



UNIVERSITÀ DI PISA

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN PRODUZIONI AGRO-
ALIMENTARI E GESTIONE DEGLI AGRO-ECOSISTEMI

DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE, ALIMENTARI E AGRO –
AMBIENTALI
UNIVERSITÀ DI PISA

TESI DI LAUREA

**Valutazione di nuovi formulati feromonici per il
controllo di Lepidotteri ed Emitteri in vigneti della
Maremma**

Relatore: **Chiar.mo Professor Andrea Lucchi**
Correlatore: **Chiar.mo Professor Michele Raffaelli**

Candidato: **Marco Zito**

Anno accademico 2016-2017

Ai Professori Andrea Scartazza e Giancarlo Scalabrelli

ed alla Professoressa Elvira Bellante

Indice

Riassunto.....	Pag.1
-----------------------	--------------

Introduzione

-Principali avversità biotiche della vite nel litorale maremmano.....	Pag.2
<i>Lobesia botrana</i> (Denis & Schiffermüller).....	Pag.5
-Tassonomia e distribuzione.....	Pag.5
-Morfologia.....	Pag.5
-Piante ospiti.....	Pag.6
-Ciclo di sviluppo e biologia.....	Pag.7
-Dannosità.....	Pag.9
-Mezzi agronomici di controllo per <i>Lobesia botrana</i>	Pag.10
-Controllo chimico per <i>Lobesia botrana</i>	Pag.12
-Controllo biologico di <i>L. botrana</i> tramite predatori e parassitoidi.....	Pag.12
-Controllo tramite la confusione sessuale.....	Pag.14
-Introduzione.....	Pag.14
-Meccanismo di azione.....	Pag.15
-Formulati e dispensers	Pag.17
-Efficacia del trattamento.....	Pag.19
<i>Planococcus ficus</i> (Signoret).....	Pag.21
-Tassonomia e distribuzione.....	Pag.21
-Morfologia.....	Pag.21
-Piante ospiti.....	Pag.22
-Ciclo di sviluppo e biologia.....	Pag.22
-Dannosità.....	Pag.24
-Mezzi agronomici per il controllo della cocciniglia.....	Pag.26
-Controllo chimico per il <i>Planococcus ficus</i>	Pag.28
-Controllo biologico tramite predatori e parassitoidi di <i>P. ficus</i>	Pag.29
-Controllo tramite la confusione sessuale.....	Pag.31

Parte Sperimentale

Scopo della ricerca.....	Pag.34
Materiali e metodi.....	Pag.35
Luogo di svolgimento della sperimentazione.....	Pag.35
Prova LPFX246.....	Pag.37
Prova MisterMX841.....	Pag.39

Valutazione di efficacia	Pag.40
Situazione dei vigneti nelle annate precedenti.....	Pag.42
Analisi statistica.....	Pag.43
Risultati e discussione.....	Pag.44
Monitoraggio delle trappole.....	Pag.44
Risultati prova Isonet LPFX246.....	Pag.45
<i>-Lobesia botrana.....</i>	<i>Pag.45</i>
<i>-Planococcus ficus.....</i>	<i>Pag.47</i>
Risultati prova Isonet L MisterMX841.....	Pag.49
Conclusioni.....	Pag.52
Ringraziamenti	Pag.55
Bibliografia.....	Pag.56

Riassunto

Dagli anni '90 il mercato ha dato sempre più importanza alla sostenibilità della filiera agroalimentare, dalla materia prima al prodotto finito. La Comunità Europea ha favorito un atteggiamento più attento delle aziende riguardo a questo aspetto, sia ritirando dal mercato insetticidi tradizionali non selettivi, sia sostenendo economicamente approcci più sostenibili all'agricoltura, come ad esempio i finanziamenti per la conduzione biologica e le misure "greening". Questo trend ha obbligato le aziende a cercare nuovi approcci nella gestione delle colture agrarie, e una nuova modalità di controllo degli insetti dannosi e delle malattie della vite. In viticoltura, questi cambiamenti hanno portato all'adozione della pratica nota come controllo integrato o IPM (Integrated Pest Management). Il controllo integrato è una modalità di gestione delle colture che di per sé non esclude l'utilizzo di prodotti chimici di sintesi, ma tende ad integrare in modo armonico le diverse tecniche di controllo disponibili, con una predilezione per quelle più sostenibili ed ecologicamente accettabili. Un esempio di approccio integrato è l'utilizzo di insetticidi selettivi affiancato all'utilizzo di insetti antagonisti, parassitoidi o predatori, dell'insetto target, e all'impiego dei feromoni per il monitoraggio o per il controllo diretto con il ricorso alla confusione sessuale. Quest'ultima, rilasciando nel campo coltivato un analogo sintetico del feromone della femmina, mira ad impedire o ritardare l'incontro tra i sessi, riducendo così la deposizione di uova fertili e, di conseguenza, il numero di individui della generazione successiva di un dato insetto dannoso. In viticoltura le prime esperienze di lotta tramite la confusione sessuale sono state portate avanti contro la tignoletta della vite (*Lobesia botrana*), ad oggi l'efficacia del trattamento ha portato ad una diffusione su larga scala su tutto il territorio nazionale di questo metodo di lotta non solo per la *L. botrana* ma anche per altri insetti dannosi del vigneto, un tempo ritenuti di importanza secondaria, come il *Planococcus ficus* della famiglia degli Pseudococcidi e un altro lepidottero la *Cryptoblabes gnidiella*. Questi due insetti insieme alla tignoletta, rappresentano la preoccupazione principale dei viticoltori del litorale maremmano per la loro crescente diffusione e l'aumento della superficie coinvolta. Per questo diventa necessario sempre di più indagare l'efficienza di nuovi formulati e tipi di erogatori per contrastare la loro diffusione ricorrendo il meno possibile ad interventi chimici.

Introduzione

Principali avversità biotiche della vite nel litorale maremmano

Tra le avversità microbiotiche troviamo: funghi, batteri, virus e fitoplasmi. Virosi e fitoplasmosi possono produrre danni ingenti, anche se è più difficile giungere ad una diagnosi e tanto più elaborare una strategia di difesa. Particolare preoccupazione proviene dalla minaccia della Flavescenza Dorata, una fitoplasmosi appartenente al gruppo dei “giallumi della vite”. L'agente causale della malattia è un fitoplasma, che s'insedia nei tessuti floematici dell'ospite e ne provoca il blocco della linfa elaborata, inducendo uno squilibrio delle attività fisiologiche della pianta stessa. La malattia è endemica dell'Europa, ma non ha mai causato ingenti problemi fino all'arrivo di un suo insetto vettore *Scaphoideus titanus*, una cicalina ampelofaga obbligata, originaria dell'America del Nord, che, in natura si alimenta e vive solo su vite sulla quale, senza provocare nessun danno diretto, svolge una generazione l'anno. Il processo di trasmissione è del tipo persistente propagativo: gli insetti acquisiscono i fitoplasmi dal floema delle viti infette, questi invadono gli organi interni dell'insetto e si moltiplicano nelle ghiandole salivari, una volta infetti, gli insetti rimangono infettivi per il resto della loro vita. L'insetto è infettivo dallo stadio di ninfa di IV-V età e diviene più pericoloso in età adulta quando la sua mobilità è notevole (*Bottura, 2011*) L'insetto è giunto in Francia nei primi anni 50 e da lì è arrivato in Italia, probabilmente, attraverso la Liguria. Dal 2000 le misure preventive da attuare contro la malattia sono state predisposte a norma di legge attraverso un decreto di lotta obbligatoria (*D.M. 31/05/2000*). In Toscana l'insetto è presente ovunque ad eccezione delle province di Livorno e Grosseto, il fitoplasma è stato segnalato con presenza preoccupanti nelle province di Massa-Carrara, Lucca e Pisa, ma si teme possa divenire epidemico e causare danni gravi anche nelle zone più pregiate per la viticoltura della Toscana.

Fra i funghi, i danni maggiori sono attribuibili a due ascomiceti e un oomicete: l'oidio (*Erysiphae necator*) noto come mal bianco della vite, la muffa grigia (*Botrytis cinerea*) e la peronospora (*Plasmopara viticola*). Per quanto concerne la peronospora e la muffa grigia, seppur queste abbiano una notevole importanza

economica nella gestione del vigneto, assumono un ruolo meno importante lungo il litorale maremmano. Questi due funghi hanno una modalità di diffusione strettamente correlata all'umidità dell'aria e alla presenza di piogge. Zone molto ventilate e con un clima caldo secco ne rallentano la propagazione, ed è appunto quello che accade lungo il litorale maremmano. Inoltre il caldo comporta una precoce maturazione delle uve che non dà il tempo alla botrite di diffondersi sul grappolo. Per l'oidio invece la propagazione è favorita dalla presenza di forti venti. Ad oggi sofisticati modelli previsionali basati sui dati climatici permettono anche di contrastare l'oidio con soli trattamenti di copertura a base di zolfo.

Le avversità macrobiotiche risultano molto più dannose nei contesti climatici del litorale grossetano. In particolare, gli insetti possono arrecare alla vite danni economici di rilevante importanza. L'utilizzo di insetticidi non selettivi, assai diffuso anche in anni recenti, produceva non solo danni agli agroecosistemi ma anche alla salute degli operatori e alla salubrità finale degli alimenti. Una maggior attenzione, sia nella domanda dei consumatori verso prodotti agroalimentari sempre più salubri, che dell'Unione Europea, la quale oltre a ritirare dal mercato un numero altissimo di principi attivi non selettivi (*Direttiva UE 2009/128/EC*), tramite la PAC ha anche fornito sostegni economici a coloro che si adoperassero per utilizzare strategie di controllo più sostenibili per l'ambiente e per il consumatore, ha comportato una modifica nella gestione dell'entomofauna dannosa nel vigneto, obbligando, di fatto, le aziende a ricercare, per il controllo degli insetti dannosi, un approccio integrato e più sostenibile. L'abbandono di questi insetticidi non selettivi ha consentito, in alcuni casi, l'emergenza di nuovi insetti dannosi un tempo ritenuti di secondaria importanza e per i quali è necessario trovare soluzioni nell'ambito delle strategie alternative, feromonali o biologiche in senso stretto. L'utilizzo di erogatori multispecie per confusione sessuale è un esempio elegante così come l'impiego della lotta biologica per il controllo del planococco.

Lungo la costa maremmana sono tre gli insetti che interessano principalmente la viticoltura: il primo per importanza è la tignoletta della vite (*Lobesia botrana*) lepidottero della famiglia dei Tortricidi, specie polifaga ma che trova nella *Vitis vinifera* il suo ospite d'elezione soprattutto nelle aree dove la vite è fortemente diffusa. Se pur presente da sempre nella Maremma litoranea, la scoperta di questa

come zona di pregio per la viticoltura e il conseguente incremento esponenziale di aree allevate a vite ha portato alle condizioni ideali per l'esplosione di questo fitofago. La gestione dell'insetto tramite insetticidi neurotossici non ha portato negli anni a risultati soddisfacenti, mentre forte interesse proviene dalle nuove tecniche di gestione integrata, in particolare dall'utilizzo della confusione sessuale feromonale. Associato alla *L. botrana* vi è un secondo lepidottero appartenente alla famiglia dei Piralidi, sottofamiglia Ficitini, conosciuto con il nome comune di tignola rigata della vite e degli agrumi: la *Cryptoblabes gnidiella*. Considerato fino a una decina di anni fa come un insetto di valenza economica secondaria, è divenuto ormai un insetto di primaria importanza causando non pochi danni, anche a causa della sua natura gregaria e alla compresenza nei grappoli, in alcune parti della stagione vegetativa con la tignoletta e il planococco. Un tempo i trattamenti insetticidi utilizzati contro la tignoletta erano considerati sufficienti al controllo anche della *C. gnidiella*. Ad oggi i viticoltori stanno cercando nuovi approcci per il controllo del ficitino, con non poche difficoltà per la carenza di conoscenze di biologia e comportamento.

Il terzo insetto dannoso per le uve della costa toscana appartiene alla famiglia degli Pseudococcidi e è il *Planococcus ficus*. L'importanza economica di questo emittente è andata aumentando negli ultimi anni non solo a livello regionale ma anche a livello nazionale ed internazionale. Il danno è causato dalla produzione di melata su foglie e grappoli, che vengono ad essere substrati ottimali per lo sviluppo di funghi ectofiti come le fumaggini. Nel caso di infestazioni elevate si possono avere danni sul grappolo tali da comprometterne la raccolta. Inoltre l'emittente è in grado di trasmettere alla pianta il GVA virus e il GLRaV.

Allo stato attuale i viticoltori si trovano a dover affrontare nuove e difficili sfide, nella ricerca – da un lato - di approcci sempre più sostenibili per il controllo e la gestione delle molteplici avversità biotiche e abiotiche in vigneto, rinunciando – d'altro lato - ad un utilizzo smoderato della chimica e facendo affidamento su nuovi sistemi di controllo che la ricerca applicata rende disponibili e prontamente utilizzabili. La stretta collaborazione con la ricerca può consentire, in tale difficile contesto, una più corretta applicazione delle nuove strategie e una promettente garanzia di successo.

Lobesia botrana (Denis & Schiffermüller)

Tassonomia e distribuzione

Lobesia botrana è stata descritta per la prima volta nel 1775 da Denis & Schiffermüller come *Tortrix* fu poi descritta nuovamente da altri autori che lo assegnarono al genere *Eudemis* e *Polychrosis*. Ad oggi è attribuita al genere *Lobesia* e appartiene alla famiglia dei *Tortricidae*, sottofamiglia *Olethreutinae* (Razowski, 1995).

L. botrana è endemica nelle regioni paleartiche da dove si diffuse in tutte le aree vocate alla viticoltura. Produce problemi economicamente importanti soprattutto negli areale dell'Europa meridionale e del Mediterraneo: Francia del sud, Spagna, Portogallo, Grecia, le isole del mediterraneo e l'Italia.

Recentemente è stata rilevata, in Cile (2008), in Argentina (2010) e in California, nella Napa Valley (2009) (Gonzales, 2010; Varela et al., 2010). In California è stata da poco dichiarata l'eradicazione mentre in Cile e Argentina si è passati alla fase di controllo, data l'impossibilità di ottenere l'eradicazione per la diffusa presenza del lepidottero in diverse aree dei due Paesi del Sud America.

Morfologia

La morfologia di *L. botrana* fu descritta dettagliatamente per la prima volta da Bovey (1996):

L'adulto (Fig.1 a) presenta un'apertura alare di 11-13 mm con ali anteriori color crema con macchie grigie e nere. Le ali posteriori sono grigie con bordi frangiati. A riposo, le ali sono riposte a tetto sopra l'addome. L'uovo (Fig.1 b) di dimensioni 0,6X0,7 mm, è di forma ellittica e si presenta al momento dell'ovideposizione di colore giallo paglierino, che muta gradualmente verso un grigio chiaro e trasparente con luminosi riflessi iridescenti (Fig.1 c). La larva di prima stadio (1 mm) ha corpo color crema e capo nero. La larva (Fig.1 d) di quinta età (10 mm) ha capo che va dal marrone al giallognolo e sclerite protoracico con margine di color marrone più scuro e secondo segmento antennale nero. Le aree setifere sono chiare e il pettine anale presenta 5-6 denti di colore marrone scuro. La pupa, (Fig. 1 e) di 4-6 mm, appare slanciata, con capo ed estremità caudale arrotondati; il

cremaster è costituito da otto setole uncinatae. Le pupe femminili sono di norma più tozze e larghe di quelle maschili. La femmina presenta anche una ghiandola responsabile della produzione del feromone sessuale. La ghiandola è posta sia sul lato dorsale sia su quello ventrale della membrana intersegmentale collocata fra l'VIII e il IX segmento addominale (Lucchi, 2014).



Figura 1- *Lobesia botrana*. Adulto (a), uovo (b), uovo in fase di pre-schiusura (c), larva (d) e pupa (e). (A. Lucchi)

Piante ospiti

Come detto *L. botrana* è una specie polifaga, il suo *host range* include oltre alla vite circa altre quaranta specie botaniche appartenenti a ventisette famiglie diverse, che crescono generalmente nei climi caldo secchi dell'areale

mediterranea tipo: *Olea europea* L. *Zizyphus vulgaris* L., *Rosmarinus officinalis* L., *Clematis vitalba* L., *Cornus spp.* e altre specie dei generi *Viburnum*, *Ribes*, *Hedera*, *Berberis*, *Lonicera ecc.* L'erba corsa (*Daphne gnidium*) è ritenuta l'ospite ancestrale. Recenti studi hanno dimostrato che *L. botrana* trova sull'erba corsa un numero elevato di antagonisti che invece non trova sulla vite. Non sappiamo se questo possa dipendere dal mancato utilizzo di insetticidi sulla *D. gnidium*, o se questa sia invece più attrattiva nei confronti degli antagonisti naturali. Seppur l'ospite di elezione di *L. botrana* sia la *Vitis vinifera*, spesso la scelta può dipendere anche dall'ambiente e dal contesto geografico in cui si trova: a Creta ad esempio *L. botrana* si comporta come un visitatore itinerante e sceglie la vite come piante ospite solo per un periodo del suo ciclo vitale stagionale preferendo in altri momenti l'olivo, l'erica, la malva o il rosmarino (Ioriatti et al., 2011).

Ciclo di sviluppo e biologia

L. botrana è una specie polivoltina a diapausa facoltativa. In Italia, svolge di norma 3 generazioni. Il numero di generazioni può ridursi a 2 in talune aree del Settentrione, mentre nel Meridione la specie può dar luogo ad un quarto volo ma di rado ad una quarta generazione.

La specie sverna allo stadio di pupa all'interno di un bozzolo posto sotto la ritidoma. La comparsa degli adulti ha inizio, in dipendenza della latitudine a fine Marzo-inizio Aprile. Lo sfarfallamento può durare oltre un mese e i maschi compaiono due o tre giorni prima delle femmine. Le condizioni climatiche sine qua non per il volo dei maschi sono rappresentate da temperature non inferiori agli 11°C mentre il volo femminile non ha luogo al di sotto dei 12,8°C. Il volo dei maschi è più frequente e frenetico di quello delle femmine. In queste ultime, prima dell'accoppiamento, la fase di volo è interrotta dalla fase di rilascio del feromone sessuale, rappresentato da una miscela di 15 diversi composti, il principale dei quali corrisponde al (E,Z)-7,9-dodecadienil acetato. Gli altri composti, con capacità di influenzare il comportamento dell'insetto sono: (E,Z)-7,9-dodecadien-1-olo, (Z)-9-dodecenilacetato, (E)-9-dodecenilacetato e 11-dodecenilacetato (Roelofs et al., 1973; Arn et al., 1988; El-Sayed et al., 1999). Sembra che la miscela possa variare in relazione al contesto geografico nel quale l'insetto si trova a vivere (Witzgall, 2005). La femmina può arrivare a rilasciare

fino a 0,3 ng/h (*Anfora et al., 2005*). I maschi sono recettivi per un range compreso tra 0,1 e 2500 ng di concentrazione del (E,Z)-7-9-dodecadienil acetato (*Vitagliano et al., 2005*). Una volta ricevuto dal maschio, il segnale viene trasmesso dai neuroni recettori olfattivi al centro primario olfattivo nel cervello. I maschi sono caratterizzati da un forte dimorfismo del glomerulo del lobo antennale che pare sia dedicato alla rielaborazione del principale composto del feromone sessuale (*Masante-Roca et al., 2005*). Gli accoppiamenti hanno una durata variabile da pochi minuti a diverse ore. Iniziano in genere a 24 h dallo sfarfallamento e l'ovideposizione dopo altri 3 giorni. Le femmine raramente mostrano poliandria mentre i maschi possono accoppiarsi con più femmine (fino a 8-10 in condizioni di laboratorio). In media una femmina è in grado di deporre da 50-80 uova, in genere sui bottoni fiorali, meno frequentemente su bratteole, pedicelli e rachidi. Le femmine tendono a ovodeporre sulla stessa *cv* sulla quale si sono nutrite poiché, questa assicurerebbe una maggiore sopravvivenza alla progenie (*Moreau et al., 2008*), inoltre le diverse *cv* sembrano esercitare una diversa attrazione sull'insetto (*Sharon et al., 2009*). Questo fenomeno è in parte spiegato dal differente risposta che ha l'insetto nei confronti di particolari miscele di sostanze volatili prodotte dalle uve o da altri ospiti (*Tasin et al., 2006*).

In prima generazione l'incubazione dura circa 7-11 giorni. Alla schiusura delle uova, le larve (generazione antofaga) dopo una breve fase di vagabondaggio, penetrano all'interno del bottone fiorale dove si nutrono, a spese degli organi fiorali, fino al raggiungimento della terza età. Dopo di che si portano all'esterno e, unendo una decina di bottoni fiorali con filamenti sericei da esse stessi prodotti costruiscono un nido, all'interno del quale proseguono la loro attività trofica fino a maturità. L'impupamento avviene solitamente all'interno del nido o sulla vegetazione. Dopo circa 2 settimane compaiono gli adulti di secondo volo, le cui femmine, dopo l'accoppiamento, rilasciano le uova sugli acini verdi a partire dalla fase fenologica di pre-chiusura grappolo (circa metà Giugno).

Le larve di seconda generazione (prima generazione carpo-faga) penetrano aprendo la strada a microorganismi (funghi e batteri) agenti di marciumi. Anche in questo caso i grappoli o il fogliame sono utilizzati per l'impupamento. Gli adulti di terzo volo compaiono, in Toscana, a fine Luglio- inizio Agosto, durante la fase fenologica di invaiatura. Le larve presentano variabilità comportamentale

in relazione alla tipologia di grappolo sul quale si trovano, di conseguenza il loro rapporto trofico con il grappolo varia in relazione alle caratteristiche della *cultivar*. Per l'impupamento le larve si portano sulle parti legnose della pianta e costruiscono il bozzolo al di sotto della corteccia dove trascorrono il periodo invernale (Lucchi, 2014; Zangheri et al., 1992).

Dannosità

Il danno della *L. botrana* è variabile in relazione al contesto climatico, alle pratiche agronomiche adottate (sistema di allevamento, gestione della chioma, scelta della *cultivar*, concimazioni azotate ecc.) e al numero di generazioni espresse in un dato contesto (Vartholomaiou et al., 2008). La prima generazione generalmente non viene considerata pericolosa, soprattutto su *cv.* ad elevato numero di fiori, poiché le larve si nutrono a spese delle infiorescenze (Fig.2) ma la pianta mette in atto dei sistemi compensativi che modificano la dimensione e il peso dei grappoli allegati. Per questo in genere la soglia di tolleranza della prima generazione è intorno al 50% di grappoli infestati (Ioriatti et al., 2011).

Per le due generazioni carpofaghe invece la soglia di tolleranza scende al 5-10%. Il danno diretto (Fig. 3 e 4) non è di per sé un problema, ma le lacerazioni della superficie dell'acino favoriscono lo sviluppo di marciumi (Fig.5) quali quelli dovuti a *Botrytis cinerea*, marciume acido e infezioni da aspergilli (*A. carbonarius* e *A. niger*



Figura 2- Danno su infiorescenza causato dalle larve di prima generazione di *L. botrana*. (A. Lucchi)

principalmente) e penicilli, queste ultimi due gruppi comportano un aumento di Ocratossina A nel vino con rischi per la salute del consumatore. (Cozzi et al., 2006).



Figure 3 e 4- Danno di *L. botrana* su acino rispettivamente in seconda e terza generazione (A. Lucchi)



Figura 5- Marciume acido e botrite su grappolo (A. Lucchi)

Mezzi agronomici di controllo per *Lobesia botrana*

Una difesa preventiva dalle infestazioni di tignoletta può essere attuata con una gestione razionale della vegetazione e della vigoria mediante opportune pratiche agronomiche colturali che garantiscano uno sviluppo equilibrato della pianta e una buona areazione dei grappoli (Lucchi, 2014). Ad esempio la defogliazione della zona del grappolo, all'inizio del secondo volo dell'insetto e prima dell'inizio della fase di ovideposizione, può ridurre l'infestazione dei grappoli da parte delle larve

di seconda generazione fino al 50%, comportando un beneficio anche in terza generazione, riducendo di conseguenza la possibilità di sviluppo di botriti e marciumi (Pavan et al.,2016).

Lo sviluppo in campo delle diverse generazioni può essere stimato tramite modelli previsionali. I primi modelli previsionale erano di tipo lineare (Howe, 1967), ma purtroppo la mancanza di linearità nello sviluppo dell'insetto a basse ed alte temperature ha reso questi modelli non efficienti. A partire dagli anni'80 molti modelli sono stati proposti (Cravedi & Mazzoni, 1994; Milonas et al.,2001) incluso un modello che tenesse di conto anche dell'influenza dei fattori climatici sulla biologia e sviluppo dell'insetto (Schmidt et al.,2003). Purtroppo essendo modelli basati su dati empirici la loro validità è strettamente correlata alle condizioni climatiche locali dove i modelli sono stati messi a punto (Gallardo et al.,2008). Tecniche previsionali alternative sono in via di definizione e si basano sulla valutazione della struttura di popolazione larvale nell'ambito di una generazione per prevedere l'inizio degli sfarfallamenti della generazione successiva. L'utilizzo delle trappole alimentari (innescate cioè con succo di mela, pera, vino o aceto), descritto per la prima volta da Marchal (1912) e Feytaud (1913), per la cattura delle femmine di *L. botrana*, sono un valido strumento per predire l'inizio delle ovideposizioni (Thiery et al.,2006). Purtroppo questo genere di trappole richiede un dispendio in termini di tempo molto alto rendendole spesso poco pratiche. Le trappole a feromoni sono invece di più facile gestione ma hanno il grosso limite di catturare solo maschi, in ogni caso sono strumenti molto utili per programmare in modo adeguato la ricerca delle uova e delle larve in vigneto. Ad ogni modo pare evidente che sia necessario un approccio diretto, in vigneto, di campionamento visivo per poter stimare in maniera realistica la percentuale di grappoli infestati e decidere in base a questa il metodo di intervento successivo. Durante il campionamento bisogna tenere di conto che le larve non sono distribuite in modo omogeneo ma presentano una distribuzione (Torres-Vila et al.,1997).

Controllo chimico per *Lobesia botrana*

Come già riportato per la prima generazione in genere è raro dover trattare il vigneto. Per la seconda e terza generazione, se vengono superate le soglie di intervento (5-15%), può essere necessario intervenire con il controllo chimico. Molti dei principi attivi utilizzati in passato contro *L. botrana* sono stati sostituiti con molecole più selettive e meno pericolose per la salute umana. Nonostante questo è ancora possibile osservare l'utilizzo di insetticidi tradizionali neurotossici a base di clorpirifos e metil clorpirifos nei vigneti europei. Tra gli insetticidi ad oggi in uso per il controllo chimico abbiamo: nuovi insetticidi neurotossici (spinosine e oxadiazine), inibitori della sintesi della chitina, composti acceleratori della muta, insetticidi microbiologici avermectine e diamidi antraniliche. In genere grazie alla crescente precisione degli strumenti di previsione, una singola applicazione insetticida contro la seconda generazione è risolutiva nella maggior parte dei casi (Lucchi, 2014).

I trattamenti vanno effettuati in momenti diversi a seconda del prodotto che si intende impiegare. Usando principi ad attività ovicida, quali Metoxifenzide o Tebufenzide, è necessario intervenire poco prima dell'ovideposizione, in modo empirico, alla cattura del primo maschio, in quanto la massima efficacia del trattamento si ha quando le uova sono deposte sul prodotto. Con prodotti tipo Indoxacarb, il trattamento può essere ritardato di 4-5 giorni (prima della schiusura delle uova), in alternativa è possibile utilizzare insetticidi di origine naturale quali Spinosad o *Bacillus thuringensis*, la cui persistenza è di circa 7 giorni. In quest'ultimo caso il trattamento va effettuato in prossimità della schiusura delle uova (stadio testa nera) e ripetuto dopo 7-8 giorni. L'ultima possibilità di difesa chimica si ha alla comparsa delle prime penetrazioni delle larve all'interno degli acini, mediante l'utilizzo di regolatori della crescita quali il Metossifenzide o di altri prodotti quali clorantranilipolo o emamectina benzoato (Bottura, 2011).

Controllo biologico di *L. botrana* tramite predatori e parassitoidi

Nel controllo biologico una delle strategie adottabili è favorire lo sviluppo di nemici naturali dell'insetto bersaglio all'interno dell'ecosistema, oppure introdurli da un altro ecosistema in vigneto (Moreau et al., 2010). La tignoletta ha un

numero molto ampio di nemici naturali, comprendente funghi (generi *Spicaria*, *Beauveria*, *Paecilomyces* ecc.), batteri (*Bacillus thuringensis* ssp. *kurstaki* e *aizawai*), artropodi (ragni, acari e insetti). Tra gli insetti abbiamo diverse specie appartenenti agli ordini dei Dermaptera, Hemiptera, Neuroptera, Diptera e Coleoptera. Tra i parassitoidi, invece le specie associate appartengono agli Hymenoptera Ichenumonoidea (Famiglie Ichenumonidae e Braconidae), ai Chalcidoidea (Famiglia Chalcididae, Pteromalidae, Eulophidae, Elasmidae e Trichogrammatidae) e ai Diptera (Famiglia Tachinidae) (Lucchi, 2014). La specie di insetto e l'effetto che ognuno di questi ha sulle popolazioni di *L. botrana* può variare sensibilmente in relazione al contesto geografico e climatico (Moreau et al., 2010).

Un secondo approccio, come precedentemente riportato, è il rilascio degli insetti antagonisti, allevati in biofabbriche negli ecosistemi nei quali vivono le specie che vogliamo controllare. Questo richiede però una profonda conoscenza dell'antagonista che vogliamo inserire nel nuovo ambiente e dell'influenza che hanno le variazioni ambientali sul suo ciclo di sviluppo, la sua biologia ed il suo comportamento (Thacker, 2002). E' fondamentale inoltre conoscere le interazioni che si instaurano tra la pianta ospite, l'insetto bersaglio e il suo antagonista (Van Lenteren, 2006). Purtroppo la lotta biologica classica non è ancora accessibile. Alcuni tentativi di rilascio di ooparassitoidi del genere *Trichogramma* allevati in biofabbrica sono stati più volte realizzati in vigneto e nel corso di strategie inondative, con risultati altalenanti e quasi mai soddisfacenti. Altri invece, come i Pteromalidi *Dibrachys affinis* e *cavus*, sono parassitoidi larvo-pupali generalisti e gregari di larve di Lepidotteri, Ditteri e Imenotteri, ma nonostante siano facilmente allevabili in laboratorio, essi non sono ritenuti dei buoni candidati per il rilascio in vigneto perché possono comportarsi anche da iperparassitoidi, vivendo a spese di parassitoidi primari utili. La specie più diffusa ed efficace nei vigneti europei è il parassitoide larvale *Campoplex capitator* (Fig.6), della famiglia degli Ichenumonidae. Limiti intrinseci nelle tecniche di allevamento massale ne hanno limitato fino ad oggi l'utilizzo artificiale in vigneto (Lucchi, 2014). anche se negli ultimi mesi, sia in Italia che in Cile, vi sono risultati incoraggianti nell'allevamento massale della specie (Lucchi et al., 2017).



Figura 6- Adulto di *Campoplex capitator* (A. Lucchi)

Controllo tramite la confusione sessuale

Introduzione

Alcuni insetti sono in grado di rilasciare sostanze dette semiochimici cioè sostanze che agiscono modificando il comportamento e lo sviluppo degli insetti (Lucchi, 2014). I semiochimici sono sostanze in grado di regolare, quindi, le interazioni che avvengono tra gli insetti (siano essi della stessa specie o di specie diverse) sfruttando gli efficientissimi apparati ghiandolari e sensoriali che rispettivamente producono e percepiscono tali sostanze. Le suddette sostanze chimiche, sono in grado di interferire con la diffusione e la distribuzione di insetti, senza però modificare gli ecosistemi delle colture (Franco *et al.*, 2011).

I semiochimici sono suddivisi in due grandi classi: gli allelochimici (quando si tratta di interazioni intraspecifiche) ed i feromoni (quando si tratta di interazioni interspecifiche).

Le prime evidenze che nella *L. botrana* esistessero capacità intraspecifica di comunicazione tramite segnali olfattivi risale alle osservazioni in campo di Feytaud (1917) il quale propose, di inserire femmine vergini in trappole per

attirare i maschi. Anche Gotz (1941) avanzò l'ipotesi di utilizzare un presunto feromone sessuale della *L. botrana* per il suo controllo in vigneto preconizzando, con trent'anni di anticipo rispetto alla scoperta della struttura chimica dei componenti di cui è costituito il feromone, la nascita della confusione sessuale. Infatti la struttura del feromone femminile e le conseguenti modifiche del comportamento dell'insetto sono state identificate nel corso degli '70 e '80 (Roelofs *et al.*, 1973; Buser *et al.*, 1974; Arn *et al.*, 1988).

I primi esperimenti in campo di controllo della tignoletta tramite la tecnica della confusione sessuale risalgono alla seconda metà degli anni '70 (Roehrich *et al.*, 1977) ma le dosi di feromone sintetico eccessivamente ridotte per l'applicazione su larga scala non permisero di ottenere risultati positivi. Gli esperimenti ripresero in tutta Europa 10 anni dopo (Ioriatti e Vita 1990, Charmillot 1992, Louis e Schirra 1992, Perez Marin 1992, Stockel *et al.* 1992, Neumann, 1993; Kast 2001). Questo rinnovato interesse fu dovuto ai risultati positivi che si stavano ottenendo applicando la confusione sessuale contro un altro lepidottero, la tignola della vite *Eupoecilia ambiguella* (Charmillot *et al.*, 1987, Neumann, 1987). In Italia, le prime esperienze significative di utilizzo di questa tecnica sono state condotte in Trentino (Ioriatti & Vita, 1990; Varner *et al.*, 2001). Ad oggi, questa tecnica copre di anno in anno superfici sempre maggiori, non solo in Europa dove è applicata su più di 140.000 ha di vigneto (Ioriatti *et al.*, 2012), ma anche in Cile e in California dove l'insetto, come già detto, è di recente introduzione (Cooper *et al.*, 2014; Witzgall *et al.*, 2010), grazie alla disponibilità sul mercato di formulati sempre più efficaci ma anche grazie all'accresciuta sensibilità dei viticoltori ai problemi ambientali.

Meccanismo d'azione

Il meccanismo d'azione con cui agisce il metodo della confusione sessuale può essere classificato sia come un'assuefazione sensoriale, cioè una saturazione dei recettori presenti sugli antenomeri che farebbero sì che l'insetto non sia più in grado di percepire il feromone femminile, sia come un camuffaggio, cioè il feromone artificiale impregna l'aria del vigneto in maniera tale da mascherare completamente la presenza del feromone naturale, oppure, l'ultimo meccanismo di azione proposto detto di competizione, cioè nel caso in cui il rilascio del

feromone proveniente da più fonti instaura una vera e propria competizione tra feromoni artificiali e naturali. (Cardè, 2007).

L'importanza che ognuno di questi meccanismi ha nel rendere più difficile la localizzazione della femmina per il maschio è stato dibattuto per molto tempo. Secondo Campion (1984) i tre meccanismi agiscono contemporaneamente in maniera complementare, mentre, Wheatherston (1990) afferma che i tre meccanismi potrebbero agire in maniera sequenziale in relazione alle condizioni ambientali e alle modalità di applicazione. Più recentemente Miller et al. (2006) ha dimostrato che il meccanismo prevalente in realtà dipende dalla specie target. Di conseguenza, nel vigneto, tutti i fattori che influenzano la concentrazione, come l'omogeneità e la distribuzione nell'atmosfera del feromone artificiale, influiscono in maniera significativa sul meccanismo di azione e sulla relativa efficacia. Questi fattori includono anche componenti come: il sesto di impianto, il sistema di allevamento, la superficie e densità della parete fogliare. Questi sono importanti perché influenzano la capacità del fogliame di assorbire e rilasciare il feromone mitigando l'effetto del vento (Schmitz et al., 1997; Sauer e Karg, 1998). Riguardo al meccanismo di azione della confusione sessuale specifico per il controllo della tignoletta, Karg e Sauer (1997) ipotizzarono che durante l'estate in vigneto con un alto livello di densità fogliare si avesse un'assuefazione dei recettori antennali del lepidottero, contrari a questa teoria sono Schmitz et al. (1997) che sostengono che per ottenere un'assuefazione è necessario che il lepidottero sia esposto a concentrazioni molto più alte di quelle presenti in vigneto con l'utilizzo di 500 dispenser per ettaro. Così come il camuffaggio non sembra dare un importante contributo come meccanismo di azione poiché ugualmente si necessiterebbe di impregnare l'aria con il feromone artificiale, cosa molto complessa partendo da un unico punto di rilascio. Di conseguenza il meccanismo di azione che meglio spiega l'efficacia della tecnica della confusione sessuale per la tignoletta è il meccanismo per competizione (Fig.7) (Schmitz et al.1995, Miller et al. 2010).

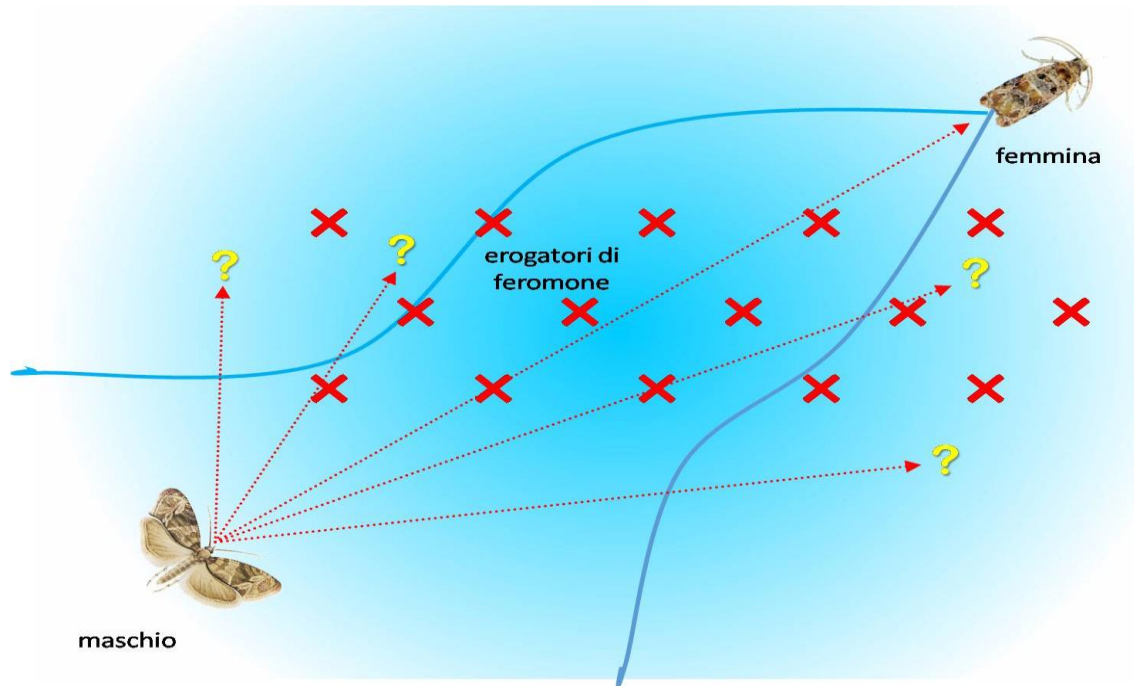


Figura 7-Meccanismo di azione della confusione sessuale (M. Bacchiavini)

Formulati e dispensers

Diversi sistemi di rilascio del feromone sono stati sviluppati dal tempo in cui si è iniziato a operare con il metodo della confusione sessuale. Le varie formulazioni possono essere classificate a seconda del modo in cui è rilasciato il feromone (dispenser, spray, ecc.), del materiale utilizzato (gomma, PVC, polietilene, amido di mais), del design del prodotto (cavi, tubicini, piastre laminate, fiale) e del tasso di feromone rilasciato (Fig.8) (Audemard, 1988), questi erogatori differiscono tra loro di molto, per dimensione, quantità contenuta, durata di vita dell'erogatore ecc. Un dispenser efficace dovrebbe rilasciare feromone a seconda di quanto richiesto dai diversi periodi, ma questa richiesta può essere variata da specifiche condizioni climatiche come la temperatura, la velocità del vento e la radiazione solare che possono inficiare la permanenza del feromone nell'area che voglio trattare. Per questo motivo l'obiettivo di chi produce i dispenser è quello di far sì che vi sia sempre un tasso di rilascio che si mantenga all'interno di un certo range durante tutta la stagione.

In Italia, i primi dispenser in commercio per il controllo della tignoletta erano il RAK 1, il RAK 2 e il RAK 1 + 2 quest'ultimo contiene 360 mg of (7E,9Z)7,9-dodecadien-1-il acetato per la tignoletta e 400 mg di (Z)-9-dodecen-1-il acetato per *Eupoecilia ambiguella*, successivamente la concentrazione delle due sostanze

fu portata a 240 mg e 350 mg rispettivamente. Successivamente entrano in commercio nel 1996, i dispenser “Isonet L” a tubicino della Shin Etsu Isonet questi avevano una miglior efficacia grazie ad un tasso di rilascio più consistente ed ad un minor costo di utilizzo (Caruso et al. 2014; Ioriatti et al. 2004). Il successo di questi dispenser ha portato ad un calo nell’uso di insetticidi, e come già riportato in questo elaborato, alla crescita delle popolazioni di insetti dannosi secondari come appunto *E. ambiguella* che costrinse la Shin Etsu a produrre l’ “Isonet LE” che conteneva il feromone per il controllo di entrambi gli insetti. Il dispenser Checkmate Puffer LB è invece un serbatoio di una soluzione ad aerosol contenente 28-34 g del feromone per la tignoletta ed utilizzato a circa 2.5-4 erogatori/ha. Altre formulazioni oggi in commercio sono Ecodian LB (ISAGRO), Splat Lobesia (ISCA), No Mate Lb (Syngenta) ecc. Ad oggi tutte le aziende produttrici stanno cercando di intervenire sui loro prodotti migliorandone l’efficienza, lo spettro di azione, la durata del dispenser e il costo (Ioriatti e Lucchi, 2016).

Un dispenser efficace dovrebbe rilasciare feromone a seconda di quanto richiesto dai diversi periodi, ma questa richiesta può essere variata da specifiche condizioni climatiche come la temperatura, la velocità del vento e la radiazione , che possono inficiare la permanenza del feromone nell'area trattata. Per questo motivo l'obiettivo di chi produce i dispenser è quello di far sì che vi sia sempre un tasso di rilascio che si mantenga sufficientemente costante e all'interno di un certo “range” durante tutta la stagione. Indipendentemente dal tipo, eccezione fatta per le macchinette centralizzate ad aerosol, circa 500 erogatori/ha vengono installati omogeneamente nei vigneti prima dell’inizio del primo volo stagionale, fissandoli sui tralci all’altezza dei futuri grappoli. Applicazioni successive all’inizio del primo volo non permettono di ottenere un controllo adeguato dell’insetto, quindi non sono consigliabili applicazioni tardive, a volo già iniziato. Per ovviare alla minor concentrazione di feromone presente nelle aree periferiche, più esposte all’azione negativa dei venti, una dose doppia di erogatori viene utilizzata sui bordi . Alcuni accorgimenti possono poi essere presi in caso di vigneti posti in pendii ripidi o con file disposte lungo la direzione del vento in una specifica zona. In tal caso, per ovviare a possibili effetti di deriva, si può agire ponendo il 70% dei dispenser nella parte superiore del vigneto e lasciando in basso solo il restante 30% anziché ricorrere alla classica distribuzione uniforme. I tempi operativi di applicazione dei

dispenser variano da 1,5 a 3 h/ha ad operatore a seconda delle condizioni del vigneto (Ioriatti *et al.*, 2012).



Figura 8 - Diversi modelli di dispenser a feromone, (1) dispenser artigianale in lattice; (2) dispenser bianco a spaghetto della Shin-Etsu; (3) doppia fiala della Basf; (4) Shin-Etsu Isonet; (5) di spenser a membrana Consip (6) Isagro Ecodian (A. Lucchi)

Efficacia del trattamento

La densità di popolazione della *L. botrana* è un fattore chiave affinché la tecnica della confusione sessuale possa avere successo. Intensità medio alte possono ridurre di molto l'efficacia del trattamento (Feldhege *et al.*, 1995). Condizioni di questo tipo potrebbero richiedere l'integrazione con insetticidi, anche localizzata alle sole zone più infestate, per la gestione dell'insetto. Un altro limite per cui l'efficacia del trattamento potrebbe ridursi è la superficie di applicazione del trattamento. La

superficie minima di applicazione è in genere 10-15 ha, ma questa è una variabile dipendente dal contesto morfologico e climatico della zona viticola presa in considerazione (*Carlos et al., 2014*). L'efficacia del trattamento potrebbe essere valutata tramite le trappole alimentari, ma purtroppo ai fini pratici questo è resto difficile dai lunghi tempi di gestione di cui necessitano queste trappole. Le trappole a feromoni invece non sono in grado di catturare gli individui maschi quando si trovano all'interno di zone trattate con la confusione sessuale, difatti assenza di catture non indicano necessariamente che il trattamento sta funzionando, ciò rende poco utile ai fini della valutazione dell'efficacia l'uso di queste trappole. Il miglior metodo per valutare l'efficacia è quello di effettuare dei campionamenti diretti in vigneto per stimare il livello di infestazione delle infiorescenze o dei grappoli, inteso come numero di larve per grappolo o anche come numero di uova, in relazione al momento del ciclo di vita dell'insetto in cui ci troviamo ad effettuare il campionamento. Capire l'efficacia del trattamento non è così facile e questo può limitare i viticoltori nell'adottare questa strategia di controllo (*Ioriatti et al., 2012*).

Planococcus ficus (Signoret)

Tassonomia e distribuzione

Gli Pseudococcidi presenti nell'agroecosistema vigneto vengono comunemente identificate col termine di "cocciniglie farinose" per il fatto che le loro forme vitali, in particolare quelle della linea femminile, sono ricoperte di cera candida, da esse stesse secreta. Queste si nutrono a spese del floema della vite, e possono esprimere una considerevole dannosità in contesti viticoli di tutte le latitudini (Varner *et al.*, 2015).

Planococcus ficus è stato descritto come tale per la prima volta nel 1875 da Signoret. Ben Dov (1994) inserisce successivamente il *P. ficus*, da un punto di vista tassonomico, nella superfamiglia Coccoidea, famiglia Pseudococcidi. E' una specie originaria del bacino del Mediterraneo e ad oggi ubiquitaria. La sua diffusione (come quella delle Cocciniglie in generale) da un continente all'altro, è stata attribuita al trasporto del legno di vite e di frutta, tuttavia, la vasta gamma di ospiti di queste specie, che comprende anche piante ornamentali, rende difficile il controllo alla frontiera. Gli ospiti di elezione del *P. ficus* sono il fico e la vite.

Morfologia

In *P. ficus*, come succede in altri Pseudococcidi, esiste un elevato dimorfismo sessuale. Le femmine sono più grandi (3 mm) e voluminose dei maschi (1 mm) e sono prive di ali. Il loro corpo è di forma ovale allungata ed è ricoperto di filamenti di cera candida. Il colore rosato del tegumento non è sempre apprezzabile per via della presenza diffusa di cera di cui si cosparge l'insetto. Dai bordi, che sono ornati da corte spine rivestite da una fine cera bianca, fuoriescono filamenti cerosi e una fine linea scura, solo parzialmente ricoperta di cera, attraversa longitudinalmente il corpo della femmina. Le femmine adulte (Fig.9) presentano un apparato boccale pungente succhiante e ghiandole a feromoni sboccanti su pori translucidi localizzati a livello delle coxe delle zampe metatoraciche. Le uova, di colore giallo dorato, sono deposte in ovisacchi cerosi. Il maschio è un delicato insetto di colore arancione scuro (Fig.10), con lunghe antenne e due grandi ali ialine e trasparenti. Peculiare, nel maschio, è l'assenza di parti boccali funzionanti e dalla presenza di due lunghi filamenti cerosi che fuoriescono da piastre ciripare presenti sull'ottavo

urite con funzione di stabilizzatori per il volo. Le neanidi sono morfologicamente simili alla femmina ma di dimensioni inferiori. Si distingue a malapena dal *P. citri* (Lucchi, 2014).



Figura 9 e 10- Individui femmine (a sinistra) e maschi(a destra) di *P. ficus* su trappola cromotropica (A. Lucchi)

Piante ospiti

P. ficus è una specie polifaga, è ritenuto un insetto dannoso a livello mondiale soprattutto per la coltivazione di uva, mele e agrumi ma anche di colture più tropicali come patate dolci, mango ed avocado, attacca inoltre piante erbacee, arbustive ed arboree comuni appartenenti alle famiglie delle *Asteraceae*, *Rosaceae*, *Salicaceae*, *Rhamnaceae*, *Apocynaceae* ecc. (Walton and Pringle, 2005) con una predilezione per la vite ed il fico (Lucchi, 2014).

Ciclo di sviluppo e biologia

In Italia *P. ficus* può svolgere dalle 3 alle 4 generazioni. Lo svernamento è affidato a femmine fecondate, femmine con ovisacco e forme giovanili, nascoste sotto il ritidoma della vite (Varner et al., 2015). Se la parte più cospicua della popolazione si ritrova sopra suolo, una certa parte di essa può trovarsi anche sulle radici, fino a 30 cm di profondità. La specie è caratterizzata, durante il suo ciclo vitale, da un movimento verticale lungo la pianta. La specie si avvantaggia di microclimi ombrosi e umidi, di temperature elevate e di uno sviluppo eccessivo della vegetazione (Lucchi, 2014).

In Toscana, i primi movimenti delle colonie verso la vegetazione avvengono alla fine di Aprile ed inizio Maggio, mentre in ambienti del Nord Italia solamente a partire dalla metà di Maggio in poi. Dalla primavera all'estate, le popolazioni di *P. ficus* si spostano dalle radici alle foglie. Gli spostamenti lungo la pianta del *P. ficus* al variare della stagione sono praticamente identici per tutti i continenti. A Febbraio la cocciniglia si trova alla base del ceppo sotto il ritidoma, appena sopra il punto di innesto, in piccole colonie. A Marzo l'insetto vive ancora sotto il ritidoma (Fig.11) ma le colonie cominciano a diventare più evidenti a causa della schiusura delle

uova e della produzione di melata. Ad Aprile sotto il ritidoma si trovano colonie sempre più consistenti composte da forme giovanili, femmine adulte con o senza ovisacco, uova, formiche e melata. Inizia a questo punto lo spostamento verso



Figura 11- Colonia di *P. ficus* sotto il ritidoma in Aprile (R. Ricciardi)

la nuova vegetazione della pianta. In questa fase comincia anche il primo volo dei maschi. A Maggio le forme giovanili si spostano sulle foglie e sui grappoli imbrattandoli di melata, in genere in questa fase può comparire la larva di un predatore di *P. ficus*, cioè la coccinella *Cryptoleamus montrouzieri*. A Giugno la popolazione della cocciniglia comincia ad aumentare così come i danni da melata su grappolo e foglie. Si trovano diffuse femmine adulte con ovisacco. Da Luglio fino alla vendemmia la popolazione continua a crescere cominciando a provocare lo sviluppo delle prime fumaggini sui substrati di melata prodotti dall'insetto. Dopo la vendemmia la popolazione diminuisce notevolmente e si concentra nella parte bassa della vite sotto il ritidoma (Varner et al., 2015).

L'accoppiamento è preceduto dal rilascio da parte della femmina di un feromone sessuale fortemente attrattivo per i maschi. Si tratta di una miscela molto volatile composta dal monoterpene (S)-lavandulolo e dell'estere corrispondente (S)-(+)-

lavandulil senecioato, quest'ultima è la molecola effettivamente attrattiva nei confronti dei maschi, a differenza del monoterpene che non lo è. La stessa sostanza è dotata di un forte effetto caïromonale nei confronti dell'Imenottero Encirtide *Anagyrus pseudococci*, parassitoide specifico di *P. ficus* e di altri pseudococci. Una femmina adulta del pseudococcide può deporre fino a 250 uova all'interno di ovisacchi ricoperti di cera (con temperature tra i 21-25 °C, *P. ficus* produce più di 300 uova rendendo la sua presenza particolarmente dannosa).

La presenza della specie è molto spesso associata a quella delle formiche che nella melata prodotta dalla cocciniglia trovano un'importante fonte di nutrimento glucidico (Fig.12). La

consociazione è molto forte al punto che spesso l'azione di agenti di controllo biologico sia parassitoidi che predatori è stata contrastata dalla presenza di formiche giunte in difesa della cocciniglia (*Mgocheki et al., 2009*). Le relazioni che le formiche hanno adottato con il



Figura 12- Una formica preleva una goccia di melata, prodotta dal planococco, per la propria nutrizione. (M. Cooper)

di ulteriori conoscenze

per capire i vari livelli di aggressione esibiti dalle formiche nei confronti dei nemici naturali del *P.ficus* che loro frequentano.

Dannosità

L'importanza economica delle infestazioni di *P. ficus* è drammaticamente aumentata negli ultimi anni, sia su uva da tavola che su uva da vino. I danni diretti causati dalle cocciniglie sono dovute sia alle punture che alla conseguente sottrazione di linfa dalla vite e sia all'abbondante produzione di melata prodotta sia dalle forme giovanili che dagli adulti, si deposita in piena estate sulle foglie e sui grappoli rendendoli un ottimo substrato per lo sviluppo di fumaggini (Fig.13) che a loro volta causano danni estetici su uve da tavola e in presenza di

popolazioni elevate anche su uve da vino in quanto riducendo l'attività fotosintetica delle foglie e nei casi più gravi ne causa la filloptosi. Sui grappoli la concomitanza di cocciniglie, melata e fumaggini ostacola la corretta ed omogenea maturazione dell'uva (Bottura, 2011). La melata, oltre alle fumaggini, è un ottimo substrato per i funghi saprofiti infatti, nelle fasi finali di maturazione, sull'uva danneggiata, si sviluppano funghi responsabili di produzione di ocratossina (in particolare nelle zone meridionali come *Aspergillus carbonarius* e *A. niger*). L'ocratossina viene trasmessa al vino nelle prime fasi di vinificazione e in caso di forti attacchi di cocciniglia il livello di presenza può essere elevato (oltre il limite legale di 2 ppb) (Varner et al., 2015).



Figura 13- Cera e fumaggini su grappoli attaccati da *P. ficus* (A. Lucchi)

I danni indiretti apportati da *P. ficus* alla vite si traducono nella capacità di acquisire virus da piante malate e trasferirli a piante sane. Ad oggi è stata accertata la capacità di trasmissione di 5 tipi di GLRaV cioè di virus dell'accartocciamento fogliare, il virus delle scanalature del Kober 5BB, GVA ed il virus della suberosi corticale, GVB (Bottura, 2011).

Mezzi agronomici per il controllo della cocciniglia

Per un efficace controllo di questo insetto è necessario porre attenzione ad un corretto equilibrio vegetativo della pianta; la cocciniglia predilige, infatti, situazioni di forte vigoria e scarsa illuminazione. La scelta del vitigno è già un punto importante di partenza, infatti oltre alla forma, dimensione e livello di compattamento del grappolo, anche la durata della maturazione influisce sui possibili livelli di infestazione della cocciniglia: le *cv.* a maturità precoce sono meno sensibili agli attacchi, rispetto alle *cv.* tardive, in quanto le popolazioni della cocciniglia tendono ad aumentare in maniera esponenziale per ogni nuova generazione.

Un altro fattore importante è il sistema di allevamento. Nel cordone speronato, ad esempio, poiché il grappolo è a stretto contatto con il cordone, la cocciniglia impiega meno tempo per raggiungere il grappolo. Anche uno sviluppo equilibrato della vegetazione e una corretta defogliazione attorno ai grappoli, che permetta buona aerazione e illuminazione, rappresentano dei buoni punti di partenza per ridurre il rischio cocciniglia (*Varner et al., 2015*). Per questo risultano importanti le scelte relative alla concimazione, che deve essere equilibrata così come la potatura sia invernale che verde (*Bottura, 2011*).

Un altro accorgimento che aiuta a ridurre la densità di popolazione dell'insetto in vigneto è la rimozione invernale della corteccia del ceppo; effettuando questa operazione, è possibile esporre le cocciniglie agli agenti climatici, agli insetticidi e ai suoi nemici naturali. La corteccia infestata dovrebbe essere distrutta invece che lasciata nelle vicinanze del vigneto in quanto le cocciniglie potrebbero tornare a ripopolare il vigneto. Una volta effettuata la decorticazione, in zone particolarmente soggette ad elevate popolazioni, si può ricorrere ad interventi con insetticidi. Purtroppo, nonostante la sua riconosciuta efficacia, il più delle volte, la tecnica della decorticazione non viene adottata poiché troppo laboriosa e costosa (*Lucchi, 2014*).

Anche l'utilizzo di colture di copertura (*cover crops*) potrebbe avere un effetto benefico sul controllo della cocciniglia. Difatti aumentando la biodiversità del vigneto è possibile favorire l'aumento dei nemici naturali dell'insetto target.

Tra i mezzi agronomici a nostra disposizione per il controllo della cocciniglia rientra anche il monitoraggio. Le strategie di monitoraggio differiscono tra

individui maschi e femmine. Gli esemplari maschili vengono monitorati attraverso l'uso di trappole a feromoni innescate con (S)-(+)-lavandulil senecioato. Il materiale per queste attività (dispenser, trappole) è facilmente reperibile sul mercato e il loro corretto utilizzo non necessita di particolari conoscenze tecniche, ma i risultati di cattura che si ottengono hanno valore puramente qualitativo e dipendono fortemente da alcune specifiche, come ad esempio la direzione del vento in rapporto alla posizione delle trappole. Va sempre ricordato come le catture siano un campanello d'allarme che denuncia la presenza della specie, ma al tempo stesso l'assenza di catture non è garanzia della non presenza della cocciniglia. Cioè non avere catture è condizione necessaria ma non sufficiente per poter affermare che la popolazione della cocciniglia sia bassa o nulla. E questo rappresenta certamente la regola quando il monitoraggio sia svolto su vigneti in cui è applicata la confusione sessuale.

Alla luce di ciò risulta chiaro come i dati sui campionamenti dei maschi debbano essere integrati con campionamenti visivi degli esemplari femminili. Si tratta però in questo caso di un'attività particolarmente complessa in quanto la presenza aggregata di tali insetti costringe l'operatore a campionamenti particolarmente approfonditi, su un gran numero di piante e in più punti dell'apezzamento. Non è raro passare da punti con infestazioni gravissime a lunghi tratti con assenza di cocciniglia, per questo risulta complicato giungere ad un dato medio, ma soprattutto veritiero della realtà che si vuole esprimere. Tali ostacoli comportano un grande dispendio di tempo. Alla questione della distribuzione si accompagna un secondo problema relativo alle modalità di campionamento, che devono necessariamente cambiare a seconda del periodo dell'anno e dunque dell'attività trofica di *P. ficus*. Tanto utile quanto difficoltoso può risultare il campionamento invernale, che consiste nella ricerca delle femmine svernanti sotto il ritidoma. Si tratta in genere di femmine già fecondate e dunque un loro monitoraggio può rivelarsi utile nella previsione di quello che potrà essere il danno della prima generazione. Più semplice il campionamento primaverile, quando i diversi stadi vitali colonizzano le foglie e i giovani grappoli. Il campionamento si fa nuovamente complicato alla chiusura del grappolo in quanto colonie anche abbondanti possono rimanere indisturbate all'interno dei grappoli in via di maturazione. Grappoli all'apparenza sani, ad un'analisi più invasiva possono rivelare presenze massicce di cocciniglia che ne compromettono la qualità. Per questo campionamento è dunque necessario operare un prelievo di grappoli che

devono essere lentamente privati degli acini più esterni per verificare la presenza o meno di cocciniglia attorno al rachide. In questo caso un aiuto importante può essere dato dalla presenza di melata sulla vegetazione o dall'osservazione dei movimenti delle formiche che, come abbiamo visto, vivono in stretto rapporto con le cocciniglie e di conseguenza spesso si radunano intorno a quei grappoli che al loro interno nascondono la presenza di colonie di *P. ficus*. In genere la soglia economica del danno presa in considerazione durante i campionamenti per decidere eventuali trattamenti insetticidi è il 5% di grappoli infestati (Lucchi, 2014).

Controllo chimico per il *Planococcus ficus*

La lotta chimica contro questo insetto risulta essere, ad oggi, molto difficoltosa, soprattutto a causa della scarsa mobilità delle prime generazioni, le quali, restando negli anfratti del ritidoma, sono difficilmente raggiungibili dai trattamenti (Bottura, 2011). Numerosi sono gli insetticidi efficaci contro *P. ficus*, sia tra i prodotti convenzionali come oli minerali, fosfororganici e chitinoinibitori che tra i più moderni neonicotinoidi e altri insetticidi sistemici. In regime di agricoltura biologica si può ricorrere agli oli minerali leggeri (Lucchi, 2014).

Alcuni esempi di insetticidi registrati per la lotta alla cocciniglia comprendono: il Buprofezin che assicura buona efficacia con applicazioni precoci (prima della fioritura). È un regolatore di crescita attivo sugli stadi giovanili, per questo va impiegato soprattutto in primavera, nelle prime settimane dopo la schiusura delle uova; successivamente i vari stadi di sviluppo si accavallano e l'efficacia decresce. È considerato rispettoso degli insetti utili. L'Acetamiprid: neonicotinoide registrato recentemente contro *Planococcus ficus* su vite ha mostrato un'efficacia discreta se applicato nel periodo prefioritura-inizio allegagione. Il Thiametoxan: neonicotinoide registrato da tempo sulla cocciniglia, ha sempre mostrato una non completa efficacia nelle diverse prove attuate con trattamenti fogliari. Lo Spirotetramat, un sistemico non appartenente alla categoria dei neonicotinoidi: penetra attraverso le foglie e si muove sia nel floema che nello xilema. Ingerito dalla cocciniglia inibisce la biosintesi degli acidi grassi e ne provoca la morte. L'esperienza maturata nell'utilizzo di questo prodotto fa ritenere che esso necessita di un tempo di circa 4 settimane per iniziare a svolgere compiutamente la propria attività insetticida. Per questo motivo va usato precocemente. La registrazione in Italia permette l'uso a partire da fine fioritura. È

considerato rispettoso degli insetti utili. Gli esteri fosforici: hanno una buona efficacia come “agenti di pulizia”, soprattutto in caso di interventi “curativi” nella fase di pre-chiusura grappolo (che corrisponde alla migrazione delle forme giovani sulla vegetazione e nei grappoli). Esplicano azione negativa sugli “utili” e sono considerati pericolosi per l’uomo. In un’ottica di produzione sostenibile, devono essere sostituiti da molecole più selettive o da altri “sistemi di contenimento”. Gli oli estivi sono gli unici prodotti ammessi in viticoltura biologica. Utilizzandoli, è necessario non associarli a trattamenti con zolfo, facendo passare almeno 10-15 giorni tra un intervento e l’altro.

Nessun prodotto registrato sembra risolutivo. Per questo si ritiene importante integrare un eventuale intervento insetticida con attenti controlli visivi in vigneto e con una corretta gestione della vegetazione attuata con opportune pratiche agronomiche (*Varner et al., 2015*).

Da quanto detto si deduce che la tempistica di applicazione, per la maggior parte degli insetticidi utilizzabili, in particolare quelli poco persistenti, è fondamentale per controllare la cocciniglia infatti, gli stadi più piccoli risultano più sensibili rispetto a quelli più grandi, così come gli insetti esposti sono bersaglio più semplice rispetto a quelli presenti sotto la corteccia. Gli insetticidi sistemici vengono spesso applicati vicino alla fase fenologica di fioritura poiché in quel momento l’insetticida si muove più velocemente all’interno della pianta, inoltre con applicazioni prossimi alle ultime fasi di maturazione del grappolo possono portare ad avere problemi di residui nelle uve, e di conseguenza nel vino, danneggiando così sia il mercato interno che estero (*Daane et al., 2012*).

Controllo biologico tramite predatori e parassitoidi di *P. ficus*

Un certo numero di predatori contribuiscono al controllo del planococco ma solo pochi sono specifici. La maggior parte infatti è più generica e può predare anche piccoli artropodi dal corpo molle. Per molti di questi nemici naturali non ci sono studi riguardanti il loro impatto sulle popolazioni di cocciniglia.

Tra gli insetti entomofagi che in natura incidono notevolmente sulle popolazioni di *P. ficus* abbiamo 4 specie di cui 2 di insetti predatori e 2 di parassitoidi, che vengono solitamente allevati in biofabbrica e commercializzati per l’effettuazione

di rilasci inoculativi. I predatori sono i coleotteri coccinellidi *Cryptolaemus montrouzieri* (Mulsant) e *Nephus includens* (Kirsch), mentre i parassitoidi sono gli imenotteri encirtidi *Anagyrus* sp. near *pseudococci* (Girault) (Fig.14) e *Leptomastix dactylopii* (Howard) (Fig.15). In Toscana, negli ultimi due anni, sono stati utilizzati *A. pseudococci* e *C. montrouzieri*: il primo per rilasci nel mese di maggio in vigneti che negli anni precedenti erano stati fortemente danneggiati dalla cocciniglia, il secondo per rilasci mirati in giugno-luglio volti a contrastare infestazioni improvvise e localizzate.



Figura 14 e 15- Adulti di *Anagyrus* sp. near *pseudococci* e di *Leptomastix dactylopii* durante la fase di parassitizzazione di una femmina di *P. ficus*

Cryptolaemus montrouzieri (Fig.16) è un predatore generalista di pseudococcidi e altri emitteri sternorinchi. Originario dell'Australia è ormai diffuso in molti paesi del mondo, compresa l'Italia. L'adulto, lungo circa 4 mm, è caratterizzato da elitre di colore bruno, mentre capo e protorace hanno un bel colore arancio. Le uova sono gialle. *Anagyrus* sp. near *pseudococci* è un Encirtide originario dell'areale mediterraneo, parassitoide solitario, endofago di pseudococcidi, inclusi *P. ficus* e *P. citri*. Il rilascio del feromone della femmina di cocciniglia ha un effetto cairomonale sul parassitoide. L'adulto presenta uno spiccato dimorfismo sessuale: la femmina è lunga circa 1.5-2 mm ed è di colore brunastro, con il primo articolo antennale assai ingrossato. Il maschio è più piccolo (0.8-0.9 mm) e di colore completamente nero. La femmina di *A. pseudococci* parassitizza neanidi di terza età e femmine giovani di cocciniglia; 15-20 giorni dopo il rilascio, forme parassitizzate di cocciniglia possono essere già facilmente visibili nella colonia.



Figura 16- Adulto di *Cryptoleamus montrouzieri* su grappolo (A. Lucchi)

I risultati ottenuti con rilasci di *C. montrouzieri* e *A. pseudococci* attuati in due aree viticole del litorale livornese nel 2013 e 2014 hanno portato a risultati confortanti e addirittura inattesi. Per quanto riguarda il parassitoide, infatti, a fronte del rilascio di 1.500 adulti nel 2013 e 3.000 nel 2014 in un'area di circa 6 ettari, il tasso di parassitizzazione valutato in corrispondenza della vendemmia 2014 ha raggiunto in un vigneto di tale area la percentuale del 69,5%, mantenendosi in altri due vigneti adiacenti tra il 27,1 e il 54,9% (Varner *et al.*, 2015).

Il controllo biologico offre indubbi vantaggi di ordine tossicologico, ecologico ed economico. Non risulta dannoso per l'uomo e per i vertebrati e se utilizzato in modo corretto non ha effetti negativi sull'ambiente e spesso permette di ottenere un controllo dell'insetto tale da non richiedere l'integrazione con insetticidi, i quali per altro, andrebbero inevitabilmente a danneggiare questi insetti utili (Langone, 2013).

Controllo tramite la confusione sessuale

Un'alternativa alla lotta tramite antagonisti e agli insetticidi è l'utilizzo della confusione sessuale. Questa tecnica, come abbiamo già visto, prevede il rilascio tramite erogatori di feromoni sessuali, sostanze semiochimiche che in natura attraggono individui della stessa specie nella fase riproduttiva, disturbando e

modificando il comportamento degli insetti durante la fase sessuale del loro ciclo vitale, in pratica, rendendo difficile per il maschio l'individuazione della femmina che rilascia il feromone naturale (Lucchi, 2014).

L'utilizzo dei feromoni sessuali per la confusione sessuale è stata già largamente utilizzata, con ottimi risultati in ambito viticolo per il controllo di *Lobesia botrana* e di *Eupoecilia ambiguella* in diverse regioni dell'Europa, riducendo ampiamente l'utilizzo di pesticidi e migliorando la qualità e salubrità delle uve (Ioriatti, 2011). Il meccanismo di azione è lo stesso già visto in questo elaborato per la tignoletta.

Il feromone sessuale individuato per *Planococcus ficus*, come sopra menzionato, è l'(S)-(+)-lavandulil seneciato prodotto e commercializzato nella sua forma racemica ed utilizzato per il monitoraggio o, appunto, per la confusione sessuale. La confusione sessuale è stata impiegata per la prima volta contro *P. ficus* in California nel 2006 (Walton et al., 2006), ed è attualmente applicata anche in Israele e in Spagna su superfici ogni anno più vaste, portando a risultati sempre più promettenti (Lucchi, 2014).

Gli erogatori per la confusione sessuale del planococco non sono ancora registrati in Italia. Tutti le ricerche ad oggi portate avanti sulla lotta tramite la confusione sessuale contro la cocciniglia, concordano che questo metodo determina: una forte riduzione, fino all'azzeramento, nelle catture dei maschi in trappola, così come già succedeva per la *L. botrana*, un contenimento del danno alla produzione, soprattutto a partire dal secondo anno di applicazione, un'interferenza sulla "fitness" delle femmine e un'attrattività del feromone sintetico nei confronti di femmine del parassitoide *Anagyrus pseudococci* (Varner et al., 2015). Sia il controllo biologico che la confusione sessuale rimangono comunque metodi costosi e per questo non sempre sufficientemente investigati ed impiegati (Lucchi, 2014)

PARTE SPERIMENTALE

Scopo della ricerca

Una gestione integrata degli insetti del vigneto richiede, oltre alle conoscenze specifiche relative alla biologia e allo sviluppo degli insetti bersaglio, anche mezzi efficienti per poter gestire l'insetto dannoso riducendo il più possibile l'uso di insetticidi. La confusione sessuale risulta essere una tecnica efficiente di controllo ma non sempre in grado autonomamente di avere una completa efficacia, soprattutto in caso di intense infestazioni. La sua efficacia è spesso dipendente dalla dimensione della superficie trattata e inoltre i costi per l'applicazione dei dispenser e delle trappole a feromoni per i monitoraggi possono essere considerevoli. Questo fa sì che spesso le aziende prediligano ancora l'utilizzo dei soli insetticidi invece che approcciarsi ad una nuova metodologia di lotta. Le aziende produttrici dei dispenser per la confusione sessuale stanno cercando di produrre erogatori più efficienti e a basso costo di gestione, a largo spettro di azione, cioè in grado di "confondere" più insetti target contemporaneamente e dei sistemi di monitoraggio funzionali al controllo (Baldessarri et al., 2013; Ioriatti e Lucchi, 2016; Bagnoli et al., 2011) proprio per rendere al viticoltore più appetibile l'utilizzo di tale tecnica. Lo scopo di questo elaborato è proprio quella di riportare i risultati ottenuti nel grossetano con l'applicazione di diversi tipi di dispenser, con formulazioni innovative e con dosi di applicazioni diverse, per il controllo dei due principali insetti dannosi del litorale maremmano: *L. botrana* e *P. ficus*.

Materiali e Metodi

Luogo di svolgimento della ricerca

Le attività sperimentali hanno avuto luogo presso la fattoria “Le Mortelle” (Fig.17), azienda agricola che fa capo al gruppo Marchesi Antinori, una delle più prestigiose e antiche famiglie che da oltre settecento anni è dedita alla viticoltura. Marchesi Antinori gestisce oltre dieci tenute in tutta Italia, dalla Franciacorta alle Puglie, senza contare le aziende estere di proprietà, fra cui alcune in California e in Cile. L'azienda agricola Le Mortelle è stata acquistata da Antinori nel 1998, quando questa era sostanzialmente dedita alla coltivazione delle pesche. Antinori decise di impiantare la vite, che già era coltivata prima che l'azienda optasse per la peschicoltura, e solo dopo dieci anni, nel 2008, venne costruita la cantina, gioiello di eco-sostenibilità, a impatto ambientale zero, in quanto ricavata all'interno di una collina e caratterizzata da un sistema di vinificazione a caduta, che riduce l'utilizzo di pompe elettriche.



Figura 17-Veduta dei vigneti e della cantina della fattoria "Le Mortelle" del gruppo Marchesi Antinori (www.Antinori.it)

L'azienda, situata in località Ampio, all'interno del comune maremmano di Castiglione della Pescaia, in provincia di Grosseto, si divide in due corpi principali, Mortelle e Poggio Franco, divisi dalla provinciale di Grilli, per un totale di 270 ha, di cui 160 ha a vigneto. Oltre alla vite l'azienda conta un totale di 30 ha a frutteto e mirtilleto. Tutta la frutta e i mirtilli sono prodotti certificati in biologico. All'interno dell'azienda sono presenti anche due laghi artificiali di discrete dimensioni (il maggiore ha un'estensione di 6 Ha) utilizzati per l'approvvigionamento idrico aziendale. I vigneti sono posti ad un'altitudine media di 50 metri sul livello del mare, che dista solo dieci chilometri dall'azienda. La zona è interessata sovente da venti di maestrale che dal mare spirano verso l'entroterra. Il clima è di tipo mediterraneo con inverni miti ed estati afose. In luglio e agosto si registrano massime di 31°C, mentre le minime invernali si attestano intorno ai 3°C. L'umidità è elevata salvo quando talvolta si alzano venti di tramontana. La piovosità media annua si attesta intorno ai 600-650 mm, con picchi di precipitazione fra ottobre e novembre. Le precipitazioni scarseggiano soprattutto fra giugno e agosto e per questa ragione i vigneti presentano impianti di micro-irrigazione a goccia per effettuare irrigazioni di soccorso. I terreni sono per lo più sabbiosi, talvolta ricchi in scheletro nelle zone di maggiore pendenza, presentando generalmente scarsi tenori in calcare e magnesio. Il sistema di allevamento è a spalliera e le viti sono potate secondo la tecnica del cordone speronato; sono coltivate le principali varietà internazionali a bacca rossa, Cabernet Franc, Cabernet Sauvignon, Petit Verdot, Syrah e Carmenere, oltre all'autoctono Sangiovese mentre, tra le uve a bacca bianca sono presenti le varietà Vermentino, Viognier e Ansonica. A fine marzo si ha il germogliamento delle varietà più precoci mentre nella terza decade di maggio, si ha solitamente la piena fioritura cui segue l'allegagione nella prima metà di giugno. La vendemmia ha inizio già nella seconda decade di agosto con la raccolta del Viognier e si protrae fino alla prima decade di ottobre concludendosi con la vendemmia dei tardivi Carmenere e Ansonica.

La sperimentazione condotta in azienda per lo svolgimento della presente tesi di laurea comprende due differenti indagini, entrambe svolte nell'anno in corso. La prima, iniziata già nel 2016 e oggetto di un'altra tesi di Laurea Magistrale, mira a valutare l'efficacia dell'erogatore Isonet LPFX246 prodotto da Shin-Etsu Chemical, per il controllo mediante confusione sessuale, di *Lobesia botrana* e di *Planococcus ficus*. L'erogatore è stato testato, come nel 2016, a tre diversi

dosaggi di applicazione. La seconda prova ha invece lo scopo di valutare l'efficacia delle centraline ad aerosol Isonet L MisterMX841 per il controllo di *L. botrana*.

In entrambi i casi si tratta di prodotti non ancora presenti sul mercato.

Prova LPFX246

L'erogatore della Shin-Etsu Chemical Isonet LPFX246 (Fig.18) è un erogatore in polietilene a doppio serbatoio contenente circa il 40% di (S)-(±)-lavandulil senecioato per il controllo di *P. ficus* e circa il 30% di (E,Z)-7,9-dodecadienil acetato per il controllo di *L. botrana*.

L'aspetto innovativo di questo nuovo erogatore risiede nel proporre il controllo di due insetti dannosi, un lepidottero ed un emittero, con un'unica installazione, consentendo in tal modo un importante risparmio in termini di ore lavoro.

La valutazione di Isonet LPFX246 era iniziata, come sopra menzionato, nel marzo 2016, nel vigneto denominato "CBS 2000 Ingresso" di complessivi 9,94 ha e coltivato interamente a Cabernet Sauvignon su portainnesto 3309, allevato a cordone speronato su suolo sabbioso. La densità di piantagione del vigneto è di 5435 piante/ha con sesto di impianto 2 x,0,8.

Il disegno sperimentale (Fig.19) prevedeva la suddivisione dello stesso in tre appezzamenti omogenei in cui applicare gli erogatori a tre differenti dosaggi.



Figura 18- Erogatore Isonet LPFX246 della Shin-Etsu Chemical (A. Iodice)

Le tre parti in cui è stato suddiviso il vigneto sono: una prossima alla cantina dell'azienda (3,2 ha), una parte centrale (3,5 ha) e una parte che confina con la provinciale di Grilli (3 ha), queste corrispondono rispettivamente alle tesi 2 (400 erogatori/ha), tesi 3 (500 erogatori/ha) e tesi 4 (600 erogatori/ha). Trattandosi di erogatori sperimentali, mai saggiati prima d'ora in altre aree viticole a livello mondiale, la scelta delle tre dosi aveva, ovviamente, lo scopo di suggerire, in futuro, il dosaggio migliore per il controllo dei due insetti.



Figura 19-Disegno sperimentale della prova Isonet LPFX246

L'applicazione è avvenuta il 21 Marzo 2017.

Per validare la prova sono stati presi in considerazione altri due appezzamenti, anch'essi coltivati a Cabernet Sauvignon, uno con la funzione di parcella testimone non trattata, in completa assenza di interventi di controllo, ed uno definito "standard aziendale", nel quale l'azienda avrebbe adottato la strategia applicata negli altri vigneti aziendali. Per il primo caso è stato identificato il vigneto "Triangolino" (1 ha) e indicato come tesi 1. Come testimone standard aziendale è stato scelto il vigneto denominato "CBS 2002 Ponte a Sinistra" di 12,91 ha, e indicato come tesi 5 (Fig. 19). In questa sono stati applicati 250 erogatori/ha di Isonet LTT, che contiene il feromone per il controllo della tignoletta ad una concentrazione di 380 mg ad erogatore. Per il controllo di *Planococcus ficus* nello stesso vigneto si è proceduto ad un primo rilascio del parassitoide *Anagyrus* sp. near *pseudococci* (Hymenoptera Encyrtidae) nella

misura di 1000 individui ad ettaro in data 05/06/2017 utilizzando il prodotto *Anagyrus250* della Bioplanet, e ad un secondo rilascio di *Cryptolaemus mountrouzieri* di 500 individui ad ettaro in data 22/06/2017, utilizzando il prodotto Cryptopak sempre della BioPlanet. Mentre per *Anagyrus* la distribuzione del prodotto è stata uniforme per tutto l'appezzamento, il rilascio del *Cryptolaemus mountrouzieri* è stato effettuato nelle microzone soggette a maggior infestazione.

La divisione in blocchi randomizzati non si può applicare, per ovvi motivi, nel caso di parcelle di dimensioni ampie come quelle necessarie per gli studi sulla confusione sessuale, per questo, si è proceduto a suddividere ogni parcella in sotto-parcelle durante le diverse fasi di campionamento. Nello specifico, le sotto-parcelle erano 10 nei rilievi di prima generazione (G1) e 6 per i rilievi di seconda e terza generazione (G2 e G3), in ogni caso sufficientemente estesi da consentire il controllo di almeno 100 grappoli per sotto parcella.

Prova MisterMX841

La seconda parte della prova riguardava l'utilizzo delle centraline Shin-Etsu Chemical Isonet L Mister MX841 (Fig. 20), che sono centraline elettro-meccanizzate che rilasciano l'(E,Z)-7,9-dodecadienil acetato sotto forma di aerosol. Si tratta di centraline di dimensioni ridotte, pre-programmate, cioè il microcomputer che governa le funzioni delle centraline contiene diversi programmi di erogazione che seguono l'andamento climatico in correlazione alla biologia degli insetti bersaglio, ed è dotato di un sensore di temperatura collegato al microcomputer. In base al programma pre-selezionato, questo sensore può permettere di modulare l'emissione di



Figura 20- Centralina elettromeccanica Isonet L MisterMX841 (M. Zito)

feromone in relazione a diverse fasce di temperatura, diminuendo o aumentando l'erogazione per mantenere la giusta concentrazione di principio attivo nel corso di tutta la stagione. La prova è stata effettuata su tre diverse parcelle sperimentali (Fig.21). La prima parcella coincide con il vigneto "CBS 2001 Triangolone" di 5,1 ha, allevato, anch'esso a cordone speronato con *cv.* Cabernet Sauvignon su portainnesto 3309, con densità di piantagione di 5435 piante/ha e sesto di impianto 2x0,8 m; in questo vigneto sono state applicate 2 centraline/ha (M2). Per la seconda e la terza parcella è stato individuato il vigneto "CBS 2001 Sughereta" di 11 ha, che è stato suddiviso, all'altezza della capezzagna mediana, in due parcelle da trattare a differente dosaggio. Sulla parte più bassa del vigneto (5,03 ha) sono state applicate 3 centraline per ettaro (M3), sulla parte più alta (5.3 ha) sono state utilizzate 4 centraline per ettaro (M4). Il testimone e la parcella standard sono le stesse utilizzate per la sperimentazione dell' LPFX246.



Figura 21-Disegno sperimentale prova Isonet L MisterMX841

Anche queste parcelle sono state suddivise in sotto parcelle per la validazione statistica della prova, nello specifico 10 sotto parcelle per trattamento. L'applicazione delle centraline nei vigneti suddetti è avvenuta il 21 Marzo 2017.

Valutazione di efficacia

La valutazione dei diversi formulati utilizzati è stata svolta valutando l'infestazione e il danno causato sull'uva dai due fitofagi target, il planococco e la tignoletta. Per il monitoraggio dei due insetti sono state installate trappole a feromoni, una per ciascuna tesi. La trappola per la tignoletta (Fig.22) è a delta di

colore semitrasparente in laminato di propilene, preformato, di facile impiego e lunga durata. Questo permette una maggiore flessibilità di impiego in quanto oltre alle due “classiche” aperture, sono disponibili anche due ulteriori finestre localizzate sul lato lungo della trappola. Le aperture



Figura 22-Trappola a delta per *L. botrana* della Biogard (www.bioplanet.it)

laterali, di forma trapezoidale con la base maggiore rivolta verso l'alto (dimensioni 10 x 6 cm), possono essere facilmente aperte quando necessario, tramite una leggera pressione del materiale plastico preforato. Le due alette sono mantenute aperte, in posizione orizzontale rispetto al suolo. Il feromone viene erogato attraverso una capsula in gomma la cui sostituzione è avvenuta ogni 4 settimane. La trappola per *P. ficus* (Fig.23) è anch'essa a delta di colore rosso, con un erogatore del feromone per la cocciniglia poggiato sul fondo collato.



Figura 23-Trappola a delta per *P. ficus* (M.Zito)

Il feromone in questo caso aveva una durata che copriva tutto il periodo della prova. Tuttavia per le alte temperature verificatesi nel periodo estivo, si è deciso di sostituirlo con uno nuovo nel mese di luglio, fase estiva più calda. L'installazione è avvenuta il 21 Marzo 2017, prima dell'inizio del primo volo della tignoletta. Le trappole sono state poi monitorate, lungo tutto l'arco della sperimentazione, una volta a settimana.

I campionamenti in G1, G2 e G3 per *L. botrana* sono stati effettuati in maniera analoga sia nelle prove dell'erogatore LPFX246 che nelle prove del MisterMX841. Un primo campionamento è stato svolto sui grappoli in fase di fioritura il 25 Maggio per valutare l'infestazione di *L. botrana* in prima generazione.. Sono state campionate 1000 infiorescenze per sotto-parcella, per un totale di 1000 infiorescenze per ciascuna tesi, verificando sia la percentuale di infiorescenze infestate che la percentuale di nidi per infiorescenza. Un secondo campionamento è stato effettuato in concomitanza con la seconda generazione del lepidottero, nella fase fenologica di chiusura grappolo, in data 10 Luglio. Durante questo campionamento si è valutato anche il grado di infestazione del *P. ficus*. Anche in questo caso si è proceduto campionando 100 grappoli per sotto parcella. Infine, l'ultimo campionamento è avvenuto su grappoli in maturazione, il 5 Settembre. In quest'ultimo campionamento, a differenza dei precedenti, i grappoli non sono stati osservati in campo ma sono stati raccolti e attentamente dissezionati in laboratorio.

Situazione dei vigneti nelle annate precedenti

I vigneti delle tesi 1,2,3,4 e 5 negli anni 2014-2016 erano caratterizzati da elevate infestazioni di *L. botrana* e medie infestazioni di *P. ficus*. Per questo, i danni causati dai due insetti nei diversi vigneti erano differenti e la loro pressione iniziale non era omogenea all'interno delle diverse parcelle. Nel 2016, per contenere entrambe gli insetti, i vigneti corrispondenti alle tesi 2, 3 e 4 erano stati trattati con gli stessi erogatori utilizzati per la sperimentazione del 2017, agli stessi dosaggi. Per il controllo di *L. botrana* nelle tesi 1 (testimone) e 5 (standard), nel 2016 sono stati usati l'erogatore Shin-Etsu Chemical Isonet L e, all'occorrenza, l'insetticida clorantraniliprololo (Coragen). Per il controllo di *P. ficus* la tesi 1 non era stata trattata mentre per la tesi 5 era stato necessario intervenire con l'insetticida Movento 48 SC, a base di spirotetramat. I danni riscontrati su grappolo alla raccolta nel 2016, sono riportati nelle tabelle 1 (dati relativi all'infestazione di *L. botrana*) e 2 (dati relativi all'infestazione di *P. ficus*).

Tabella 1-Infestazione di *L. botrana* nel campionamento di pre-venemmia del 2016

Tesi	Trattamento	Dose	Grappoli infestati (%)	N° nidi/grappolo (n)
1	Isonet L	500 d/ha	6.7±7.8	0,07±0.09

	Coragen	0,15 L/ha		
2	Isonet L PFX246	400 d/ha	3.0±1.7	0.03±0.02
3	Isonet L PFX246	500 d/ha	2.8±2.0	0.03±0.02
4	Isonet L PFX246	600 d/ha	6.7±2.7	0.08±0.04
5	Isonet L Movento 48 SC Coragen	500 d/ha 2 L/ha 0,15 L/ha	5.2±2.8	0.05±0.03

Tabella 2-Infestazione di *P. ficus* al campionamento di pre-vendemmia del 2016

Tesi	Trattamento	Dose	Grappoli infestati (%)	Individui/grappolo (n)
1	Isonet L Coragen	500 d/ha 0,15 L/ha	38.7±7.7	4.7±3.0
2	Isonet L PFX246	400 d/ha	25.7±8.6	5.5±1.9
3	Isonet L PFX246	500 d/ha	34.0±8.5	8.5±12.2
4	Isonet L PFX246	600 d/ha	23.2±7.1	4.1±2.0
5	Isonet L Movento 48 SC Coragen	500 d/ha 2 L/ha 0,15 L/ha	40.7±18.3	11.5±6.6

I risultati ottenuti mostrano che non vi sono state differenze statisticamente significative tra le diverse tesi, con livelli di popolazione omogenei. Questo fatto rappresenta un buon punto di partenza per le prove di efficacia 2017, che sono l'oggetto della presente tesi.

Per quanto concerne invece i vigneti delle tesi M2, M3 ed M4, questi presentavano, negli anni precedenti, alte infestazione di *L. botrana*. I livelli di infestazione non possono essere, quindi, ritenuti omogenei all'interno delle parcelle.

Analisi statistica

Per valutare le differenze nei valori percentuali di grappoli infestati per i diversi trattamenti, sono stati utilizzati dei test non parametrici: in particolare sono stati usati test a comparazione multipla con livello di significatività del 5% come il test Kruskal-Wallis seguito dal test Wilcoxon per i dati derivati dalle prove degli erogatori LPFX246 sia per *L. botrana* che per *P. ficus* e per le prove relative ai diversi dosaggi delle centraline MisterMX841 si è utilizzato il test di Steel-Dwass. Questa scelta, relativa ai diversi test adottati, è dovuta alla scarsa omogeneità della varianza (Shapiro-Wilk test, $P < 0,05$). I dati statistici sono stati analizzati usando JMP® 10 (SAS Institute).

Risultati e discussione

Monitoraggio delle trappole

Il monitoraggio delle trappole (Tab.3) non è stato in grado di fornire indicazioni adeguate relative alle fasi di inizio dei voli delle diverse generazioni degli insetti target. Le trappole a feromoni usate, per tutta la durata del monitoraggio non hanno catturato individui, se non nella fase iniziale della sperimentazione, con vegetazione in fase di germogliamento o assente. Tutto ciò a conferma di quanto riportato da Ioriatti et al. (2012), sulla necessità di controlli visivi diretti in vigneto per il monitoraggio dei due insetti. Difatti la non cattura di individui maschi non corrisponde per forza ad una riduzione della popolazione e quindi non è una prova della reale efficacia della confusione.

Tabella 3- Numero di catture delle trappole a feromoni durante la sperimentazione

installazione e 21/03	Triangolino vicino 1 CBS 2002 Poggio Franco (Controllo)		1 CBS 2000 (9,94 ha) Le Mortelle. (L PFX)						9 CBS 2002 (12,91 ha) Poggio Franco Standard (L TT)		8 CBS 2001 (4,31 ha) Poggio Franco (M)	7 CBS 2001 (11 ha) Poggio Franco (M)		Sostituzione feromone
	Controllo		Tesi 2 (400 erogatori/ha)		Tesi 3 (500 erogatori/ha)		Tesi 4 (600 erogatori/ha)		Tesi 5		M2 (2 Mister/h a)	M3 (3 Mister/h a)	M4 (4 Mister/h a)	
Data	Lb	Pf	Lb	Pf	Lb	Pf	Lb	Pf	Lb	Pf	Lb	Lb	Lb	
27/03/2017	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	
03/04/2017	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10/04/2017	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
18/04/2017	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
21/04/2017	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Lb
02/05/2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
08/05/2017	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17/05/2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22/05/2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Lb
25/05/2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
05/06/2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12/06/2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19/06/2017	Monitoraggio Saltato													
26/06/2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Lb
04/07/2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10/07/2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17/07/2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
24/07/2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
31/07/2017	0	0	0	0	0	0	DNR	0	0	0	0	0	0	
07/08/2017	0	0	DNR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Lb, Pf
16/08/2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
21/08/2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
28/08/2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
04/09/2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Risultati prova Isonet LPFX246

Lobesia botrana

Dai dati ottenuti nelle prove con Isonet LPFX246 (Tab.4) risulta che in I generazione l'insetto è presente in tutte le tesi, come possiamo osservare dalla tabella, ma, i livelli di infestazione, sono ancora troppo ridotti per poter evidenziare differenze di efficacia tra i diversi trattamenti.

Tabella 4-Livelli di infestazione al campionamento G1 di *L. botrana* (Prova LPFX246)

Tesi N°	Trattamento	Infiorescenze infestate (%)		Nidi/per infiorescenza (n)	
		Media	d.s.	Media	d.s.
1	Testimone	1,60	1,26	0,02	0,02
2	Isonet L PFX 400d/ha	2,50	1,27	0,04	0,02
3	Isonet L PFX 500d/ha	1,60	0,84	0,02	0,01
4	Isonet L PFX 600d/ha	1,80	0,92	0,02	0,01
5	Standard	0,90	0,88	0,01	0,01

In particolare dall'elaborazione statistica dei dati, tramite il test di Wilcoxon, risulta che la percentuale di infiorescenze infestate da tignoletta non presenta differenze statisticamente significative tra le diverse prove, eccezion fatta per il confronto tra la tesi 2 (400 erogatori LPFX246/ha) e lo Standard ($Z=2,69768$, $p=0,0070$), e nel confronto tra la tesi 4 (600 erogatori LPFX246/ha) e lo Standard ($Z=1,98542$, $p=0,0471$).

Per quanto concerne la percentuale di nidi per infiorescenza, nuovamente non sono state rilevate differenze statisticamente significative tra le prove, se non nella tesi 2 nel confronto con il testimone ($Z= - 1,96798$, $p=0,0491$), con lo standard ($Z= 2,78160$, $p= 0,0054$) e con la tesi 3 ($Z= - 2,06220$, $p=0,0392$). Ad ogni modo come già riportato, i valori sono troppo ridotti per poter rilevare differenze vere e proprie di efficacia.

Successivamente, le condizioni climatiche sono state più favorevoli allo sviluppo di *L. botrana*, pertanto i dati di G2 (Tab.5) mostrano con maggior evidenza l'efficacia dei differenti trattamenti. Tutti mostrano un'infestazione simile tra loro ma inferiore rispetto alla tesi 1, cioè il testimone non trattato, come possiamo vedere dalla tabella.

Tabella 5-Livelli di infestazione al campionamento G2 di *L. botrana* (Prova LPFX246)

Tesi n°	Trattamento	Grappoli infestati (%)		Nidi / per grappolo (n)	
		Media	d.s.	Media	d.s.
1	Testimone	12,67	4,76	0,14	0,07
2	Isonet L PFX 400d/ha	3,33	4,23	0,04	0,05
3	Isonet L PFX 500d/ha	2,33	0,82	0,02	0,01
4	Isonet L PFX 600d/ha	1,67	1,37	0,02	0,01
5	Standard	3,83	0,75	0,04	0,01

In particolare si notano differenze statisticamente significative tra il testimone e la tesi 2 ($Z=2,41036$, $p=0,0159$), 3 ($Z=2,82706$, $p=0,0047$), 4 ($Z=2,81706$, $p=0,0048$) e nei confronti dello standard ($Z=2,82706$, $p=0,0047$). Le tesi 2, 3 e 4 non presentano differenze statisticamente significative nei rispettivi confronti, così come la tesi 2 nei confronti dello standard. Mentre abbiamo differenze statisticamente significative, seppur di ridotta importanza nelle comparazioni delle tesi 3 e 4 rispettivamente con la tesi Standard ($Z = -2,43052$, $p= 0,0151$; $Z= -2,55447$, $p=0,0106$). Situazione analoga nella comparazione delle percentuali di numero di nidi per grappolo per ogni trattamento.

In terza generazione (G3) (Tab. 6), le condizioni climatiche particolari dell'annata 2017, col raggiungimento di temperature massime e medie molto elevate, hanno ridotto considerevolmente le infestazioni di tignoletta in tutte le tesi. Ad ogni modo è comunque evidente l'efficacia delle tesi trattate con diversi dosaggi di Isonet LPFX246 e della tesi Standard rispetto al testimone non trattato. Seppur di lieve importanza, si rileva anche una differenza tra i diversi dosaggi di Isonet LPFX246 e la tesi Standard.

Tabella 6-Livelli di infestazione al campionamento G3 di *L. botrana* (Prova LPFX246)

Tesi n°	Trattamento	Grappoli infestati (%)		Nidi / per grappolo (n.)	
		Media	d.s	Media	d.s
1	Testimone	6,33	4,32	0,06	0,04
2	Isonet L PFX 400d/ha	0	0	0	0
3	Isonet L PFX 500d/ha	0,17	0,41	0	0
4	Isonet L PFX 600d/ha	0	0	0	0
5	Standard	2,83	1,72	0,02	0,2

In particolare, per quanto riguarda la percentuale di grappoli infestati, nei rispettivi confronti con il testimone, la tesi 2, 3 e 4 presentano differenze statisticamente significative ($Z=2,58914$, $p=0,0096$; $Z=2,39300$, $p=0,0167$; $Z=2,58914$, $p=0,0096$), così come nel confronto con lo standard ($Z=-2,59478$, $p=0,0095$; $Z=-2,39778$, $p=0,0165$; $Z=-2,59478$, $p=0,0095$). I tre diversi dosaggi non presentano tra loro differenze statisticamente significative così come non vi sono differenze statisticamente significative nel confronto tra il testimone e lo standard. Situazione analoga per quanto riguarda la percentuale del numero di nidi per grappolo.

Planococcus ficus

Al primo campionamento (VMB1, Tab.7) effettuato per il monitoraggio del planococco risulta che le tesi trattate con erogatore Isonet LPFX246 presentano livelli di infestazione ridotti sia nei confronti del testimone che della tesi Standard. Quest'ultima presentava, al campionamento intermedio, un livello di infestazione maggiore del testimone. Una delle motivazioni plausibili riguarda la vigoria della vegetazione. Il vigneto "Ponte Sinistro" utilizzato per la tesi 5 (Standard) è difatti ad alta vigoria, questo lo rende più attrattivo nei confronti del *P. ficus*.

Tabella 7-Livelli di infestazione al campionamento VMB1 di *P. ficus*

Tesi n°	Trattamento	Grappoli infestati (%)		Individui per grappolo (n.)	
		Media	d.s.	Media	d.s.
1	Testimone	7,33	2,5	0,19	0,23
2	Isonet L PFX 400d/ha	2,33	0,82	0,03	0,02
3	Isonet L PFX 500d/ha	2,50	1,76	0,03	0,02
4	Isonet L PFX 600d/ha	3,50	2,07	0,04	0,02
5	Standard	15,33	7,45	0,46	0,25

In particolare, dall'analisi statistica condotta con il metodo di Wilcoxon risulta che per quanto concerne la percentuale di grappoli infestati i tre dosaggi di Isonet LPFX presentano differenze statisticamente significative rispetto alla tesi 1, cioè il testimone (tesi 2: $Z=2,83211$, $p=0,0046$; tesi 3: $Z=2,75119$, $p=0,0059$; tesi 4: $Z=2,35928$, $p=0,0183$). Nei rispettivi confronti le tesi 2, 3 e 4 non presentano tra loro differenze statisticamente significative mentre tutte e tre le tesi le presentano nei confronti dello Standard (tesi 2: $Z=-2,83211$, $p=0,0046$; tesi 3: $Z=-2,82706$, $p=0,0047$; tesi 4: $Z=-2,81706$, $p=0,0048$). Il testimone presenta differenze

statisticamente significative nel confronto dello Standard ($Z= -2,09267$, $p= 0,0346$).

Allo stesso modo anche il numero di planococchi per grappolo infestato ha mostrato le stesse differenze. Difatti rispetto al controllo sia la tesi 2 ($Z= 2,82706$, $p=0,0047$) sia la tesi 3 ($Z=2,84740$, $p=0,0044$) che la tesi 4 ($Z=2,83211$, $p=0,0046$) presentano differenze statisticamente significative. Così come nei confronti dello Standard (tesi 2: $Z= -2,80715$, $p=0,0050$; tesi 3: $Z= -2,82706$, $p=0,0047$; tesi 4: $Z= -2,81209$, $p= 0,0049$). Infine, si notano differenze statisticamente significative anche tra il testimone e lo Standard ($Z= -2,01575$, $p= 0,0438$).

Al campionamento finale (VMB2, Tab.8) risulta evidente l'efficacia del trattamento con erogatore Isonet LPFX nel contenere le infestazioni di planococco. Si può notare anche un parziale effetto dose tra la tesi a 400 erogatori/ha, che risulterebbe meno performante, e le tesi a 500 e 600 erogatori/ha. La tesi Standard risulta quella maggiormente infestata, il lancio di agenti di controllo biologico, prima *Anagyrus* sp. near *pseudococci* e dopo *Cryptolaemus montrouzieri* non sono stati sufficienti per ridurre la percentuale di grappoli infestati, ma sembrerebbero esser stati efficienti nella riduzione del numero di individui per grappolo.

Tabella 8-Livelli di infestazione al campionamento VMB2 di *P. ficus*

Tesi n°	Trattamento	Grappoli infestati (%)		Individui per grappolo (n.)	
		Media	d.s.	Media	d.s
1	Testimone	39,67	9,4	4,85	2,25
2	Isonet L PFX 400d/ha	13,83	6,05	0,44	0,2
3	Isonet L PFX 500d/ha	5	2,28	0,16	0,15
4	Isonet L PFX 600d/ha	7,67	3,50	0,57	0,41
5	Standard	46,5	6,47	1,81	0,78

In particolare per quanto concerne la percentuale di grappoli infestati, rimangono evidenti le stesse differenze rilevate nel controllo precedente. Il testimone nei confronti della tesi 2 ($Z= 2,80715$, $p=0,0050$), tesi 3 ($Z= 2,82205$, $p=0,0048$) e tesi 4 ($Z= 2,80715$, $p= 0,0050$) presenta differenze statisticamente significative. Non vi sono differenze statisticamente significative nelle percentuali relative ai differenti dosaggi dell'erogatore LPFX246. Nuovamente si rilevano differenze

statisticamente significative tra i diversi dosaggi dell'erogatore e la prova Standard (tesi 2: $Z = -2,81209$, $p = 0,0049$; tesi 3: $Z = -2,82706$, $p = 0,0047$; tesi 4: $Z = -2,81209$, $p = 0,0049$). Il testimone presenta differenze statisticamente significative nei confronti dello standard ($Z = 2,51293$, $p = 0,0120$). Per quanto concerne il numero di planococchi per grappolo infestato, differenze significative si rilevano nei confronti tra il testimone e tutte le altre tesi (tesi 2: $Z = 2,80224$, $p = 0,0051$; tesi 3: $Z = 2,80715$, $p = 0,0050$; tesi 4: $Z = 2,80224$, $p = 0,0051$; Standard: $Z = 2,64211$, $p = 0,0082$). Abbiamo differenze significative anche nei diversi dosaggi dell'erogatore LPFX246 e lo Standard (tesi 2: $Z = -2,80224$, $p = 0,0051$; tesi 3: $Z = -2,80715$, $p = 0,0050$; tesi 4: $Z = -2,64211$, $p = 0,0082$), così come nel confronto della tesi 3 e la tesi 2 ($Z = -2,32593$, $p = 0,0200$).

Risultati prova Isonet L MisterMX841

Dai dati raccolti al primo campionamento G1 (Tab.9) delle prove Isonet L MisterMX841 per il controllo di *L. botrana* si osserva (tabella), come già accaduto nel campionamento in G1 per le prove Isonet LPFX246, la presenza della tignoletta in tutte le parcelle, ma a livelli di infestazione molto ridotti tale da non permettere di osservare differenze di efficacia tra i diversi trattamenti. Dall'analisi statistica dei dati tramite il metodo Steel-Dwass risulta che non vi siano differenze statisticamente significative tra i diversi trattamenti sia per quel che concerne la percentuale di infiorescenze infestate che per quel che riguarda il numero di nidi per infiorescenza.

Tabella 9-Livelli di infestazione al campionamento G1 di *L. botrana* (Prova MisterMX841)

Tesi n°	Trattamento	Infiorescenze infestati (%)		Nidi per infiorescenza (n.)	
		Media	d.s.	Media	d.s.
1	Testimone	1,60	1,26	0,02	0,02
M2	Isonet L MisterMX841 2d/ha	2,30	1,57	0,03	0,02
M3	Isonet L MisterMX841 3d/ha	2,60	1,65	0,03	0,02
M4	Isonet L MisterMX841 4d/ha	2,10	1,10	0,02	0,02
5	Standard	0,90	0,88	0,01	0,01

Dal campionamento G1 (dati non mostrati) è risultata una distribuzione piuttosto uniforme in tutte le parcelle.

In seguito, le condizioni climatiche favorevoli che si sono verificate nell'area maremmana hanno portato ad un incremento delle popolazioni di *L. botrana* in tutti gli appezzamenti, seppur con alcune differenze tra le diverse parcelle (Tab.10). La tesi più colpita sembra essere la M2 (2 centraline/ha) seppur con una variabilità molto alta, anche il testimone risulta infestato, mentre si è avuta una riduzione del danno sia nella tesi M3 (3 centraline/ha) che nella tesi M4 (4 centraline/ha) le quali hanno mostrato un'efficacia simile agli Isonet LTT (250 erogatori/ha) applicati nella parcella Standard.

Tabella 10-Livelli di infestazione al campionamento G2 di *L. botrana* (Prova MisterMX841)

Tesi n°	Trattamento	Grappoli infestati (%)		Nidi per grappolo (n.)	
		Media	d.s.	Media	d.s
1	Testimone	11,70	4,16	0,13	0,06
M2	Isonet L MisterMX841 2d/ha	13,20	10,98	0,15	0,13
M3	Isonet L MisterMX841 3d/ha	5,80	3,85	0,06	0,04
M4	Isonet L MisterMX841 4d/ha	2,20	1,87	0,02	0,02
5	Standard	4,10	1,66	0,04	0,02

In particolare, dal confronto non parametrico relativo alla percentuale di grappoli infestati risulta che il testimone (tesi 1) presenta differenze statisticamente significative nei confronti della tesi M4, ($Z=3,75600$, $p=0,0016$), della tesi M3 ($Z=2,87390$, $p=0,0331$) e dello Standard ($Z=3,53506$, $p=0,0037$). Non vi sono differenze statisticamente significative nel confronto tra la tesi M2 e le tesi 1, 5 (standard) e M3. Sono significative invece le differenze rilevate nel confronto tra la tesi M4 e la tesi M2 ($Z= -2,86946$, $p=0,0335$). Per quel che riguarda il numero di nidi/grappolo risulta che il testimone presenta differenze statisticamente significative nei confronti della tesi M4 ($Z=3,75600$, $p=0,0016$), M3 ($Z=2,98885$, $p=0,0234$) e dello Standard ($Z=3,60971$, $p=0,0028$). La tesi M4 a sua volta presenta differenze statisticamente significative nei rispettivi confronti con la tesi M2 ($Z= -2,86946$, $p=0,0335$) e M3 ($Z= -2,91334$, $p=0,0294$). I dati relativi alla tesi M2 risultano enormemente variabili (dato non mostrato) da sotto parcella a sotto parcella, questo ha reso le varianze di ognuna di esse poco omogenee e i dati soggetti ad alta variabilità. A seguito del superamento della soglia di tolleranza, la tesi M2 è stata trattata nella parte alta, quella con maggior livello di infestazione, con clorantraniliprololo (Coragen), mentre la parte bassa non è stata trattata. Per la

sperimentazione (dati G3) si è continuato ad osservare la parte non trattata della parcella.

In G3, come visto nella ricerca sugli erogatori Isonet LPFX246, le condizioni climatiche avverse alla tignoletta hanno ridimensionato le infestazioni nelle diverse parcelle in corrispondenza dello sviluppo della terza generazione di tignoletta. Come è possibile osservare in tabella 11, il testimone non trattato presenta il livello più alto di infestazione mentre tutte le altre tesi mostrano valori molto ridotti. Tutte le tesi trattate con le centraline Isonet L MisterMX841 hanno riportato valori simili al trattamento Standard con Isonet LTT. E' possibile evidenziare un effetto dose tra la tesi M4, più efficace, e la tesi M2 meno performante.

Tabella 11-Livelli di infestazione al campionamento G3 di *L. botrana* (Prova MisterMX841)

Tesi n°	Trattamento	Grappoli infestati (%)		Nidi per grappolo (n.)	
		Media	d.s.	Media	d.s.
1	Testimone	7,60	3,86	0,08	0,04
M2	Isonet L MisterMX841 2d/ha	3,40	1,65	0,04	0,02
M3	Isonet L MisterMX841 3d/ha	2,80	2,70	0,03	0,03
M4	Isonet L MisterMX841 4d/ha	1,00	1,41	0,01	0,01
5	Standard	2,20	2,39	0,02	0,02

In particolare si osserva dai confronti non parametrici dei dati relativi alla percentuale di grappoli infestati che la tesi 1 presenta differenze statisticamente significative nei confronti della tesi M4 ($Z=3,54592$, $p=0,0036$) e dello Standard ($Z=3,03893$, $p=0,0201$), e la tesi M4 presenta differenze statisticamente significative nel confronto con la tesi M2 ($Z= -2,82517$, $p=0,0380$). Situazione analoga anche per i dati relativi al numero di nidi/grappolo, infatti la tesi 1 presenta differenze statisticamente significative nei confronti delle M4 ($Z=3,54592$, $p=0,0036$) e Standard ($Z=3,03893$, $p=0,0201$), così come la tesi M4 nel confronto con la tesi M2 presenta differenze statisticamente significative ($Z= -2,96220$, $p=0,0254$).

Conclusioni

L'annata 2017 è stata caratterizzata da condizioni climatiche del tutto eccezionali. Le scarse piogge verificatesi durante tutta la stagione vegetativa ed le temperature sopra i valori medi hanno influenzato il ciclo della vite fine alla sua maturazione, non solo da un punto di vista produttivo ma anche sanitario. Il caldo secco ha ridotto il rischio di diffusione di malattie ed altre avversità nel vigneto. Gli stessi insetti dannosi hanno risentito dell'effetto del clima. Sia *L. botrana* che *P. ficus* si avvantaggiano di condizioni di umidità ed elevata vigoria delle piante, condizioni che non si sono verificate in un'annata come questa. Il caldo ha agito anche in maniera diretta ad esempio disseccando le uova di *L. botrana* (Fig.24), riducendone così la popolazione in terza generazione. Difatti, rispetto all'annata precedente, le infestazioni di *L. botrana* e di *P. ficus* sono state di minor intensità. I risultati ottenuti con l'erogatore LPFX246, al suo secondo anno di sperimentazione, permettono di fare alcune osservazioni. Nelle nostre condizioni di campo, tutte le prove con l'erogatore LPFX246 hanno mostrato una buona efficacia nel controllo di *L. botrana* anche nei confronti dello Standard, trattato con erogatori Isonet LTT. Non sono stati evidenziati particolari differenze tra i diversi dosaggi.

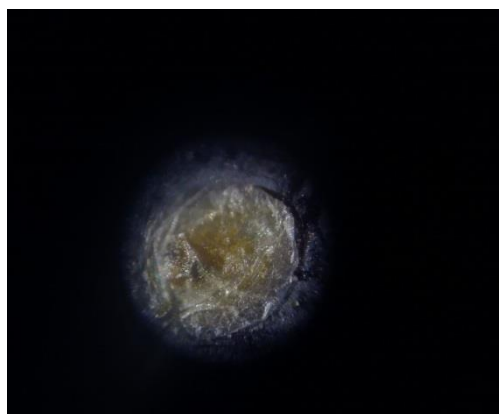


Figura 24- Uova di *L. botrana* su acino disidratata dalle elevate temperature (B. Bagnoli).

Anche nel controllo di *P. ficus* l'erogatore ha assicurato un'ottima efficacia. Un lieve effetto dose potrebbe essere rilevato, in condizioni di infestazioni maggiore del fitomizio, tra il dosaggio a 400 erogatori/ha e 500 erogatori/ha. Ad ogni modo l'infestazione dell'insetto è stata mantenuta sotto la soglia economica di tolleranza, nelle prove con erogatore LPFX246. Invece il controllo dell'emittero nella tesi 5 (Standard) tramite il lancio di agenti biologici, prima *Anagyrus* sp. near *pseudococci* e successivamente di *Cryptoleamus montrouzieri* è stato apprezzabile ma non sufficiente. Il lancio di parassitoidi e predatori ha permesso di ridurre la densità di popolazione, inteso come numero di planococchi per

grappolo infestato, ma non ha inciso sul numero di grappoli attaccati. E' presumibile che il lancio di agenti biologici debba essere ripetuto per più anni, per consentire risultati migliori. Inoltre è possibile che l'azione dei due antagonisti di *P. ficus* fosse ostacolata dalla forte presenza di formiche nel vigneto. Probabilmente, il ripetuto lancio negli anni dei due insetti antagonisti, e di conseguenza, il loro inserimento nel vigneto, porterà ad una riduzione delle infestazioni, ad oggi non completa.

Per quanto riguarda le prove relative all'utilizzo delle centraline elettromeccanizzate ad aerosol Isonet L MisterMX841, nelle nostre condizioni di campo, esse hanno fornito risultati interessanti. Eccezione fatta per il dosaggio a 2 centraline/ha (tesi M2), le altre parcelle a maggior dosaggio hanno permesso di mantenere la popolazione di tignoletta sotto controllo sia in G2 che in G3, dimostrando un'efficacia simile a quella della parcella Standard. Non è ancora possibile affermare che il dosaggio della tesi M2 non sia sufficiente per il controllo. Infatti essendo questo il primo anno di sperimentazione in questi vigneti, non si è potuto ovviamente partire da una situazione di distribuzione omogenea della popolazione di *L. botrana* lungo le diverse parcelle; inoltre, come accade in tutte le sperimentazioni di confusione sessuale, l'efficacia reale del trattamento può essere osservata solo su più anni dall'inizio del trattamento. Già dal prossimo anno si potranno ottenere informazioni più precise relative all'efficacia di queste centraline. Questa tipologia di erogatore porterebbe ad una riduzione dei tempi di installazione e, nel medio periodo, dei costi di applicazione della confusione sessuale in vigneto.

E' importante osservare che dei circa 38 ettari di vigneto inclusi nella sperimentazione (ad esclusione del testimone) solamente 2 ha hanno avuto la necessità di essere trattati con insetticida. Questo dato è importante per far capire quanto la confusione sessuale sia in grado, eventualmente affiancata dall'utilizzo di agenti biologici, di ridurre la necessità del controllo chimico nel vigneto, e di conseguenza, quanto sia il valore di tale tecnica nell'ottica dell'applicazione dell' IPM (Integrated Pest Management).

Proseguire la sperimentazione è fondamentale per disporre di informazioni sempre più precise per il controllo dei due insetti. In particolare, per i MisterMX841, sarà fondamentale ripetere la sperimentazione nell'annata 2018 partendo questa volta da una distribuzione sufficientemente omogenea delle

popolazioni di tignoletta nelle diverse parcelle. Inoltre, proseguire la sperimentazione è importante anche perché l'efficacia del trattamento, già evidente fin dai primi anni, aumenta con la ripetizione del trattamento. L'annata particolare ha sicuramente influenzato i livelli di infestazione dei due insetti target, a maggior ragione, sarà necessario proseguire la sperimentazione per verificare l'efficacia dei trattamenti in condizioni meno estreme di quelle che hanno caratterizzato l'annata 2017.

Ringraziamenti

Vorrei ringraziare in primis il Professor Lucchi per il sostegno, la fiducia e la pazienza avuta nei miei confronti durante questi anni universitari, sia durante il mio percorso triennale che magistrale. E un ringraziamento anche per avermi coinvolto in una sperimentazione così interessante e appassionante.

Ringrazio la mia famiglia per avermi sostenuto e avermi lasciato libero di intraprendere la mia strada, qualunque essa fosse.

Ringrazio i miei amici, quelli di sempre, quelli di facoltà e i santannini con cui ho condiviso in questi lunghi 5 anni esperienze ed avventure felici

Un sentito ringraziamento va a tutto il team del Prof. Lucchi, in particolare al Dott. Renato Ricciardi per l'aiuto, la compagnia e le lunghe conversazioni nei viaggi da Pisa a Grosseto per il monitoraggio delle trappole ; alla Dott.ssa Francesca Cosci e al Dott. Giovanni Benelli per l'aiuto nell'interpretazione dei dati statistici.

Ringrazio anche tutto il team della CBC Europe, nelle persone di Edith Ladurner, Gianni ,Francesco Savino, Andrea Iodice per il supporto e le spassose giornate di campionamento.

Vorrei ringraziare l'azienda Marchesi Antinori, per la splendida opportunità di poter lavorare per un tale marchio e la gentile ospitalità. In particolare ringrazio il Dott. Onofrio Viscione , la Dott.ssa Georgia Dimitriou e il Direttore Fabio Ratto. Un sincero ringraziamento anche a tutti i colleghi dell'azienda che mi hanno supportato durante questo periodo di stage.

Bibliografia

- Anfora, G., Tasin, M., Bäckman, A. C., Cristofaro, A., Witzgall, P., & Ioriatti, C. (2005).** *Attractiveness of year-old polyethylene Isonet sex pheromone dispensers for Lobesia botrana.* *Entomologia experimentalis et applicata*, 117(3), 201-207.
- Arn, H., Rauscher, S., Guerin, P., & Buser, H. R. (1988).** *Sex pheromone blends of three tortricid pests in European vineyards.* *Agriculture, ecosystems & environment*, 21(1-2), 111-117.
- Audemard, H. (1988).** *Confusion sexuelle avec des phéromones en Europe de l'Ouest.* *Agriculture, ecosystems & environment*, 21(1-2), 101-110.
- Bagnoli, B., Espadas, A.L., Serrano Palao, J., Garcia Perez, B.M., Puche Cascales, A., Pastor Juan, M., Ortega, M., Sambado, P., Lucchi, A. (2011).** *Performance of wine traps in monitoring adults of Lobesia botrana in mating disrupted vineyards in Spain.* *IOBC/WPRS Bulletin* 85:145–150
- Baldessari, M., Ioriatti, C., Angeli, G. (2013).** *Evaluation of Puffer® CM, a release device of pheromone to control codling moth on apple in Italy.* *IOBC/WPRS Bulletin* 91:199–204
- Ben-Dov, Y. (1994).** *A systematic catalogue of the mealybugs of the world (Insecta: Homoptera: Coccoidea: Pseudococcidae and Putoidea) with data on geographical distribution, host plants, biology and economic importance.* Intercept Limited.
- Bottura, M. (2011).** *Manuale di viticoltura.*
- Bovey, P. (1966).** *Super-famille des Tortricoidea.* *Entomologie appliquée à l'agriculture*, 2(1), 456-853
- Buser, H. R., Rauscher, S., & Arn, H. (1974).** *Sex pheromone of Lobesia botrana:(E, Z)-7, 9-dodecadienyl acetate in the female grape vine moth.* *Zeitschrift für Naturforschung C*, 29(11-12), 781-783.
- Campion, D. G. (1984).** *Survey of pheromone uses in pest control.* In *Techniques in pheromone research.* Springer New York 405-449.
- Cardé, R. T. (2007).** *Using pheromones to disrupt mating of moth pests. Perspectives in ecological theory and integrated pest management.* Cambridge University Press, Cambridge, 122-169.

Carlos, C., Gonçalves, F., Sousa, S., Nóbrega, M., Manso, J., Salvação, J., ... & Fernandes, D. (2014). *Success of mating disruption against the European grapevine moth, Lobesia botrana (Den. & Schiff): a whole farm case-study in the Douro Wine Region.* IOBC-WPRS Bulletin, 105, 93-102.

Caruso, S., Franceschelli, F., Iodice, A., & Ardizzoni, M. (2014). *Comparison of two methods to measure the mean release rate of Shin-Etsu products: Gas chromatography and residual weighing.* IOBC/WPRS Bulletin, 99, 39-44

Charmillot, P. J., & Bloesch, B. (1987). *La technique de confusion sexuelle: Un moyen spécifique de lutte contre le carpocapse *Cydia pomonella* L.* Rev. Suisse Vitic. Arboric. Hortic, 19, 129-138.

Charmillot, P. J., Schmid, A., & Neumann, U. (1987). *Lutte contre cochylis de la vigne, *Eupoecilia ambiguella* Hb., par la technique de confusion sexuelle.* Revue suisse de viticulture, arboriculture, horticulture.

Charmillot, P. J. (1992). *Mating disruption technique to control grape and wine moths; general considerations.* WPRS BULLETIN, 15, 113-113.

Cooper, M., Varela, L., Smith, R., Whitmer, D., Simmons, G., Lucchi, A., ... & Steinhauer, R. (2014). *Managing newly established pests: Growers, scientists and regulators collaborate on European grapevine moth program.* California Agriculture, 68(4), 125-133.

Cozzi, G., Pascale, M., Perrone, G., Visconti, A., & Logrieco, A. (2006). *Effect of *Lobesia botrana* damages on black aspergilli rot and ochratoxin A content in grapes.* International journal of food microbiology, 111, S88-S92.

Cravedi, P., & Mazzoni, E. (1994). *Verification of the relation between degree-days and pheromone trap catches of *Lobesia botrana* (Den. & Schiff.) (Lepidoptera Tortricidae).* Redia, 77, 109-122.

Daane, K. M., Almeida, R. P., Bell, V. A., Walker, J. T., Botton, M., Fallahzadeh, M., ... & Zaviezo, T. (2012). *Biology and management of mealybugs in vineyards.* In *Arthropod Management in Vineyards:* (pp. 271-307). Springer Netherlands.

- El-Sayed, A., Gödde, J., Witzgall, P., & Arn, H. (1999).** *Characterization of pheromone blend for grapevine moth, Lobesia botrana by using flight track recording.* Journal of Chemical Ecology, 25(2), 389-400.
- Feldhege, M., Louis, F., & Schmutterer, H. (1995).** *Untersuchungen über Falterabundanz des Bekreuzten Traubenwicklers Lobesia botrana Schiff. im Weinbau.* Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz, 68(4), 85-91.
- Feytaudt, J. (1917).** *A propos de l'attrance des sexes chez les microlépidoptères.* Procesverbaux de la Société Linnéenne, Bordeaux, pp. 1-4.
- Franco, J. C., Da Silva, E. B., Fortuna, T., Cortegano, E., Branco, M., Suma, P., ... & Levi-Zada, A. (2011).** *Vine mealybug sex pheromone increases citrus mealybug parasitism by Anagyrus sp. near pseudococci (Girault).* Biological Control, 58(3), 230-238.
- Gallardo, A., Ocete, R., Lopez, M. A., Maistrello, L., Ortega, F., Semedo, A., & Soria, F. J. (2009).** *Forecasting the flight activity of Lobesia botrana (Denis & Schiffermüller)(Lepidoptera, Tortricidae) in southwestern Spain.* Journal of applied entomology, 133(8), 626-632.
- Gonzalez, M. (2010).** *Lobesia botrana: polilla de la uva.* Rev. Enol, 2.
- Götz, B. (1941).** *Der sexualduftstoff als bekämpfungsmittel gegen die traubenwickler im Freiland.* Wein und Rebe, 23, 75-89.
- Howe, R. W. (1967).** *Temperature effects on embryonic development in insects.* Annual review of entomology, 12(1), 15-42.
- Ioriatti, C., & Vita, G. (1990).** *Resultats preliminaires d'Un essai de lutte par confusion sexuelle contre le vers de la grappe (L. botrana Schiff.) dans un vignoble du Trentine.* IOBC/wprs Bull, 13, 80-84.
- Ioriatti, C., Bagnoli, B., Lucchi, A., Veronelli, V. (2004).** *Vine moths control by mating disruption in Italy: Results and future prospects.* Redia 87: 117–128
- Ioriatti, C. Anfora, G. Tasin, M., Cristofaro, A. D., Witzgall, P., & Lucchi, A. (2011).** *Chemical ecology and management of Lobesia botrana (Lepidoptera: Tortricidae).* Journal of Economic Entomology, 104(4), 1125-1137 .

Ioriatti, C., Lucchi, A., & Varela, L. G. (2012). *Grape berry moths in western European vineyards and their recent movement into the New World.* In *Arthropod Management in Vineyards*: (pp. 339-359). Springer Netherlands.

Ioriatti, C., Lucchi, A., & Varela, L. G. (2012). *Grape berry moths in western European vineyards and their recent movement into the New World.* In *Arthropod Management in Vineyards*: (pp. 339-359). Springer Netherlands.

Ioriatti, C., & Lucchi, A. (2016). *Semiochemical strategies for tortricid moth control in apple orchards and vineyards in Italy.* *Journal of chemical ecology*, 42(7), 571-583.

Kast, W. K. (2001). *Twelve years of practical experience using mating disruption against *Eupoecilia ambiguella* and *Lobesia botrana* in vineyards of the Wuerttemberg region, Germany.* *IOBC wprs Bulletin*, 24(2), 71-74.

Langone, D. J. (2013). *Efficacy of pheromone mating disruption for vine mealybug control.* Doctoral dissertation

Louis, F., & Schirra, K. J. (1992). *Mating disruption of *Lobesia botrana* and side effects of pheromones on beneficial arthropods in vineyards of the 'Rheinpfalz'(Germany).* *Mating disruption of *Lobesia botrana* and side effects of pheromones on beneficial arthropods in vineyards of the 'Rheinpfalz'(Germany).*, 15(5).

Lucchi, A. (2014). *Note di entomologia viticola* (pp. 1-223). Pisa University Press.

Marchal, P. (1912). *Rapport sur les travaux accomplis par la mission d'étude de la *Cochylis* et de l'*Eudémis* pendant l'année 1911.*

Masante-Roca, I., Gadenne, C., & Anton, S. (2005). *Three-dimensional antennal lobe atlas of male and female moths, *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae) and glomerular representation of plant volatiles in females.* *Journal of Experimental Biology*, 208(6), 1147-1159.

Mgocheki, N., & Addison, P. (2009). *Interference of ants (Hymenoptera: Formicidae) with biological control of the vine mealybug *Planococcus ficus* (Signoret)(Hemiptera: Pseudococcidae).* *Biological Control*, 49(2), 180-185.

Miller, J. R., Gut, L. J., De Lane, F. M., & Stelinski, L. L. (2006). *Differentiation of Competitive vs. Non-competitive Mechanisms Mediating Disruption of Moth*

Sexual Communication by Point Sources of Sex Pheromone (Part I): Theory.
Journal of chemical ecology, 32(10), 2089.

Miller, J. R., McGhee, P. S., Siegert, P. Y., Adams, C. G., Huang, J., Grieshop, M. J., & Gut, L. J. (2010). *General principles of attraction and competitive attraction as revealed by large-cage studies of moths responding to sex pheromone.* Proceedings of the National Academy of Sciences, 107(1), 22-27.

Milonas, P. G., Savopoulou-Soultani, M., & Stavridis, D. G. (2001). *Day-degree models for predicting the generation time and flight activity of local populations of Lobesia botrana (Den. & Schiff.)(Lep., Tortricidae) in Greece.* Journal of Applied Entomology, 125(9-10), 515-518.

Moreau, J., Rahme, J., Benrey, B., & Thiéry, D. (2008). *Larval host plant origin modifies the adult oviposition preference of the female European grapevine moth Lobesia botrana.* Naturwissenschaften, 95(4), 317-324.

Moreau, J., Villemant, C., Benrey, B., & Thiéry, D. (2010). *Species diversity of larval parasitoids of the European grapevine moth (Lobesia botrana, Lepidoptera: Tortricidae): the influence of region and cultivar.* Biological control, 54(3), 300-306.

Neumann, U. (1987). *BASF trials programme on the mating disruption technique with sexual attractants: results obtained with the grape berry moth (Eupoecilia ambiguella).* Bulletin SROP (France).

Neumann, U. (1993). *How to achieve better results with the mating disruption technique.* Bulletin OILB SROP (France).

Pavan, F., Cargnus, E., Kiaeianmoosavi, S., Bigot, G., Tacoli, F., & Zandigiacomo, P. (2016). *Bunch-zone leaf removal of grapevines to prevent damage by Lobesia botrana and grey mould.* Bulletin of Insectology, 69(1), 107-115

Perez Marin, J. L. (1992). *Lutte contre Lobesia botrana de la vigne par la technique de confusion sexuelle en la Rioja (Espagne).* WPRS BULLETIN, 15, 19-19.

Razowski, J. (1995). *The catalogue of the species of Tortricidae (Lepidoptera): part IV: Palaearctic Olethreutinae Microcorsini, Bactrini, Endotheniini and Olethreutini.* Acta Zool Cracov 32:285–324.

Roehrich, R., Carles, J. P., & Tresor, C. (1977). *Essai preliminaire de protection du vignoble contre Lobesia botrana Schiff. au moyen de la pheromone sexuelle de synthese (methode de confusion).* Revue de zoologie agricole et de pathologie vegetale.

Roelofs, W., Kochansky, J., Carde, R., Arn, H., & Rauscher, S. (1973). *Sex attractant of the grape vine moth, Lobesia botrana.* Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft, 46(1/2), 71-73.

Sauer, A. E., & Karg, G. (1998). *Variables affecting pheromone concentration in vineyards treated for mating disruption of grape vine moth Lobesia botrana.* Journal of Chemical Ecology, 24(2), 289-302.

Schmidt, K., Hoppmann, D., Holst, H., & Berkelmann-Löhnertz, B. (2003). *Identifying weather-related covariates controlling grape berry moth dynamics.* EPPO Bulletin, 33(3), 517-524.

Schmitz V, Roehrich R, Stockel JP, (1995). *Etude du mécanisme de la confusion sexuelle chez l'Eudémis de la Vigne Lobesia botrana Den. et Schiff. Rôles respectifs de la compétition, du camouflage, de la piste odorante et de la modification du signal phéromonal.* Journal of Applied Entomology, 119: 131-138

Schmitz, V., Renou, M., Roehrich, R., Stockel, J., & Lecharpentier, P. (1997). *Disruption mechanisms of pheromone communication in the European grape moth Lobesia botrana Den & Schiff. III. Sensory adaptation and habituation.* Journal of Chemical Ecology, 23(1), 83-95.

Sharon, R., Zahavi, T., Soroker, V., & Harari, A. R. (2009). *The effect of grape vine cultivars on Lobesia botrana (Lepidoptera: Tortricidae) population levels.* Journal of pest science, 82(2), 187-193.

Stockel, J. P., Schmitz, V., Lecharpentier, P., Roehrich, R., Neumann, U., & Torres-Vila, M. (1992). *Three years experience in the control of the grape moth Lobesia botrana using mating disruption in a Bordeaux vineyard.* Three years experience in the control of the grape moth Lobesia botrana using mating disruption in a Bordeaux vineyard., 15(5), 117-120.

Tasin, M., Bäckman, A. C., Bengtsson, M., Ioriatti, C., & Witzgall, P. (2006). *Essential host plant cues in the grapevine moth.* Naturwissenschaften, 93(3), 141-144.

- Thacker, J. R. (2002).** *An introduction to arthropod pest control.* Cambridge University Press.
- Thiéry, D., Rétaud, P., Dumas-Lattaque, L., Féru, R., Xuéreb, A., & Bourriau, F. (2006).** *Trapping Lobesia botrana females with apple juice: a valuable tool to predict oviposition?.* IOBC WPRS BULLETIN, 29(11), 235.
- Torres-Vila, L. M., Stockel, J., & Rodríguez-Molina, M. C. (1997).** *Physiological factors regulating polyandry in Lobesia botrana (Lepidoptera: Tortricidae).* Physiological Entomology, 22(4), 387-393.
- Van Lenteren, J. C., Bale, J., Bigler, F., Hokkanen, H. M. T., & Loomans, A. J. M. (2006).** *Assessing risks of releasing exotic biological control agents of arthropod pests.* Annu. Rev. Entomol., 51, 609-634.
- Varela, L. G., R. J. Smith, M. L. Cooper, and R. W. Hoenisch.(2010).***European grapevine moth, Lobesia botrana, in Napa Valley Vineyards.* Pract. Winery Vineyard (March/April): 1.
- Varner, M., Lucin, R., Mattedi, L., & Forno, F. (2001).** *Experience with mating disruption technique to control grape berry moth, Lobesia botrana, in Trentino.* IOBC wprs Bulletin, 24(2), 81-88.
- Varner, M., Mattedi, L., & Lucchi, A. (2015).** *Per una gestione sostenibile del problema planococco.* Il Corriere Vinicolo, 18, 15-20.
- Vartholomaiou, A. N., Navrozidis, E. I., Payne, C. C., & Salpiggidis, G. A. (2008).** *Agronomic techniques to control Lobesia botrana.* Phytoparasitica, 36(3), 264-271.
- Vitagliano, S., G. Anfora, M. Tasin, G. S. Germinara, C. Ioriatti, G. Rotundo, & A. De Cristofaro. (2005).** *Electrophysiological and olfactory responses of Lobesia botrana (Den. et Schiff.) (Lepidoptera Tortricidae) to odours of host plant.* IOBC/wprs Bull. 28: 429.-435.
- Walton, V. M., & Pringle, K. L. (2005).** *Developmental biology of vine mealybug, Planococcus ficus (Signoret)(Homoptera: Pseudococcidae), and its parasitoid Coccidoxenoides perminutus (Timberlake)(Hymenoptera: Encyrtidae).* African entomology, 13(1), 143-147.

Walton, V. M., Daane, K. M., Bentley, W. J., Millar, J. G., Larsen, T. E., & Malakar-Kuenen, R. (2006). *Pheromone-based mating disruption of Planococcus ficus (Hemiptera: Pseudococcidae) in California vineyards.* Journal of economic entomology, 99(4), 1280-1290.

Weatherston, I. (1990). *Principles of design of controlled release formulations.* In R. L. Ridgway, R. M. Silverstein, and M. N. Inscoe (eds.), Behaviour-modifying chemicals for insect management applications of pheromones and other attractants. Marcel Dekker, New York pp. 93-112.

Witzgall, P., Kirsch, P., & Cork, A. (2010). *Sex pheromones and their impact on pest management.* Journal of chemical ecology, 36(1), 80-100.

Witzgall, P., Tasin, M., Buser, H. R., Wegner-Kiß, G., Mancebón, V. S. M., Ioriatti, C., ... & Francke, W. (2005). *New pheromone components of the grapevine moth Lobesia botrana.* Journal of chemical ecology, 31(12), 2923-2932.

Zangheri, S., Briolini, G., Cravedi, P., Duso, C., Molinari, F. & Pasqualini, E. (1992). *Lepidotteri dei fruttiferi e della vite*, ed. L'informatore Agrario (191 pag.)

