

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di riferimento del CDS TERRITORIO E SISTEMI AGRO-FORESTALI

Dipartimento del relatore DIPARTIMENTO DI AGRARIA, ALIMENTAZIONE, RISORSE NATURALI,
ANIMALI E AMBIENTE

Corso di laurea

RIASSETTO DEL TERRITORIO E TUTELA DEL PAESAGGIO

Tecniche di gestione della processionaria del pino in ambiente urbano

Relatore: prof. Andrea Battisti

Laureando:

Lampitelli Matteo

N° di matricola 1201260

ANNO ACCADEMICO 2021-2022

INDICE

1. RIASSUNTO	pag.3
2. ABSTRACT	pag.4
3. INTRODUZIONE	pag.5
4. MATERIALI E METODI	pag.8
5. RISULTATI	pag.15
6. DISCUSSIONE	pag.19
7. BIBLIOGRAFIA	pag.21

RIASSUNTO

In questa tesi vengono trattate alcune tecniche che possono essere attuate per gestire e limitare la presenza di *Thaumetopoea pityocampa* all'interno di un ambiente urbano.

Sapendo che la presenza di specie differenti nei popolamenti ostacola l'individuazione dell'ospite di alcuni insetti sia a livello visivo sia a livello olfattivo, si è pensato di focalizzare l'attenzione sulla tecnica che riguarda il mascheramento chimico delle piante ospiti della processionaria del pino.

Gli ospiti di questo defogliatore sono *Pinus* spp. e *Cedrus* spp. ma lo studio e l'osservazione di questa sperimentazione sono stati svolti su *Pinus nigra*, sia in popolamenti puri sia su popolamenti misti con la presenza di *Pinus sylvestris* e specie caducifoglie; tutto ciò al fine di capire la risposta di questo lepidottero in diverse situazioni ecologiche.

Il metodo utilizzato consiste nel posizionare dei dispenser che rilasciano sostanze volatili come il salicilato di metile, su individui di *Pinus nigra*. Queste sostanze, tipiche di specie di piante non utilizzate dalla processionaria, dovrebbero ingannare le femmine adulte di *T. pityocampa* facendo intendere che il pino non sia il loro ospite.

I risultati non sono del tutto convincenti in quanto è stata notata una riduzione dell'ovideposizione solo in un caso su un totale di tre esaminati; è probabile che le condizioni ambientali influenzino la scelta delle femmine in misura più importante rispetto al mascheramento chimico.

ABSTRACT

In this thesis some techniques are discussed that can be implemented to manage and limit the presence of *Thaumetopoea pityocampa* within an urban environment.

Knowing that the presence of different species in the stands hinders the detection of the host of some insects both visually and chemically, it was thought to focus attention on the technique that concerns the chemical masking of the host plants of the pine processionary.

The hosts of this defoliator are *Pinus* spp. and *Cedrus* spp. but the study and the observation of this experimentation have been carried out on *Pinus nigra* both in pure stands and on stands mixed with *Pinus sylvestris* and deciduous species; all this in order to understand the response of this moth in different ecological situations.

The method used is based in placing dispensers that release volatile substances such as methyl salicylate on individual trees of *Pinus nigra*. These substances, belonging to other species of plants, should deceive adult females of *T. pityocampa* by chemically hiding their host plants.

It was found that the method used gave some positive findings in one out of three cases, probably because of different environmental conditions affecting the distribution and masking effect of the methyl salicylate.

INTRODUZIONE

Thaumetopoea pityocampa ha un'areale di distribuzione diffuso nelle regioni temperate del bacino del Mediterraneo, come Europa Meridionale ed Africa Settentrionale. In Italia è molto presente e segue l'areale di distribuzione dei suoi ospiti solamente se le temperature climatiche lo permettono; infatti è stato dimostrato che le larve di questo defogliatore, durante la notte, escono dal nido per nutrirsi solamente se la temperatura supera i 0° e se il giorno precedente il nido è riuscito ad immagazzinare abbastanza calore solare. Gli ospiti sono *Pinus* spp. in particolare *Pinus nigra*, ed anche *Cedrus* spp. (Battisti et al. 2005).

Lo stadio larvale di questo insetto ha un forte impatto estetico soprattutto in ambito urbano, dove le piante vengono inserite in contesti nei quali si cerca di valorizzarne sia l'aspetto che la forma; ma questi vengono meno ogni qualvolta vi sia un attacco di *T. pityocampa*. Questo fitofago, oltre a danneggiare a livello estetico la pianta, le crea uno scompensamento funzionale a causa della sua forte defogliazione che provoca un'asportazione dei tessuti ed una diminuzione di azoto negli aghi. Inoltre la riduzione del numero degli aghi può portare una minore aspirazione di acqua da parte della chioma, facendo ridurre così la circolazione dell'acqua nella pianta e limitando di conseguenza l'apporto di nutrienti trasportati dalla linfa grezza agli organi dell'albero. Quindi la defogliazione riduce l'efficienza fotosintetica che influisce sulla crescita dell'albero (Jacquet et al. 2012).

L'insetto in questione, purtroppo, è conosciuto anche in ambito sanitario. Le larve della processionaria del pino, dal terzo stadio in poi, sviluppano delle setole ossia delle strutture che ricordano dei mini aghi. Nel caso in cui le larve si sentano attaccate rilasciano le setole nell'aria che andranno ad infilarsi sulla pelle, sugli occhi o sulle vie respiratorie creando delle reazioni allergiche nei vertebrati a sangue caldo (Backe et al. 2012). Il pericolo appena descritto aumenta nel periodo di febbraio quando le larve mature danno inizio alla processione verso il terreno, portando ad una probabilità maggiore di entrare in contatto con persone ed animali domestici soprattutto in ambienti urbani.

Nel contesto urbano la gestione fitosanitaria di *T. pityocampa* viene affrontata tramite barriere fisiche (eco-piege), endoterapia, mascheramento fisico e chimico dell'ospite; i trattamenti a dispersione sono vietati per legge. Per i trattamenti in chioma non è più possibile l'utilizzo di prodotti fitosanitari; possono essere usati solamente prodotti come saponi, fertilizzanti potassici (fosfiti), oli vegetali, polisaccaridi (agricolle) (Tosi 2020).

Come dicevamo, la gestione in ambito urbano può essere condotta tramite barriere fisiche, ovvero delle installazioni che vengono poste sul fusto degli alberi di nostro interesse. Queste trappole consentono di catturare le larve mature facendole cadere all'interno di un contenitore durante la loro processione così da impedire che raggiungano il suolo. Questo permette una maggiore sicurezza per gli astanti di quel luogo e aiuta l'eradicazione della processionaria da quella zona ostacolando la fase di impupamento e di conseguenza lo sfarfallamento degli adulti (Colacci et al. 2018).

La lotta contro la processionaria del pino viene affrontata anche sul fronte dell'endoterapia. Sono state fatte delle sperimentazioni a Torremolinos (Malaga, Spagna) che dimostrano l'efficacia di questa tecnica. Una volta somministrata la soluzione alla pianta questa riesce a non avere più attacchi di processionaria per i successivi 2 anni (Ferrari et al. 2011). Il lato negativo di questa tecnica è dovuto al costo ed al tempo che si impiega a somministrare la soluzione endoterapica.

Oltre alle tecniche appena elencate vi è un altro sistema di lotta che si basa sul mascheramento fisico e chimico della pianta ospite. Il mascheramento fisico della pianta ospite è risultato essere efficiente. Dulaurent et al. (2012) hanno dimostrato che posizionando delle latifoglie di grandi dimensioni ai margini di un popolamento di *Pinus* spp. si può ottenere una diminuzione significativa delle densità dei nidi di processionaria; questo perché aumenta la difficoltà di *T. pityocampa* nell'individuare visivamente l'ospite, le condizioni vitali nei primi stadi larvali saranno più difficili perché le latifoglie creeranno una copertura dai raggi solari e vi saranno maggiori nemici naturali che potranno essere ospitati dalla vegetazione non ospite. Invece riguardo al mascheramento chimico, Jactel et al. (2011) hanno condotto degli studi dov'è risultato che la presenza di specie differenti in un popolamento può confondere l'individuazione della pianta ospite oltre che a livello visivo anche a livello olfattivo da parte dell'insetto.

Per testare quanto la presenza di specie differenti sia fuorviante per *T. pityocampa*, a causa della liberazione di sostanze volatili differenti da quelle di *Pinus* spp. e *Cedrus* spp., in questa sperimentazione sono stati posti dei rami di betulla alla base di alcuni *Pinus nigra* rilasciando in particolare salicilato di metile, e si è riscontrato una minore presenza di processionaria del pino. Il salicilato di metile è il componente dominante dell'olio essenziale estratto dalla corteccia di betulla (Jactel et al. 2011).

Dopo gli esiti positivi dei risultati appena citati, si è giunti all'ipotesi che sia possibile l'utilizzo di sostanze naturali per il mascheramento chimico. Abbiamo pensato di sperimentare una lotta naturale posizionando sulle piante ospiti dei dispenser che rilasciano salicilato di metile, per poter osservare quanto sia efficace contro la processionaria del pino. Nell'ipotesi che questo metodo possa avere successo, ci troveremo di fronte ad una nuova metodologia di lotta con interessanti punti a favore quali per esempio la relativa semplicità di applicazione ed il basso costo del materiale utilizzato (Jactel et al. 2011).

L'obiettivo di questa sperimentazione è quello di valutare l'efficacia dei dispenser di salicilato di metile in diverse condizioni ecologiche. Se questo metodo di mascheramento risulta essere efficace, potrà essere utilizzato in ambienti urbani.

MATERIALI E METODI

Aree di studio

Per la prova sperimentale sono state analizzate tre aree situate nel Nord Italia, rispettivamente due nella Provincia di Verona e una in quella di Trento. Le aree analizzate presentano caratteristiche di popolamento differenti tra loro. Nell'area della Provincia di Trento la densità di popolamento non è molto elevata ed è caratterizzata principalmente da *Pinus nigra* e *Pinus sylvestris*, mentre nella prima area della Provincia di Verona ossia Tregnago le piante oltre ad essere di grandi dimensioni sono anche molto isolate tra loro. Nella seconda area della Provincia di Verona che corrisponde a Quinzano il popolamento è misto tra *Pinus nigra*, *Pinus sylvestris* e altre specie caducifoglie. In quest'ultimo sito le piante ospiti sono di dimensioni minori rispetto agli altri e maggiormente schermate da altre specie. Qui di seguito vengono riportate le immagini prese dal satellite che mostrano le singole aree dove è stata svolta la prova. I tre siti sono stati denominati rispettivamente con il toponimo del rispettivo comune: Rovereto (TN), Tregnago (VR), Quinzano (VR).

Rovereto (TN)

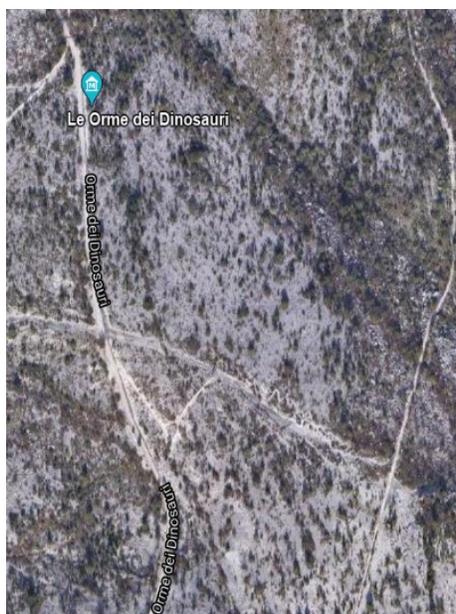


Figura 3.1. Rovereto (TN), particolare del popolamento.

Tabella 3.1. Rovereto. Caratteristiche del popolamento e parametri rilevati.

Area	Popolamento	Specie considerate	Suolo	Parametri rilevati
Lavini di Marco Rovereto (TN)	Popolamento misto con piante di dimensioni variabili	<i>Pinus nigra</i>	Superficiale su rocce carbonatiche	N° ovature/pianta

Il sito in questione si trova ad un' altitudine compresa tra 263 e 652 m s.l.m. Ha un popolamento misto dove gli individui sono distribuiti in modo uniforme (Fig. 1). Gli alberi sono separati da importanti spazi di roccia nuda. Il sito si sviluppa su un ghiaione di tipo carbonatico, dove nella parte superiore c'è la presenza di Pino mugo e nella parte inferiore si presenta una mescolanza omogenea di *Pinus nigra* e *Pinus sylvestris*. Per la nostra prova sperimentale è stato utilizzato solamente *Pinus nigra*.

Tregnago (VR)

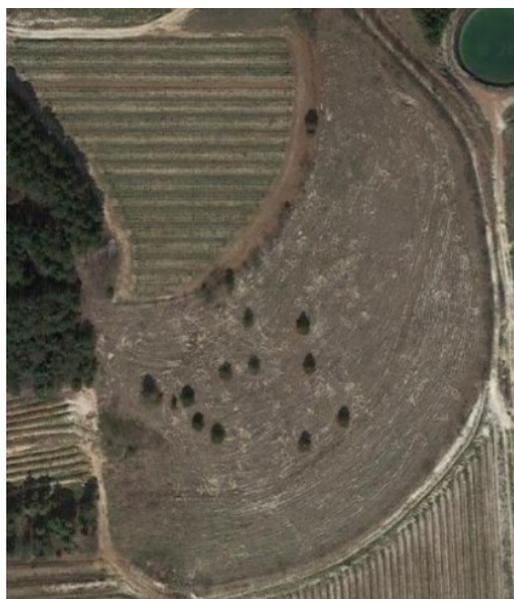


Figura 3.2. Tregnago (VR), particolare del popolamento.

Tabella 3.2. Tregnago. Caratteristiche del popolamento e parametri rilevati.

Area	Popolamento	Specie considerate	Suolo	Parametri rilevati
Tregnago (VR)	Popolamento puro di <i>Pinus nigra</i> Numero ridotto di alberi, isolati tra loro	<i>Pinus nigra</i>	Limoso	N° ovature/pianta

Il sito a cui stiamo facendo riferimento si trova a Tregnago in provincia di Verona, ad una quota di 317 m s.l.m. Il popolamento è puro di *Pinus nigra* con un numero ridotto di individui di grandi dimensioni i quali sono molto isolati tra loro.

Quinzano (VR)

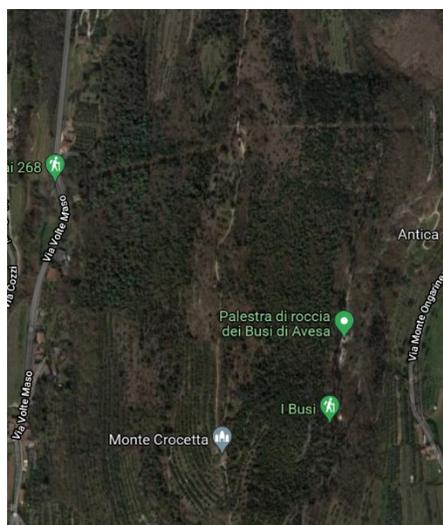


Figura 3.3. Quinzano (VR), particolare del popolamento.

Tabella 3.3. Quinzano. Caratteristiche del popolamento e parametri rilevati.

Area	Popolamento	Specie considerate	Suolo	Parametri rilevati
Monte Crocetta Quinzano (VR)	Popolamento misto di <i>Pinus nigra</i> e svariate specie caducifoglie	<i>Pinus nigra</i>	Limoso	N° ovature/pianta

Il sito in questione si trova sul Monte Crocetta, nel comune di Quinzano, provincia di Verona, ad una quota di 331 m s.l.m. Il popolamento, come già sintetizzato nella tabella qui sopra riportata, si presenta misto con *Pinus nigra*, *Pinus sylvestris* e svariate specie caducifoglie. Gli individui di *Pinus nigra* da noi utilizzati avevano dimensioni differenti tra loro passando da esemplari di 3 m ad altri di 1 m. Alcune di queste piante erano parzialmente schermate da altre specie.

Metodo

Il metodo che è stato utilizzato si basa sull'individuazione, nei siti prefissati, delle coppie di ospiti con caratteristiche simili tra loro sia per quanto riguarda le dimensioni che a livello di posizione ed isolamento. Per l'area di Rovereto sono state utilizzate 40 coppie di ospiti, per quella di Tregnago 6 coppie ed infine a Quinzano 11. Una volta individuate le coppie, sono stati posizionati dei dispenser di salicilato di metile solamente su un individuo di queste, così da poter testare l'efficacia o meno del trattamento, che si evidenzierà nelle eventuali differenze di concentrazione della processionaria tra ospiti trattati e non trattati. Questi dispenser contengono una sorta di repellente per le femmine di processionaria, infatti il salicilato di metile dovrebbe confondere la farfalla inducendola a non riconoscere la sua pianta ospite. Sono stati posizionati 8 diffusori per pianta per avere una copertura completa.

Il periodo di esposizione dei dispenser contenenti il repellente è stato di 69 giorni.

Il posizionamento dei diffusori è stato effettuato il 2 luglio del 2021 periodo in cui iniziano a fuoriuscire dal terreno i primi adulti, mentre la raccolta dei diffusori e la verifica dei risultati è stata svolta il 9 settembre 2021 periodo nel quale finisce lo sfarfallamento di *Thaumetopoea pityocampa*.



Figura 3.4. Posizionamento dei dispenser di salicilato di metile (Rovereto).

Verifica

Per verificare che tipo di riscontro abbia avuto la prova sperimentale, come detto in precedenza, il giorno 9 settembre in campo si è controllato l'effetto che i diffusori hanno avuto contro *Thaumetopoea pityocampa*. Si è andati ad osservare le coppie di alberi stabilite in precedenza. La tecnica di osservazione si basa sul verificare visivamente già in lontananza se ci sono decolorazioni sugli aghi di pino. Notando queste decolorazioni si può subito prevedere che molto probabilmente ci saranno delle larve di processionaria nei primi stadi di crescita. Avvicinandosi alla pianta si può avere la conferma che i sintomi sopra citati siano dovuti dalla presenza delle larve che stanno svolgendo i primi attacchi e che non siano dovuti ad altre cause come per esempio un attacco fungino.

Osservando attentamente l'ospite si possono individuare le ovature che avvolgono una coppia di aghi. Contando il numero di ovature tra piante trattate e non trattate possiamo appurare se la tecnica da noi utilizzata ha dato riscontri positivi o meno. Quindi nel caso in cui le piante trattate presentino meno ovature di quelle non trattate, dedurremo che i dispenser contenenti il salicilato di metile riescono a non far riconoscere alla femmina di processionaria l'ospite su cui deporre le uova.



Figura 3.5. Primo attacco di processionaria con la presenza di un dispenser di salicilato di metile (Rovereto).



Figura 3.6. Presenza di ovatura di Thaumetopoea pityocampa con larve di primo stadio (Rovereto).

Analisi statistiche

I dati raccolti, sono stati riordinati in tabelle per poter proseguire nelle successive fasi di rielaborazione ed avere una visione oggettivamente più completa dei dati.

Lo sviluppo delle analisi statistiche ha avuto inizio dal calcolo della media e della deviazione standard dei campioni da noi esaminati. Successivamente è stato calcolato il test t di student a due code (analisi parametrica con $\alpha = 0,05$) per osservare la distribuzione di ogni campione. Infine si è passati al calcolo del test chi quadro (χ^2). Con quest'ultima analisi statistica abbiamo potuto osservare la differenza dei dati attesi da quelli osservati. Tutte le elaborazioni delle analisi statistiche sono state svolte a computer tramite l'utilizzo di Microsoft Excel.

RISULTATI

Concentrazione di ovature su piante trattate e non trattate.

Nel nostro studio l'ipotesi nulla corrisponde ad avere come risultato un numero di ovature uguali tra piante trattate e non trattate H_0 : Trattate = NON Trattate.

Nella tabella 4 qui di seguito possiamo osservare il numero di ovature su ospiti trattati e non trattati, notando una risposta differente nelle due situazioni.

Tabella 4.4. Conteggio n° di ovature su piante trattate e non trattate

Località	N° coppie	N° ovature su trattate	N° ovature su NON trattate
Rovereto	40	88	126
Tregnago	6	118	222
Quinzano	11	12	28

Ora riporteremo nelle tabelle seguenti i dati da noi attesi dall'ipotesi nulla e quelli invece osservati per ogni sito esaminato; inoltre potremo analizzare, tramite dei grafici a barre, la differenza tra la concentrazione di ovature su piante trattate e non trattate per ogni campione.

Rovereto.

Nella tabella 5 possiamo vedere i dati attesi ed osservati nel campione situato nella zona di Rovereto, affermando che l'ipotesi nulla non si presenta (ad eccezione di 6 casi), notiamo un funzionamento positivo dei dispenser. In questo caso possiamo inoltre dire che i risultati osservati sono significativi; si può vedere una notevole diminuzione dell'ovideposizione da parte di *T. pityocampa* sulle piante trattate. Il numero 22 nella tabella 5 fa riferimento al numero dei casi nei quali le piante ospiti trattate presentano un numero di ovature inferiori a quelle non trattate; facendo la somma di 22 (trattate) e 12 (casi in cui nelle coppie di piante non trattate presentano meno ovature delle trattate) otteniamo 34 su un totale di 40 coppie di ospiti, quindi abbiamo 6 casi nei quali le piante trattate e non trattate presentano lo stesso numero di ovature (ipotesi nulla).

Tabella 4.5. Dati attesi ed osservati nell'area di Rovereto.

Rovereto	Trattate	Non Trattate
Attesi	20	20
Osservati	22	12

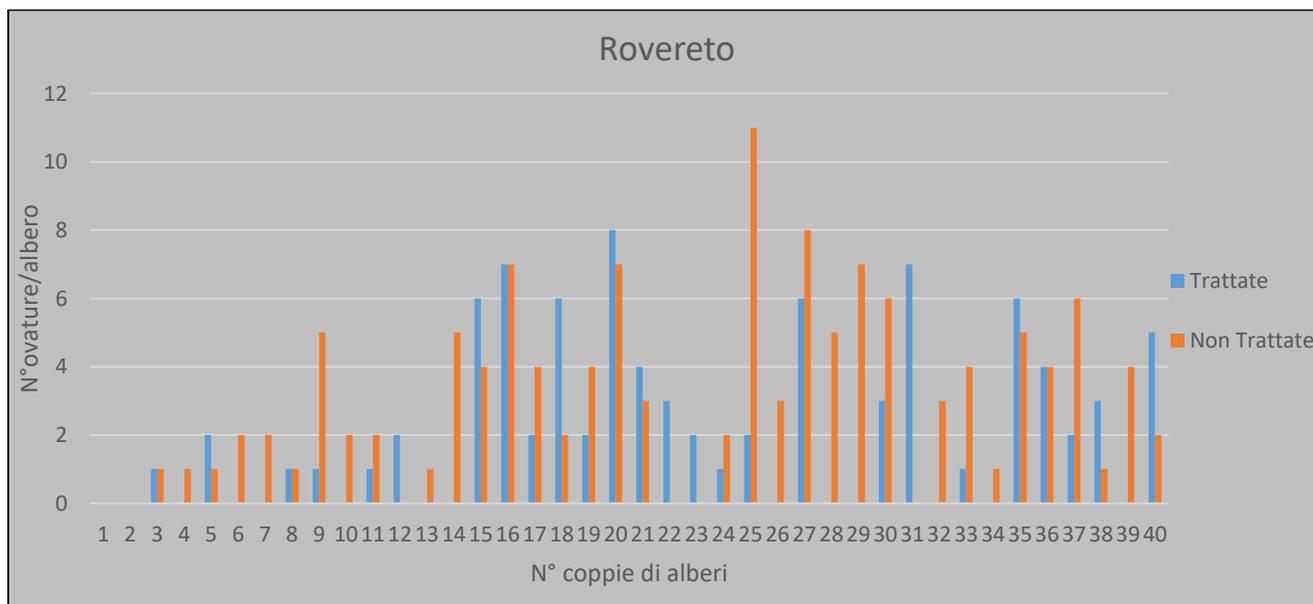


Figura 4.7. Rovereto. Distribuzione della concentrazione di ovature su piante trattate e non trattate.

Il grafico in Fig. 4 mostra quanto la concentrazione delle ovature di processionaria sia maggiore nelle piante ospiti non trattate.

Tregnago.

Nella tabella 6 invece viene trattata la zona di Tregnago, notiamo che l'ipotesi nulla non si verifica in nessuna coppia esaminata. In tabella possiamo osservare che su 6 coppie, 5 presentano una concentrazione di ovature inferiore sulle piante trattate rispetto alle non trattate. Questo caso esaminato, pur dando dei risultati positivi riguardo l'efficacia dei dispenser di salicilato di metile, è poco significativo a causa delle ridotte dimensioni del campione.

Tabella 4.6. Dati attesi ed osservati nell'area di Tregnago.

Tregnago	Trattate	Non Trattate
Attesi	3	3
Osservati	5	1

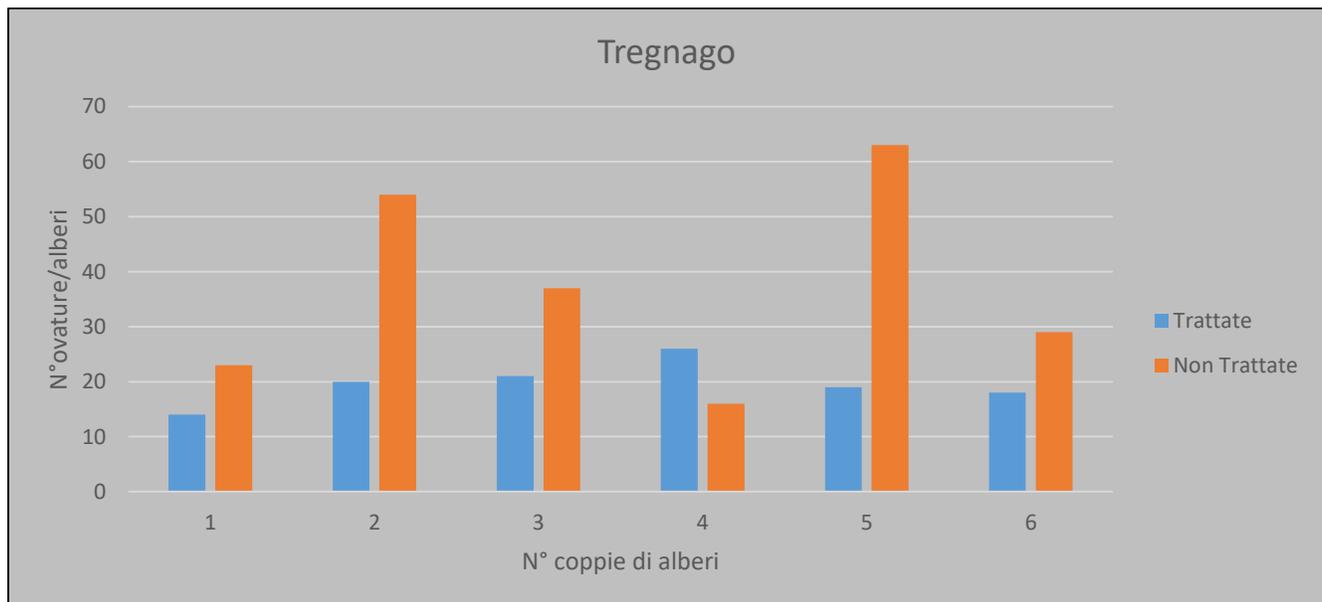


Figura 4.8. Tregnago. Distribuzione della concentrazione di ovature su piante trattate e non trattate.

Il grafico in Fig. 5 mostra quanto la concentrazione delle ovature di processionaria sia maggiore nelle piante ospiti non trattate, ad eccezione della coppia di piante numero 4.

Quinzano.

In quest'ultima area studiata c'è una lieve risposta positiva che però risulta essere poco significativa. Su 11 coppie del campione 4 di queste risultano affermare l'ipotesi nulla, 3 coppie mostrano avere una maggiore presenza di ovature sulle piante trattate e solamente le restanti 4 hanno dato il risultato sperato.

Tabella 4.7. Dati attesi ed osservati nell'area di Quinzano.

Quinzano	Trattate	Non Trattate
Attesi	5,5	5,5
Osservati	4	3

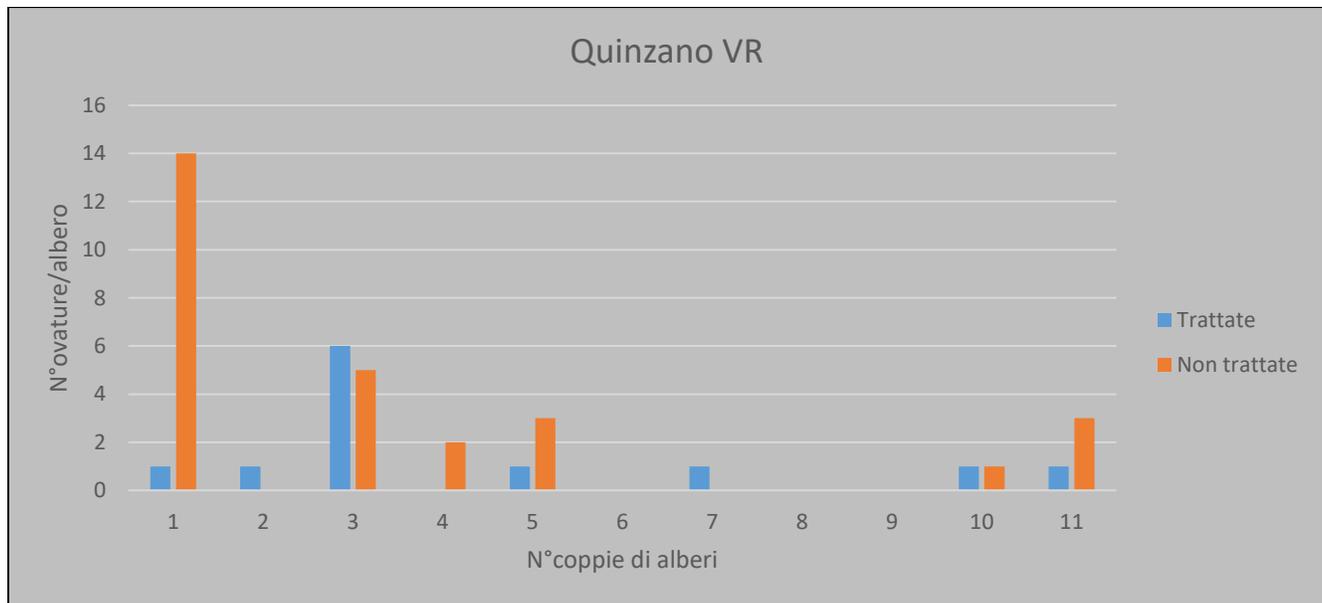


Figura 4.9. Quinzano. Distribuzione della concentrazione di ovature su piante trattate e non trattate.

Il grafico in Fig. 6 non mostra grandi effetti positivi riguardo l'utilizzo del trattamento.

DISCUSSIONE

Grazie ai risultati ottenuti dalla nostra sperimentazione possiamo affermare che la tecnica di mascheramento chimico realizzata tramite il salicilato di metile ha dato riscontri parzialmente positivi. L'esito della prova risulta dipendere in particolare dalle caratteristiche del popolamento.

I siti da noi esaminati presentano caratteristiche di popolamento differenti tra loro, possiamo infatti osservare tre diversi gradi di isolamento fra le piante ospiti e tre livelli di densità di ovature. Inoltre questi popolamenti hanno una numerosità di piante differente, perciò abbiamo dovuto utilizzare un'analisi statistica non parametrica come il χ^2 . La prova sperimentale è affidabile perché abbiamo scelto coppie di alberi vicine tra loro e quindi sappiamo che la sorgente di femmine di processionaria sarà la stessa per gli ospiti trattati e quelli non trattati.

Nel caso di Tregnago, abbiamo riscontrato il popolamento con il grado di isolamento delle piante maggiore e con una densità di ovature presenti elevata; questi dati ci confermano come la processionaria del pino prediliga le specie isolate perché sono più facilmente individuabili (De Dol, 2005). I risultati raccolti in questo sito hanno mostrato comunque una presenza di ovature nelle piante trattate ma in quantità nettamente inferiore rispetto a quelle non trattate.

Per quanto riguarda il sito di Rovereto abbiamo un popolamento con un grado di isolamento inferiore a quello di Tregnago ed il livello di densità di ovature è medio basso. In questo caso ci siamo basati su un numero maggiore di piante essendo un popolamento più numeroso e abbiamo potuto notare una diminuzione di ovature sulle piante trattate con i dispenser.

Il sito di Quinzano invece presenta un popolamento con un grado di isolamento inferiore ai due precedenti e una presenza di ovature molto bassa. In quest'ultimo caso esaminato non abbiamo rilevato una risposta positiva e significativa riguardo l'uso del salicilato di metile.

Dopo lo studio dei casi da noi esaminati possiamo affermare che nel caso di Tregnago si nota una netta differenza tra le piante trattate e non trattate ma il numero di piante utilizzato è troppo basso per affermare l'effettivo funzionamento della prova, mentre nel sito di Rovereto si può notare un effetto positivo dei dispenser del salicilato di metile su un numero di campioni più vasto che va quindi a confermare la tesi riportata da Jactel et al. (2011).

Nel caso di Quinzano non abbiamo ottenuto dei risultati che evidenzino un funzionamento efficace del trattamento. Probabilmente questo esito è dovuto al fatto che il sito presenta una struttura del popolamento più complessa rispetto agli altri esaminati ed entrano in gioco numerosi fattori che negli altri casi non si manifestavano. Infatti questo campione, come già detto, presenta alberi di diverse specie e le piante ospiti da noi considerate hanno un basso livello di isolamento, presentando inoltre un mascheramento fisico e chimico da piante non ospiti. Si suppone che proprio queste caratteristiche del popolamento abbiano influenzato i risultati del trattamento con il salicilato di metile.

Possiamo comunque affermare che, alla luce di questo studio, il rilascio del salicilato di metile presenta un lieve effetto dove il numero della densità di processionaria è molto alta e dove le piante sono isolate, tuttavia serve un maggiore numero di coppie di ospiti per poter confermare i risultati.

Concludendo, questo metodo di lotta è un sistema che non si presta ad essere utilizzato da solo per una completa eradicazione di *T. pityocampa*, ma deve essere affiancato da altri metodi come le barriere fisiche (Colacci et al. 2018) ed il mascheramento fisico (Dulaurent et al. 2012), creando così un approccio integrato che garantisce una copertura su più fronti. Utilizzando questi sistemi in sinergia aumenteranno le probabilità di diminuire la presenza di processionaria negli ambienti urbani.

BIBLIOGRAFIA

- Achotegui-Castells, A., Llusà, J., Hódar, J. A., & Peñuelas, J. (2013). Needle terpene concentrations and emissions of two coexisting subspecies of Scots pine attacked by the pine processionary moth (*Thaumetopoea pityocampa*). *Acta Physiologiae Plantarum*, 35(10). <https://doi.org/10.1007/s11738-013-1337-3>
- 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(2), 117–123. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2006.00490.x>
- Backe, K., Rousselet, J., Bernard, A., Frank, S., & Roques, A. (2021). Human health risks of invasive caterpillars increase with urban warming. *Landscape Ecology*, 36(5). <https://doi.org/10.1007/s10980-021-01214-w>
- Battisti, A., Stastny, M., Netherer, S., Robinet, C., Schopf, A., Roques, A., & Larsson, S. (2005). Expansion of geographic range in the pine processionary moth caused by increased winter temperatures. *Ecological Applications*, 15(6). <https://doi.org/10.1890/04-1903>
- Colacci, M., Kavallieratos, N. G., Athanassiou, C. G., Boukouvala, M. C., Rumbos, C. I., Kontodimas, D. C., Pardo, D., Sancho, J., Benavent-Fernández, E., Gálvez-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). <https://doi.org/10.1093/jee/tox270>
- De Gol D. 2005. Indagini sulla colonizzazione di popolamenti di *Pinus spp.* da parte di *Thaumetopoea pityocampa*. Relatore Battisti A., Facoltà di agraria, Università degli studi di Padova, Legnaro.
- Dulaurent, A. M., Porté, A. J., van Halder, I., Vétillard, F., Menassieu, P., & Jactel, H. (2012). Hide and seek in forests: Colonization by the pine processionary moth is impeded by the presence of nonhost trees. *Agricultural and Forest Entomology*, 14(1). <https://doi.org/10.1111/j.1461-9563.2011.00549.x>

Ferrari, F., Trevisan, M., Corradi, B., Delgado, M.S. 2005 *L'endoterapia per il controllo della processionaria del pino*. https://www.trattamentiendoterapici.it/trattamenti-rimedi-parassiti-piante-nuovo-medoto-corradi/?gclid=CjwKCAjw77WVBhBuEiwAJ-YoJNxKUun_HdJmEbmrRHZMV_Fj2w5wMql8aKmLy-lhQ1U6ZwtZITPM9RoCbtqQAvD_BwE

Jactel, H., Birgersson, G., Andersson, S., & Schlyter, F. (2011). Non-host volatiles mediate associational resistance to the pine processionary moth. *Oecologia*, 166(3). <https://doi.org/10.1007/s00442-011-1918-z>

Petrucco-Toffolo, E., Basso, A., Kerdelhué, C., İpekdağ, K., Mendel, Z., Simonato, M., & Battisti, A. (2018). Evidence of potential hybridization in the *Thaumetopoea pityocampa-wilkinsoni* complex. *Agricultural and Forest Entomology*, 20(1), 9–17. <https://doi.org/10.1111/afe.12224>

Salman, M. H. R., Bonsignore, C. P., el Fels, A. E. A., Giomi, F., Hodar, J. A., Laparie, M., Marini, L., Merel, C., Zalucki, M. P., Zamoum, M., & Battisti, A. (2019). Winter temperature predicts prolonged diapause in pine processionary moth species across their geographic range. *PeerJ*, 2019(2). <https://doi.org/10.7717/peerj.6530>

Tosi L. 2020. Lotta contro gli artropodi dannosi al verde ornamentale: criteri generali ed esempi. In atti Seminario online. Università degli studi di Padova, Legnaro.

Ringraziamenti

Un profondo ringraziamento alla mia famiglia che mi ha permesso di intraprendere questo percorso e che mi ha sostenuto sempre, ringrazio gli amici che mi sono stati vicini e ringrazio il mio relatore che mi ha seguito in questa prova sperimentale.