale emesso dalle femmine della specie infestante, tanto da ridurre drasticamente le possibilità di incontro e di accoppiamento. Questa è la tecnologia a base di feromoni più ricorrente nel controllo diretto di varie specie dannose. In generale, è stata valutata e viene commercializzata con successo per la lotta a *Lobesia botrana* (Den. e Schiff.), *Cydia pomonella* (L.), *Grapholita molesta* (Busck), *Ephestia* spp., *Plodia interpunctella* (Hb.) e *Cossus insularis* (Staudinger). Al contrario, al riguardo, si rintracciano pochi dati per le specie dannose alle piante forestali, soprattutto a causa dei costi richiesti da una strategia che andrebbe applicata su larga scala.

Analogamente, esistono pochi studi sull'uso della confusione-sessuale nel controllo delle processionarie del pino; anche se tali specie possono essere ideali per l'applicazione di questa tecnica di lotta, poiché di solito sono univoltine e una singola applicazione annuale di feromone può portare al controllo della loro popolazione. Prove preliminari di confusione-sessuale contro *T. pityocampa* si rintracciano in studi condotti in piccole aree di Israele e Italia (Halperin, 1986; Baldassarri et al., 1994). Nel biennio 2004-2005, ulteriori dati sono stati pubblicati in Francia da Martin e Frérot (2006). Recentemente, sono state riportate osservazioni condotte in Italia e Grecia da Trematerra et al. (2019b), che hanno valutato l'efficacia della confusione anche per

il controllo delle popolazioni di *T. hellenica*. Le indagini su quest'ultima specie sono state condotte dall'estate 2015 all'inverno 2017 in due siti greci, la collina di Goritsa (Volos, Magnissia) e l'Istituto di Scienze Agricole (IAS) (Atene, Attica). Le prove nei confronti di *T. pityocampa* si sono effettuate in Italia e hanno interessato il sito di Petacciato (Campobasso). Nei tre casi, l'andamento dei voli dei maschi delle processionarie, prima, durante e dopo l'applicazione della confusione-sessuale, è stato monitorato tramite trappole a imbuto innescate con 1 mg di feromone.

La parcella sottoposta a confusione-sessuale è stata trattata con pityolure formulato in pasta (ThauPi-polymix, 2% di ingrediente attivo, Novagricra Hellas, Atene, Grecia). Una siringa a pistola da 250 g è stata utilizzata per applicare la pasta feromonica in piccole gocce di circa 2,5 g ciascuna sui tronchi e sui rami delle piante (figura 4 C-D). La quantità di pityolure applicata in ciascuna parcella è stata di $20 \pm 0,5$ g/ha. Per il monitoraggio dei maschi di processionaria, prima e dopo l'applicazione della confusione-sessuale, le trappole sono state controllate a intervalli regolari bisettimanali. Quale altro metodo di valutazione dell'efficacia della confusione, nell'inverno 2016 e nel 2017 sono stati conteggiati mediante osservazione con il binocolo i nidi invernali realizzati dalle larve svernanti di *T. hellenica* e di *T. pityocampa*, sia nella parcella confusione che in quella testimone.

I risultati ottenuti hanno mostrato che la riduzione delle catture degli adulti nelle trappole di monitoraggio e quella dei nidi invernali è stata simile sia in Grecia e sia in Italia. Per Goritsa e IAS (Grecia), il numero totale di maschi di *T. hellenica* intrappolati nelle parcelle con la confusione-sessuale è stato inferiore al numero registrato nella parcella testimone. A Goritsa nella parcella-confusione si sono catturati 3 maschi nel 2015 e 5 nel 2016, mentre nella parcella-testimone 19 nel 2015 e 474 nel 2016; nello IAS il numero di maschi nella parcella-confusione è stato 272 nel 2015 e 53 nel 2016, in quella testimone 1446 nel 2015 e 1515 nel 2016. In Italia, a Petacciato per *T. pityocampa*, i maschi catturati nella parcella-confusione sono stati inferiori a quanto rilevato nella parcella-testimone. In quest'ultima i maschi sono stati 353 nel 2015 e 400 nel 2016; invece nella parcella-confusione si sono catturati 49 maschi nel 2015 e 35 nel 2016.

Nel complesso, anche il numero medio di nidi invernali in ciascun sito è stato inferiore nella parcella trattata con la confusione-sessuale rispetto alla parcella-testimone. A Goritsa, i nidi conteggiati nella parcella-testimone sono stati 235 nel 2016 e 564 nel 2017; nella parcella-confusione 50 nel 2016 e 14 nel 2017. Nello IAS, i nidi nella parcella-testimone sono stati 71 nel 2016 e 59 nel 2017; mentre nella parcella-confusione si sono osservati 18 nidi nel 2016 e 8 nel 2017. A Petacciato nella parcella-testimone si sono annotati 21 nidi nel 2016 e 12 nel 2017; nella parcella-confusione 3 nel 2016 e 1 nel 2017.

In seguito a tali osservazioni, secondo Trematerra et al. (2019b) la confusione-sessuale è in grado di interferire con il successo riproduttivo di gran parte delle popolazioni di *T. hellenica* e di *T. pityocampa*, suggerendo che questo metodo biotecnologico può essere utilizzato per il controllo di tali specie. L'introduzione della confusione-sessuale nei programmi di lotta integrata alle processionarie richiederà un migliore affinamento di come tale metodo di lotta può essere combinato con le altre tecniche di gestione delle infestazioni.

CONCLUSIONI

Tradizionalmente le strategie per la gestione delle processionarie del pino comprendono una combinazione di tecniche di prevenzione, quali i sistemi di impianto, e di metodi curativi con la raccolta delle ovature e dei nidi larvali, la cattura delle larve svernanti in migrazione, l'irrorazione di biocidi come *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* Berliner o di regolatori di crescita (IGRs), e forme di lotta biologica.

La rimozione meccanica delle ovature o dei nidi larvali e l'uso delle trappole barriera al tronco per la cattura delle larve migranti sono operazioni che si possono realizzare in piccoli spazi come giardini privati e pubblici oppure in parchi cittadini, ma risultano difficili da applicare su grandi superfici boschive. Di solito le tecniche di rimozione meccanica hanno lo svantaggio di non essere esaustive, poiché le ovature e i nidi autunnali sono difficili da visualizzare, mentre i nidi invernali pur se chiaramente visibili spesso sono impossibili da raggiungere nelle parti estreme delle chiome. Le trappole barriera al tronco possono essere utilizzate a fine inverno-inizio primavera per catturare le larve mature migranti mentre scendono dai nidi invernali in cerca dei luoghi di impupamento nel terreno sottostante le piante infestate. A tale proposito, Martin et al. (2012) citano la buona efficacia (circa del 96,5%) della fascia-trappola Ecopiege; allo stesso modo, Colacci et al. (2018) rimarcano l'elevata capacità di cattura dei dispositivi Procerex e del prototipo LIFE-PISA (con efficienza del 99,5% e del 98%). Nonostante tali interessanti risultati, la distribuzione delle trappole barriera su ogni singola pianta in aree estese incontra evidenti difficoltà operative e di eccessiva spesa. L'irrorazione delle chiome delle piante con *B. thuringiensis* è una pratica adottata dagli inizi degli anni '80, l'efficacia di questo metodo nel controllo delle larve di *Thaumetopoea* nel primo periodo autunnale è particolarmente elevata. Come pure interessanti sono i risultati che si possono ottenere contro le giovani larve dall'impiego dei regolatori di crescita. Nella protezione delle foreste, tuttavia, i trattamenti chimici effettuati con veicoli aerei trovano ostacoli burocratici e logistici, per via delle condizioni orografiche in cui ci si trova ad operare e per i costi elevati da affrontare. I risultati pratici di forme di controllo biologico sono ancora piuttosto limitati.

Rispetto a tali metodi di lotta, l'uso dei feromoni, sia per la cattura-massiva sia per la confusione-sessuale, può fornire un'alternativa pratica agli interventi insetticidi, in particolare nei parchi urbani e suburbani, nei giardini pubblici o privati e nelle aree ricreative poco estese, poiché sono semplici da applicare e piuttosto economici. La cattura-massiva è più conveniente rispetto alla confusione-sessuale, poiché sono necessarie quantità più limitate di feromone. Tuttavia va notato che l'uso dei feromoni nella lotta diretta alle processionarie non limita la possibilità di reinfestazione delle aree trattate da parte di femmine provenienti da zone circostanti, per questo motivo l'efficacia di tali metodologie è maggiore quando si opera in siti isolati e nel caso di applicazioni a lungo termine. Nel contesto dell'IPM, la cattura-massiva e la confusione-sessuale possono essere più propriamente adottate in combinazione con altre tecniche preventive e metodi di controllo.

L'applicazione dei feromoni contro le processionarie trova una interessante giustificazione nella protezione di parchi urbani e suburbani e nelle aree ricreative, anche in termini economici e facilità di applicazione. Ciò è particolarmente importante considerando i rischi igienico-sanitari per chi frequenta tali luoghi o vive nelle loro immediate vicinanze. Al contrario, siccome il pino è una essenza forestale abbondante nel Mediterraneo e nelle foreste del nord Europa, un'applicazione su aree estese, sia della cattura-massiva sia della confusione-sessuale, risulta poco praticabile, per la carenza di risorse umane e per gli elevati costi di applicazione.

LAVORI CITATI

- Athanassiou C.G., Kavallieratos N.G., Gakis S.F., Kyrtsa L.A., Mazomenos B.E., Gravanis F.T., 2007. Influence of trap type, trap colour, and trapping location on the capture of the pine moth, *Thaumetopoea pityocampa*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 122, 117–123.
- Athanassiou G.C., Kavallieratos N.G., Pardo D., Sancho J., Colacci M., Boukouvala M.C., Nikolaidou A.J., Kondodimas D.C., Benavent-Fernández E., Gálvez-Settier S., Trematerra P., 2017. Evaluation of pheromone trap devices for the capture of *Thaumetopoea*

- pityocampa* (Lepidoptera: Thaumetopoeidae) in southern Europe. *Journal of Economic Entomology*, 110 (3), 1087-1095.
- Baldassari N., Rocchetta G., Baronio P., 1994. Effects of mating disruption on the development of an isolated *Thaumetopoea pityocampa* (Den. and Schiff.) (Lepidoptera: Thaumetopoeidae) population. *Bollettino dell'Istituto di Entomologia "G. Grandi" Università di Bologna*, 48, 185-193.
- Baronio P., Baldassari N., Scaravelli D., 1992. Quantitative development of a population of *Thaumetopoea pityocampa* (Den. & Schiff.) (Lepidoptera, Thaumetopoeidae) assessed by the mass trapping technique. *Frustula entomologica*, 15, 1-9.
- Battisti A., Avci M., Avtzis D.N., Ben Jamaa M.L., Berardi L., Berretima W., Branco M., Chakali G., El Alaoui El Fels M.A., Frérot B., Hódar J.A., Ionescu Mălăncuș I., İpekdağ K., Larsson S., Manole T., Mendel Z., Meurisse N., Mirchev P., Nemer N., Paiva M.R., Pino J., Protasov A., Rahim N., Rousselet J., Santos H., Sauvard D., Schopf A., Simonato M., Yart A., Zamoum M., 2015. Natural history of the processionary moths (*Thaumetopoea* spp.): new insights in relation to climate change. In: Processionary moths and climate change: an update (Roques A. Ed.). Springer, Dordrecht, The Netherlands, 15-79.
- Colacci M., Kavallieratos N.G., Athanassiou C.G., Boukouvala M.C., Rumbos C.I., Kontodimas D.C., Pardo D., Sancho J., Benavent-Fernandez E., Galvez-Settier S., Sciarretta A., Trematerra P., 2018. Management of the Pine Processionary Moth, *Thaumetopoea pityocampa* (Lepidoptera: Thaumetopoeidae), in Urban and Suburban Areas: Trials with Trunk Barrier and Adhesive Barrier Trap Devices. *Journal of Economic Entomology*, 111 (1), 227-238.
- Einhorn J., Menassier P., Michelot D., Riom J. 1983. Sex trapping of the processionary moth *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. (Lep., Notodontidae) with synthetic attractants. First experiments in the south-west of France. *Agronomie*, 3, 499-505.
- Guerrero A., Camps F., Coll J., Riba M., Einhorn J., Descoins C., Lallemand J.Y., 1981. Identification of a potential sex pheromone of the processionary moth, *Thaumetopoea pityocampa* (Lepidoptera, Notodontidae). *Tetrahedron Letters*, 22, 2013-2016.
- Halperin J., 1986. Application of ptyolure for detection and control of *Thaumetopoea pityocampa* in Israel. *EPPO Bulletin*, 16, 627-632.
- Jactel H., Menassieu P., Vétillard F., Barthélémy B., Piou D., Frérot B., Rousselet J., Goussard F., Rodrigues Branco M., Battisti A., 2006. Population monitoring of the pine processionary moth (Lepidoptera: Thaumetopoeidae) with pheromone baited traps. *Forest Ecology and Management*, 235, 96-106.
- Panzavolta T., Marziali L., Tiberi R., 2008. Further studies on the role of monoterpenes in pine host selection and oviposition of *Thaumetopoea pityocampa*. *Phytoparasitica*, 36, 313-321.
- Trematerra P., Scalercio S., Colacci M., 2017. *Thaumetopoea hellenica* sp. n. and *Thaumetopoea mediterranea* sp. n. new taxa from Southern Europe (Lepidoptera Notodontidae Thaumetopoeinae). *Redia*, 100, 3-10.
- Trematerra P., Colacci M., Sciarretta A., 2019a. Mass trapping trials for the control of pine processionary moth in a pine woodland recreational area. *Journal of Applied Entomology*, 143, 129-136.
- Trematerra P., Colacci M., Athanassiou C.G., Kavallieratos N.G., Rumbos C.I., Boukouvala M.C., Nikolaidou A.J., Kontodimas D.C., Benavent-Fernández E., Gálvez-Settier S., 2019b. Evaluation of mating disruption for the control of the pine processionary moth, *Thaumetopoea pityocampa* (Lepidoptera: Thaumetopoeidae), in suburban recreational areas in Italy and Greece. *Journal of Economic Entomology*, 112 (5): 2229-2235.