



DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E AMBIENTALI

CORSO DI LAUREA IN: SCIENZE E TECNOLOGIE AGRARIE

MONITORAGGIO DI *LOBESIA BOTRANA* (DENIS & SCHIFFR.) E VALUTAZIONE DELL' INFESTAZIONE IN FUNZIONE DELLA SUSCETTIBILITÀ VARIETALE IN UN VIGNETO DELLA COLLINA LITORANEA MARCHIGIANA

Monitoring of *Lobesia botrana* (Denis & Schiffr.) and infestation assessment according to varietal susceptibility in a Marche coastal hill vineyard.

TIPO TESI: sperimentale

Studente:
MARGHERITA CATTÒ

Relatore:
PROF.SSA PAOLA RIOLO

Correlatore:
DOTT. LORENZO CORSI

ANNO ACCADEMICO 2021-2022

SOMMARIO

| | |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| ELENCO DELLE FIGURE | 5 |
| ELENCO DELLE TABELLE..... | 7 |
| ACRONIMI E ABBREVIAZIONI..... | 8 |
| 1. INTRODUZIONE..... | 9 |
| 1.1 <i>Lobesia botrana</i> (Denis e Schiffr.) | 9 |
| 1.2 Distribuzione geografica..... | 10 |
| 1.3 Piante ospiti..... | 11 |
| 1.4 Descrizione morfologica..... | 13 |
| 1.4.1 Uovo | 13 |
| 1.4.2 Larva | 14 |
| 1.4.3 Crisalide..... | 15 |
| 1.4.4 Adulto | 16 |
| 1.5 Biologia ed ecologia | 18 |
| 1.5.1 Ciclo biologico..... | 18 |
| 1.5.2 Condizioni abiotiche per lo sviluppo | 22 |
| 1.5.3 Comportamento riproduttivo | 22 |
| 1.5.3.1 Feromone sessuale..... | 23 |
| 1.5.4 Ovideposizione | 26 |
| 1.5.4.1 Fattori che influenzano l’ovideposizione..... | 26 |
| 1.5.5 Suscettibilità varietale..... | 29 |
| 1.5.5.1 Fattori che influenzano la suscettibilita’ varietale | 30 |
| 1.6 Fenologia (Monitoraggio con trappole a feromone sessuale)..... | 32 |
| 1.6.1 Fenologia della popolazione..... | 34 |
| 1.7 Danni e importanza economica..... | 35 |
| 1.8 Strategie di controllo a basso impatto ambientale | 38 |
| 1.8.1 Mezzi chimici | 40 |
| 1.8.2 Mezzi biologici: nemici naturali..... | 41 |
| 1.8.3 Mezzi microbiologici..... | 43 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.8.4 Confusione sessuale..... | 45 |
| 2. SCOPO DELLA RICERCA..... | 48 |
| 3. MATERIALI E METODI..... | 49 |
| 3.1 Disegno sperimentale | 49 |
| 3.2 Monitoraggio degli adulti | 50 |
| 3.3 Valutazione dell'indice di infestazione e della severità di infestazione | 52 |
| 3.4 Analisi statistica..... | 53 |
| 4. RISULTATI..... | 55 |
| 4.1 Analisi monitoraggio degli adulti | 55 |
| 4.1.1 Confronto delle catture giornaliere dei maschi adulti nelle cultivar | 57 |
| 4.2 Valutazione dell'indice di infestazione e della severità di infestazione in funzione della suscettibilità varietale..... | 59 |
| 4.2.1 Confronto dell'abbondanza di grappoli e infiorescenze nelle due cultivar.. | |
| 4.2.2 Valutazione dell' indice medio di infestazione e della severità di infestazione nelle due cultivar | 59 |
| 5. CONCLUSIONI | 63 |
| BIBLIOGRAFIA | 65 |
| SITOGRAFIA | 79 |
| RINGRAZIAMENTI | 80 |

ELENCO DELLE FIGURE

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1- <i>Pianta di Daphne gnidium con larva di Lobesia botrana (foto di: A. Lucchi, 2011)</i> | 12 |
| Figura 2- <i>Pianta con Daphne gnidium con attacchi (foto di: A. Lucchi, 2011)</i> | 12 |
| Figura 3- <i>Uovo di Lobesia botrana (fonte: CABI)</i> | 14 |
| Figura 4- <i>Larva di Lobesia botrana su acino di Vitis vinifera (fonte: Lepiforum)</i> | 15 |
| Figura 5- <i>Pupa di Lobesia botrana (fonte: Lepiforum)</i> | 16 |
| Figura 6- <i>Crisalide di Lobesia botrana (fonte: Lepiforum)</i> | 16 |
| Figura 7- <i>Adulto di Lobesia botrana (fonte: Lepiforum)</i> | 17 |
| Figura 8- <i>Maschio di Lobesia botrana (fonte: Lepiforum)</i> | 17 |
| Figura 9- <i>Nido o glomerulo evidenziato dalla freccia su infiorescenza di vite (fonte: CABI)</i> | 20 |
| Figura 10- <i>Danno larvale (fonte: CABI)</i> | 21 |
| Figura 11- <i>larva in procinto di alimentarsi (fonte: CABI)</i> | 21 |
| Figura 12- <i>Grappolo affetto da Botrytis cinerea (fonte: CABI)</i> | 36 |
| Figura 13- <i>esemplare di Campoplex capitator</i> | 42 |
| Figura 14- <i>vigneto presso cui si è svolta la sperimentazione, comune di Loreto</i> | 49 |
| Figura 15- <i>rappresentazione della forma di allevamento e sesto d'impianto</i> | 50 |
| Figura 16- <i>trappola TRAPTEST Isagro® utilizzata per lo svolgimento della prova: (a) visione frontale; (b) visione laterale</i> | 51 |
| Figura 17- <i>controllo catture</i> | 52 |
| Figura 18- <i>Andamento stagionale complessivo del numero medio di maschi catturati nel 2021</i> | 55 |

Figura 19- *Andamento stagionale complessivo dei dati meteorologici a Loreto, provincia di Ancona (Italia) nel 2021: le barre indicano la somma complessiva delle precipitazioni medie giornaliere in mm; la linea in grassetto rappresenta il valore medio giornaliero della temperatura; la linea grigia rappresenta il valore medio giornaliero di 'umidità relativa. Fonte: SIRMIP online 56*

Figura 20- *Distribuzione del numero medio di maschi di Lobesia. botrana nelle due trappole a feromoni per ciascuna cultivar. Ogni punto rappresenta la media di due trappole. I box plots indicano la mediana (linea continua). Le linee tratteggiate rappresentano la coppia di campioni (ossia i due valori medi per data di monitoraggio) utilizzati nell'analisi dei dati accoppiati 58*

Figura 21- *Media delle catture settimanali nelle due cultivar 58*

ELENCO DELLE TABELLE

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabella 1: <i>Classificazione di Lobesia botrana</i> | 10 |
| Tabella 2: <i>Numero di infiorescenze e di grappoli infestati sul totale dei campionati, per ogni data di campionamento (I° campionamento, giugno; II° campionamento, luglio; III° campionamento, settembre) e cultivar</i> | 60 |
| Tabella 3: <i>Statistiche campionarie [coefficiente di correlazione per ranghi di Spearman (r_s) e p-value] della correlazione per ranghi di Spearman tra l'abbondanza di infiorescenze per pianta e l'indice di infestazione e l'indice di severità di infestazione per pianta della prima generazione (I° data di campionamenti, giugno), e l'abbondanza di grappoli per pianta e l'indice di infestazione e l'indice di severità di infestazione per pianta della seconda generazione (II° data di campionamento, luglio) e della terza generazione (III° data di campionamento, settembre)</i> | 61 |
| Tabella 4: <i>Indice medio di infestazione (%) \pm SE (errore standard) della prima generazione (I° campionamento, giugno), seconda generazione (II° campionamento, luglio) e terza generazione (III° campionamento, settembre) e media dei nidi (%) \pm SE della prima generazione (I° campionamento, giugno) e media degli acini infestati (%) della seconda generazione (II° campionamento, luglio) e terza generazione (III° campionamento, settembre) sulle due cultivar</i> | 62 |

ACRONIMI E ABBREVIAZIONI

| | | |
|---------|---------|----------------------------------------------------------|
| SIGLA 1 | EGVM: | “European Grapevine Moth” |
| SIGLA 2 | AT: | “Soglia di azione” |
| SIGLA 3 | EIL: | “Livello di danno economico” |
| SIGLA 4 | EFSA: | “Agenzia Europea per la Sicurezza Alimentare” |
| SIGLA 5 | BTK: | “ <i>Bacillus thuringiensis subsp. Kurstaki</i> ” |
| SIGLA 6 | EPF: | “Funghi Entomopatogeni” |
| SIGLA 7 | IPM: | “Gestione integrata dei parassiti” |
| SIGLA 8 | SIRMIP: | “Sistema informativo regionale Meteo-Idro-Pluviometrico” |
| SIGLA 9 | RNVV: | “Registro Nazionale delle varietà di vite” |

1. INTRODUZIONE

1.1 *Lobesia botrana* (Denis e Schiffermüller)

Lobesia botrana (Denis e Schiffermüller, 1775) (*Lepidoptera: Tortricidae*) rappresenta il fitofago più dannoso per gli agrosistemi viticoli in tutta la regione paleartica.

Nonostante la sua polifagia le perdite economiche si sviluppano principalmente ad opera della specie su vite (*Vitis vinifera*) (Thiéry e Moreau, 2005): assieme al danno diretto, rappresentato dai fori di penetrazione prodotti dagli stadi larvali sugli acini d'uva, si affianca un danno indiretto, rappresentato dalla costituzione di un ambiente consono alla proliferazione di batteri e funghi come la muffa grigia, *Botrytis cinerea* (Savopoulou-Soultani e Tzanakakis, 1988). *L. botrana* appartiene alla famiglia dei *Tortricidae*, uno dei più famosi raggruppamenti di lepidotteri comprendenti diversi fitofagi che assumono rilevanza economica a causa del loro impatto agronomico, sia a livello agrario che forestale. Questa famiglia comprende 1071 generi a cui appartengono circa 10400 specie riunite nelle sottofamiglie *Tortricinae*, *Sparganothinae* e *Olethreutinae*.

Il termine “Tortricide” deriverebbe da “torcere” per la costumanza delle larve di legare fra loro foglie adiacenti o lembi fogliari, utilizzando fili sericei prodotti dalle ghiandole sericipare.

| | |
|------------|-------------------------------------------------------|
| CLASSE | Insetti (<i>Insecta</i>) |
| ORDINE | Lepidotteri (<i>Lepidoptera</i>) |
| SOTTORDINE | Glossata (<i>Glossata</i>) |
| FAMIGLIA | Tortricidi (<i>Tortricidae</i>) |
| GENERE | <i>Lobesia</i> |
| SPECIE | <i>Lobesia botrana</i> (Denis & Schiffermüller, 1775) |

Tabella 1- Classificazione di *Lobesia botrana*

1.2 Distribuzione geografica

L. botrana è considerata il parassita più distruttivo della vite da tavola e da vino in tutta la regione paleartica, dove è oramai diffuso in tutte le aree viticole (Ioriatti *et al.*, 2012; Ioriatti *et al.*, 2011; Roehrich e Boller, 1991; Gabel e Roehrich, 1995; Vassiliou *et al.*, 2011). Il centro di origine di *L. botrana* è stato identificato essere il bacino del Mediterraneo, dove la maggior parte delle sue piante ospiti sono autoctone (Stoeva, 1982; Maher e Thiéry, 2006). Il parassita è considerato endemico in tutte le regioni viticole d'Europa, essendo il principale parassita dell'uva nella regione del Mar Mediterraneo (Thiery e Moreau, 2005): è infatti diffuso in tutta l'Europa meridionale, in Africa settentrionale e occidentale e in Medio Oriente. Nel 2009, *L. botrana* è stata segnalata anche in Giappone, Cile e Stati Uniti d'America, indicando la sua espansione anche nelle nuove regioni produttrici americane (Hickel, 1996).

Venne indentificata per la prima volta da Denis e Schiffermüller nel 1775 a Vienna; in Europa le prime segnalazioni della presenza del fitofago sono avvenute a partire dalla fine dell'XIX secolo.

Nelle regioni settentrionali dell'Europa, *L. botrana* non causa danni significativi alle colture, mentre diventa economicamente importante nelle regioni meridionali, a causa del maggior numero di generazioni e delle temperature più elevate. Questa specie di falena ha normalmente due generazioni all'anno nell'Europa centrale (Germania, Svizzera, Francia centrale) e tre o quattro generazioni nell'Europa meridionale (Francia meridionale, Italia meridionale, Spagna, Portogallo, Grecia) (Bovey, 1966; Coscollá, 1997; Pavan *et al.*, 2006).

Il parassita può essere associabile agli habitat classificati come macchia montana, macchia mediterranea, latifoglie temperate e foresta mista (Varela, 2010).

In Italia la presenza di *L. botrana* è stata valutata per la prima volta nel 1873. Attualmente è diffusa in tutta la penisola, prediligendo ambienti caratterizzati da clima tipicamente mediterraneo. In generale, si rinvencono infestazioni di maggiore intensità in zone pianeggianti caratterizzate da scarsa ventosità (Barbieri *et al.*, 1996). *L. botrana* compie generalmente due o tre generazioni nelle aree centro-settentrionali e quattro in quelle meridionali, in relazione alle diverse condizioni microclimatiche e alle annate (Colombera *et al.*, 2001; Delrio *et al.*, 1987; Zangheri *et al.*, 1987; Zangheri e Dalla Montà, 1989; Pavan *et al.*, 2006).

1.3 Piante ospiti

Lobesia botrana è un insetto polifago, quindi capace di alimentarsi e riprodursi a carico di diverse piante spontanee e coltivate dell'ambiente mediterraneo.

La polifagia, per gli insetti, non è una caratteristica esclusivamente legata alla pianta ospite come risorsa nutrizionale, ma è interpretata come un vero fattore di vita. Questo veicola la scelta dell'ospite, il quale dovrà soddisfare dei requisiti come, ad esempio, la presenza di determinate condizioni chimiche, fisiche unite ad una serie di caratteristiche che permettono la conservazione e l'evoluzione della specie. Pertanto gli insetti non possono permettersi di essere molto selettivi, soprattutto in mancanza di risorse vegetali adatte. Un insetto tende a preferire un ambiente meno "appetibile" ma sicuro, rispetto ad uno qualitativamente migliore ma sporadico nello spazio (Bernays e Graham, 1988). Spesso le femmine di *L. botrana*, quando incontrano delle piante ospite che possiedono delle ottime proprietà per la vita e lo sviluppo della prole, ma queste sono poco distribuite nell'ambiente, hanno la tendenza ad ampliare l'areale di specie vegetali adatte all'ovideposizione. *L. botrana* viene generalmente associata alla vite, data la sua identificazione come principale fitofago della stessa (Roehrich e Boller, 1991). Originariamente la specie ancestrale dal lepidottero era *Daphne gnidium* (*Thymelaceae*) (Lucchi e Santini, 2011), un arbusto sempreverde che cresce comunemente selvatico in Europa meridionale unito ad altre specie selvatiche. Il fatto che i vigneti si siano così largamente diffusi e presentino una vasta moltitudine di varietà ha permesso la sopravvivenza e propagazione del lepidottero sebbene fossero presenti piante ospite che permettessero prestazioni riproduttive migliori, come *D. gnidium* (Thiéry e Moreau, 2005) (Figura 1 e figura 2).



Figura 1- *Pianta di Daphne gnidium con larva di Lobesia botrana (foto di: A. Lucchi, 2011)*



Figura 2- *Pianta con Daphne gnidium con attacchi (foto di: A. Lucchi, 2011)*

Lo spostamento di *L. botrana* da specie selvatiche a vite è giustificabile attraverso l'ipotesi che assume la domesticazione di *Vitis vinifera*: la disposizione di un crescente numero di vigneti, ha rappresentato per l'insetto, una dispensa continua, abbondante e prevedibile di frutti ed una pianta con un ciclo fenologico che soddisfa le necessità delle generazioni del lepidottero. In particolar caso *D. gnidium*, come ogni ospite alternativo, è meno affidabile perché non possiede queste medesime proprietà, dato che, in ampi areali, ci sono pochi esemplari ed ognuno di essi può essere popolato da un limitato numero di individui (Maher e Thiéry, 2006). Tuttavia, piante ospite alternative determinano prestazioni riproduttive migliori rispetto alle *Vitaceae*: la mortalità larvale e tempi di sviluppo sembrerebbero ridotti mentre longevità, fecondità femminile e tasso di crescita aumenterebbero. Questo rappresenta un vantaggio significativo per le falene, permettendogli di sfruttare la diversità vegetale (Thiéry e Moreau, 2005). Quindi la tignoletta della vite, nel tempo si è mantenuta polifaga e, dopo la vite, le specie più rappresentative come piante ospite "secondarie" sono: *Apiaceae*, *Asteraceae*, *Compositae*, *Convolvulaceae*, *Oleaceae*, *Polygonaceae*, *Ranunculaceae*, *Roseaceae*, *Umbrelliferae* e *Vitaceae* (Savopoulou-Soultani *et al.*, 1990; Stavridis e Savopoulou-Soultani, 1998; Venette *et al.*, 2003).

Le larve attaccano abitualmente le infiorescenze di olivo (*Olea europaea*), nettarine (*Prunus persica*), ciliegia (*Prunus avium*), cachi (*Diospyros kaki*, *D. virginiana*), melograno (*Punica granatum*) e la famiglia delle *Actinidiaceae* (Anfora *et al.*, 2007; Savopoulou-Soultani *et al.*, 1990; Savopoulou-Soultani *et al.*, 1999).

La tignoletta della vite manifesta un'attitudine insolita dato che tende ad alimentarsi sfruttando molte famiglie botaniche diverse (circa 30) (Thiéry e Moreau, 2005), ma servendosi di poche specie selezionate all'interno della stessa famiglia (Gabel *et al.*, 1992).

1.4 Descrizione morfologica

1.4.1 Uovo

L'uovo di *L. botrana* è ellittico, leggermente convesso e appena ovideposto si presenta traslucido con una colorazione che raggiunge presto i toni del bianco-crema. Misura approssimativamente dai 0,65-0,90 mm in lunghezza e 0,60-0,62 mm di larghezza. Durante lo sviluppo dell'embrione, che attraversa cinque fasi, si percepisce un cambio di

colorazione, la quale passa dall'essere bianca a gialla; in aggiunta a ciò si può evincere che la convessità tende ad acutizzarsi con lo sviluppo sebbene i margini restino paralleli ed aderenti al substrato (Figura 3).

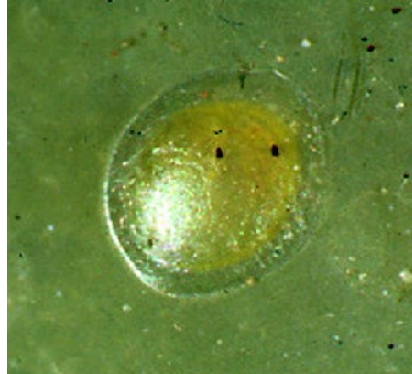


Figura 3- Uovo di *Lobesia botrana*
(fonte: CABI)

Con il raggiungimento della maturità, il corion assume un assetto sempre più trasparente che consente di configurare lo stadio “testa nera” (Venette *et al.*, 2003; Anfora *et al.*, 2007; Silva-Moreno e Tapia, 2020).

1.4.2 Larva

Lo sviluppo postembrionale di *L. botrana* dura dai venti ed i ventotto giorni e si articola in cinque età larvali che consentono al lepidottero di raggiungere le condizioni dimensionali e metaboliche atte alla trasformazione in adulto. La larva di prima età misura dai 0,9-1,0 mm è di colore bianco giallastro con la capsula cefalica scura.

Alla fine del processo di crescita gli individui arriveranno ad avere una lunghezza compresa tra i 10 ed 11 mm ed una larghezza massima di 1,7mm. Il colore dei tegumenti subirà un imbrunimento, mantenendo un minimo di traslucidità, diventando marrone-grigio pallido, o a volte, verde giallognolo, con il noto ed il capo marroni (figura 4).

La colorazione tende ad essere influenzata dal tipo di substrato alimentare ed anche dal contenuto intestinale.

Sul capo sono inserite, in una depressione, antenne corte e retratte e nella zona ocellare è presente una corta macchia più scura. Questa è una caratteristica che differenzia *L. botrana* dagli altri Tortricidi (Venette *et al.*, 2003; Anfora *et al.*, 2007; Silva-Moreno e Tapia, 2020).



Figura 4- Larva di *Lobesia botrana* su acino di *Vitis vinifera* (fonte: Lepiforum)

1.4.3 Crisalide

Come in tutti i *Tortricoida*, la crisalide di *L. botrana* è di tipo obtecto. Ha una forma allungata, esile nella parte caudale ed arrotondata nella parte frontale (figura 5 e 6); misura 5-6 mm in lunghezza e 1,6-1,7 mm in larghezza.

Figura 5- *Pupa di Lobesia botrana* (fonte: *Lepiforum*)



Figura 6- *Crisalide di Lobesia botrana* (fonte: *Lepiforum*)



La colorazione iniziale si presenta sui toni del marrone-verde per deviare successivamente sulla tonalità del marrone. La parte dorsale ha con una colorazione più scura, rispetto alla ventrale, e dal secondo al terzo segmento sono presenti delle piccole spine.

Nei due sessi si evidenziano differenze per quanto riguarda la dimensione: le femmine hanno pupe più grandi di quelle dei maschi, e nel numero dei segmenti addominali (Venette *et al.*, 2003; Anfora *et al.*, 2007; Silva-Moreno e Tapia, 2020).

1.4.4 Adulto

Gli stadi adulti presentano una lunghezza pari a 6-7 mm ed hanno un'apertura alare che si estende tra i 11-13 mm. Sono provvisti di due paia di ali: quelle anteriori presentano un

disegno, visibile quando gli organi di volo sono riposti dorsalmente in posizione di riposo. La raffigurazione è costituita da bande trasversali che generano un effetto marmorizzato e la distribuzione prevede: bande bruno-giallastre nella parte anteriore, bande più scure al centro che si restringono lungo i margini, il tutto su una base grigia chiara (Figura 7). Il paio posteriore nei maschi è grigio-biancastro, tendente al marrone nella parte distale, mentre nel sesso femminile, l'ala posteriore è totalmente marrone.



Figura 7- *Adulto di Lobesia botrana* (fonte: *Lepiforum*)

All'interno della specie non si perpetua dimorfismo sessuale a livello della conformazione addominale: il sesso maschile ha un ventre più esile ed affusolato, conformato a punta (Figura 8), mentre nelle femmine l'addome è più rotondeggiante con una cavità in corrispondenza dell'ovopositore (Venette *et al.*, 2003; Anfora *et al.*, 2007; Silva-Moreno e Tapia, 2020).



Figura 8- *Maschio di Lobesia botrana* (fonte: *Lepiforum*)

1.5. Biologia ed ecologia

1.5.1 Ciclo biologico

La tignoletta della vite europea è una specie polivoltina il cui sviluppo è fortemente stabilito dalle condizioni ambientali, dalla cultivar e dalle coordinate geografiche; l'interazione dei precedenti fattori e la loro progressiva fluttuazione determinano una notevole variabilità nella manifestazione del ciclo dell'insetto.

Nella maggior parte delle aree viticole, *L. botrana* presenta tre voli, compiendo tre generazioni annue. Per molte zone dell'areale mediterraneo invece pare certo lo svolgersi anche di un quarto volo e di una quarta generazione completa (Marchesini e Montà, 2004). *Lobesia botrana* sverna come crisalide in diapausa, un arresto spontaneo delle attività metaboliche, la quale è indotta dal fotoperiodismo breve. Verso la seconda metà del mese di aprile e nella prima decade del mese di maggio, avviene lo sfarfallamento scalare degli individui che hanno raggiunto il completamento dello sviluppo; i maschi hanno la tendenza a sfarfallare una settimana prima delle femmine (Valera *et al.*, 2010).

Gli individui metamorfosati, la cui vita media risale ad una decina di giorni, sono glicifagi e nutrendosi di essudati zuccherini conducono cicli con attitudine prevalentemente crepuscolare: tutte le loro attività principali (nutrizione, accoppiamento, ovideposizione) iniziano al tramonto del sole (quando l'intensità luminosa è pari a 60-80 lux) e terminano poco prima della notte. Le attività, generalmente di minore importanza, si svolgono all'alba, per cessare verso le prime ore del mattino (Anfora *et al.*, 2007).

La dieta degli adulti è costituita da soluzioni acquose arricchite di zuccheri diversi, in particolar modo dalla rugiada e dal nettare prodotto dalla flora spontanea. Quest'ultimo garantisce agli adulti di soddisfare perfettamente le esigenze trofiche, in quanto ricco di zuccheri diversi, destrine, sostanze azotate e fosforate. L'acqua è indispensabile per il loro sostentamento della specie; diversamente l'integrazione di sostanze peptiche e glucidiche ha una forte importanza nel sesso femminile poiché è fisiologicamente connessa alla maturazione delle uova.

In buone condizioni trofiche ed ecologiche, la femmina si accoppia a circa 24 ore dallo sfarfallamento (Bovey, 1966; Ioriatti *et al.*, 2011).

L'accoppiamento avviene direttamente sulla pianta e la sua durata varia da pochi minuti a circa due ore (Marchal, 1912). I maschi si accoppiano diverse volte, fino ad un massimo di otto, con femmine diverse. Nel momento in cui sfarfallano, le femmine di qualsiasi generazione dell'anno hanno già gli ovari con uova in procinto di maturare.

L'ovideposizione inizia dopo tre giorni circa dall'accoppiamento (Bovey, 1966; Tremblay, 1986; Ioriatti *et al.*, 2011). In questo momento la femmina manifesta un comportamento caratteristico: si sposta da una pianta vicina all'altra per qualche secondo con un volo piuttosto breve ed a zig zag. Infine, dopo aver esaminato la superficie di ovideposizione, la percorre facendo vibrare le ali e, guidata da stimoli fisici, tasta la superficie con le papille anali e infine ovidepone l'uovo. La deposizione avviene maggiormente su ipsofilli o bottoni floreali e sugli acini: questi presentando superfici lisce, garantiscono l'adesione necessaria dell'uovo al substrato (Valera *et al.*, 2010). Infatti, lo stimolo all'ovideposizione sembra guidato essenzialmente dal tatto: la femmina esplora la superficie e solo se questa è liscia e pulita vi depone (Maher e Thiéry, 2004); la presenza di polvere inerte o di rugosità varie sul substrato limitano il rilascio dell'uovo (Marchal, 1912).

Durante la prima generazione, le femmine arrivano in totale a deporre dalle 40 alle 80 uova. Le giovani larve schiudono dopo un periodo di incubazione di circa 6 giorni. Dopo un primo periodo di "vagabondaggio" definito anche "stadio erratico" di circa 24 ore, la larva neonata va alla ricerca di un luogo adatto per l'insediamento, cominciando la perforazione del bottone floreale.

Le larve di prima generazione vivono infatti a spese degli organi floreali della pianta ospite; col progredire dello sviluppo larvale altri primordi floreali, prossimi al primo attaccato, vengono erosi ed avvolti da fili sericei andando a costituire dei nidi o glomeruli sericei, costituiti in genere da 6-8 bottoni floreali adiacenti ciascuno. Questi nidi fungono da riparo nei confronti delle condizioni ambientali avverse e/o predatori naturali delle giovani larve (figura 9). Il procedere dell'attività erosiva consente di far aumentare le dimensioni del nido. Le larve producono usualmente da uno a tre glomeruli durante il loro sviluppo.

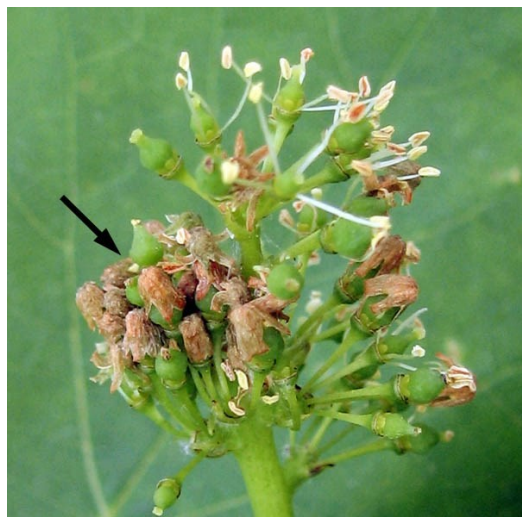


Figura 9- *Nido o glomerulo evidenziato dalla freccia su infiorescenza di vite (fonte: CABI)*

La maturità è raggiunta dopo cinque stadi larvali, i quali vengono attraversati in circa 30-40 giorni dalla nascita. Pervenuta l'ultima fase, la larva dell'ultima età si impupa in una pupa obteca, posizionandosi nei nidi, nei lobi fogliari ripiegati, sotto la corteccia, o nelle fessure del suolo; i nuovi adulti usciranno dopo circa 10-14 giorni (Anfora *et al.*, 2007; Valera *et al.*, 2010).

La seconda generazione popola il vigneto tra la prima decade del mese di giugno e la seconda del mese di luglio. In questa generazione le femmine depongono generalmente dalle 70 alle 90 uova. Le ovature sono ubicate in modo dispersivo sugli acini ancora verdi. Alla schiusura delle uova, evento che avviene verso la fase di chiusura del grappolo, le larve neonate hanno un periodo di vagabondaggio effimero, e penetrano velocemente sulle superfici degli acini meno esposti del raspo, a livello del peduncolo o nel punto di contatto tra due acini. In questa fase le larve danneggiano mediamente 5-7 acini. Il deterioramento delle bacche dalle larve di IV e V età sono molto profonde e sia il seme che la quasi totalità della polpa possono risultare distrutti. Con il progredire della maturazione fisiologica delle uve, il danno diventa sempre più superficiale poiché l'aumento del volume d'acqua negli acini, rappresenta un rischio per la vita delle larve (Anfora *et al.*, 2007; Valera *et al.*, 2010) (figura 10). Durante la seconda generazione la fase larvale si accorcia a 20-30 giorni a causa delle temperature più elevate.



Figura 10- *Danno larvale (fonte: CABI,)*



Figura 10- *larva in procinto di alimentarsi (fonte: CABI)*

La progressiva variazione dei diversi fattori climatici, come la temperatura, determina una riduzione della tempistica di riproduzione tra la seconda e terza generazione, generando una terza generazione con forte entità di danno (Pavan *et al.*, 2006).

La terza generazione presenta adulti che volano per tutto il mese di agosto-settembre con un comportamento che non differisce da quello delle generazioni precedenti. Questa classe di individui si sviluppa a carico degli acini già prossimi alla maturazione (figura 11). L'ovideposizione avviene all'esterno degli acini in via di maturazione. La fecondità delle femmine in questa generazione è maggiore, tale da permettere l'ovideposizione di circa 150 uova per individuo. Gli acini, essendo in questa fase più acquosi, non favoriscono la penetrazione delle larve di prima età, come accade invece per la precedente generazione. Per questo motivo le larve di terza generazione effettuano piccole erosioni aumentando così a 10 - 20 il numero di acini danneggiati. Quando raggiungono la quinta fase larvale, le preimmagini si rifugiano sotto il ritidoma della vite, dove svernano come crisalidi (Anfora *et al.*, 2007; Valera *et al.*, 2010).

Negli ultimi anni, con il progressivo aumento del riscaldamento globale, è stato possibile appurare che nell'areale mediterraneo, si è manifestato un significativo progresso nella fenologia di *L. botrana* che ha generato, in alcune zone con particolari condizioni termiche, la formazione di un quarto volo completo e soprannumerario. Alcune ipotesi sostengono che il forte disallineamento nel ciclo di vita del lepidottero con le fasi fenologiche della vite potrebbe, con lo scorrere del tempo, determinare la costituzione di prole larvale dal quarto volo adulto, che non troverebbe grappoli di vite su cui svilupparsi. I suddetti individui non potrebbero svilupparsi a carico delle piante ospiti secondarie, per ragioni prettamente ambientali: le larve non avrebbero abbastanza tempo per completare e raggiungere la fase pupale svernante (Martín-Vertedor *et al.*, 2010). Questo fatto detiene grande rilevanza

poiché la sopravvivenza di *L. botrana* in futuro potrebbe essere drasticamente influenzata (Torres-Vila *et al.*, 1992; Massot *et al.*, 2008).

1.5.2. Condizioni abiotiche per lo sviluppo

Tra i fattori abiotici che regolano lo sviluppo dell'insetto un importante ruolo è rivestito dalle temperature: l'intervallo ottimale per lo sviluppo varia da 28°C a 30°C. Il limite inferiore e superiore si verificano rispettivamente tra 8°C e 12°C e tra 32°C e 34°C. Lo sviluppo embrionale dell'uovo avviene quando la soglia termica è di 9°C, tuttavia la schiusura delle uova necessita di temperature superiori. Le larve manifestano una buona resistenza alle alte temperature generata da una spiccata motilità, tipica dello stadio, che permette la propagazione della specie in zone con condizioni favorevoli al loro sviluppo. Al di sotto i 10°C e sopra i 35°C le larve tendono a morire prima di concludere lo sviluppo (Briere e Pracros, 1998).

L'umidità esercita la maggiore influenza sulla vitalità della specie e l'attività degli adulti; le femmine di *L. botrana* presentano un'intensa attività di volo e di ovideposizione a valori di umidità relativa del 40-70%.

Quando le temperature e l'umidità oscillano su valori medi, il tasso di mortalità è minimo, mentre sopra i 22°C e sotto i 18°C con umidità relativa inferiore al 40% la mortalità è elevata. La diffusione della specie è vincolata da forti eventi piovosi i quali potrebbero determinare l'annegamento della larva nel frutto (Anfora *et al.*, 2007).

1.5.3. Comportamento riproduttivo

Quando gli esemplari ritrovano le condizioni ottimali per l'accoppiamento, sono soliti iniziare una ricerca reciproca affinché possa generarsi la perpetuazione della specie.

La femmina in via preliminare all'accoppiamento, esegue la fase di rilascio del feromone sessuale, per permettere l'orientamento del maschio.

Gli accoppiamenti non presentano una durata canonica, ma avvengono in intervalli che possono andare da pochi minuti ad ore (Moreau *et al.*, 2008)

1.5.3.1. Feromone sessuale

I feromoni sono sostanze biochimiche volatili prodotte dalle ghiandole esocrine. Queste soluzioni, secrete in quantità variabili, sono finalizzate alla trasmissione di un messaggio, e coordinano i rapporti tra individui della stessa specie. In particolare, i feromoni sessuali sono generalmente costituiti da un Blend di sostanze e consentono il riconoscimento tra individui co-specifici e di sesso diverso, al fine di aumentare la probabilità di successo nell' accoppiamento.

In numerose specie di insetti, la localizzazione ed individuazione del compagno, fine all'accoppiamento, avviene su una base chimica ed in particolare questo sistema viene adottato dai lepidotteri. (Vitta, 2020).

Comunemente, quando si avvicina la fase consona alla realizzazione dell'atto copulativo, la femmina emette una miscela di sostanze, sinergiche ed antagoniste, che creano nell'aria una regione, in cui si diffondono. Quest'area viene seguita dal maschio in un tipico volo a "scia"; lo spostamento tende ad essere veloce, ben direzionato e contro vento (El-Sayed *et al.*, 1999). Diverse tesi promuovono il fatto che il volo maschile possa essere diversamente eseguito in base alla composizione della miscela feromonica (Witzgall e Arn, 1990).

Il segnale emesso è fortemente specifico. La specificità dell'attrazione maschile è ottenuta grazie a proporzioni perfettamente regolate dei componenti della miscela (Linn *et al.*, 1988; Roelofs e Wolfs, 1988;). Da vari studi condotti sulla categorizzazione delle miscele feromoniche si è potuto evincere che nelle famiglie e sottofamiglie di lepidotteri sono prodotti molteplici insiemi di composti chimici; all'interno di questi la divergenza si evidenzia sulla base della natura delle sostanze e dal grado di insaturazione delle stesse. Tuttavia, all'interno degli stessi gruppi tassonomici gli individui utilizzano composti simili ma combinati in via del tutto unica (Linn e Roelofs, 1989).

Tendenzialmente una cospicua parte dei formulati feromonici naturali è multicomponente: la miscela è provvista di una sostanza più abbondante (indicata come principale) e molte altre a concentrazioni minori (solitamente <10% della concentrazione della sostanza principale) (Linn e Roelofs, 1989).

Il feromone sessuale prodotto dalle femmine di *Lobesia botrana* è costituito da una miscela costituita da 15 catene di idrocarburi lineari i quali gruppi funzionali sono acetato ed alcoli. La composizione di questa miscela è stata studiata a partire dai primi anni '70: alcuni autori hanno identificato come principale costituente della miscela il (E, Z) -7,9- dodecadienil acetato (E7, Z9-12: Ac) (Roelofs *et al.*, 1973; Buser *et al.*, 1974); la percezione di questa sostanza è rilevata all'interno di un ampio intervallo di concentrazioni tra 0,1-2500 ng. Negli anni successivi, ulteriori studi condotti sulla ghiandola del feromone sessuale di *L. botrana*, hanno contribuito all'identificazione di altri composti (Arn *et al.*, 1988; El-Sayed *et al.*, 1999), che seppur presenti a concentrazioni inferiori rispetto al 7,9- dodecadienil acetato, contribuiscono a garantire l'efficacia nella selezione specifica del partner (Arn *et al.*, 1988). Arn ed altri ricercatori nel 1988, hanno individuato 2 composti: ((E)-7,(Z)-9- dodecadien-1-olo (E7,Z9-12:OH) e (Z)-9-dodecenil acetato (Z9-12:Ac)) strettamente correlati al 7,9- dodecadienil acetato, i quali hanno rivelato avere azioni dirette sul comportamento dei maschi, in condizioni di laboratorio.

In esperimenti, condotti in galleria del vento, i ricercatori hanno appurato che gli individui maschi fossero in misura minore attratti dal feromone sintetico, quando esclusivamente costituito dal composto principale, rispetto ad una femmina viva, usata come esca. Il progredire degli studi ha successivamente dimostrato che, l'attrazione del maschio risultava simile a quella naturale, nel momento in cui l'individuo veniva sottoposto ad una nuova miscela di sintesi, contenete i nuovi composti. (Arn *et al.*, 1988).

El-Sayed e il suo gruppo di ricerca ha condotto ulteriori studi in galleria del vento con l'obiettivo di perfezionare la miscela feromonica formulata da Arn nel 1988 (El-Sayed *et al.*, 1999): effettuarono alcuni test con diverse miscele a 3 componenti, arrivando ad ottenere un formulato costituito da 10 pg/min di (E7,Z9-12 : Ac), 0,5 pg/min di (E7,Z9-12: OH) e 0,1 pg/min (Z9-12: Ac), Questa miscela, in rapporto 100:5:1 tra i vari composti sopra citati, ha permesso di aumentare significativamente la risposta dei maschi e incrementare l'attività di volo di circa due volte, rispetto alla miscela di tre componenti pubblicata precedentemente da Arn nel 1988. Tuttavia, l'attrattività di questa nuova miscela era ancora inferiore rispetto a quella offerta dalle femmine chiamanti o da estratti diretti della ghiandola,

dimostrando ancora una volta la superiorità del feromone sessuale naturale rispetto a quello sintetico, come segnalato per molte specie (Vetter e Baker, 1983; Sanders, 1984; Baker *et al.*, 1991). El-Sayed congiuntamente ad altri studiosi, hanno anche identificato altri 7 composti all'interno della ghiandola del feromone di *L. botrana*: tra questi sette composti è stata posta l'attenzione in particolar su due acetati insaturi, l'(E)-9-dodecenil acetato (E9-12: Ac) e il D11-dodecenil acetato (D11-12: Ac), i quali hanno determinato un aumento: nel numero di maschi attratti, nella velocità e la rettilinearità del volo ed un decremento dell'angolo nel percorso di volo. I risultati migliori sono stati ottenuti infatti mediante l'utilizzo di questa miscela in rapporto di 100:5:1:1:10 (10 pg/min di E7,Z9-12: Ac in una miscela con 0,5 pg/min di E7,Z9-12:OH, 0,1 pg/min di Z9-12: Ac, 0,1 pg/min E9- 12: Ac e 1 pg/min D11-12-Ac).

Tuttavia all'interno del percorso di volo, i maschi sottoposti alla miscela naturale effettuavano angoli di volo minori rispetto a quelli sottoposti ai formulati sintetici a 5 componenti. Sebbene nel corso degli anni siano stati evidenziati netti miglioramenti, la miscela sintetica risulta ancora incompleta.

Witzgall, ed il suo gruppo di ricerca, ha effettuato nel 2005 ulteriori analisi sugli estratti della ghiandola a feromone identificando 3 nuovi composti precedentemente non identificati, i quali hanno migliorato significativamente le risposte dei maschi al composto principale del feromone (E7, Z9-12:Ac) (Witzgall *et al.*, 2005). Questi nuovi composti individuati agiscono infatti da sinergizzanti nei confronti del composto principale, andando ad esaltare le sue caratteristiche biologiche e di conseguenza, permettendo di migliorare l'attrattività del formulato sintetico. L'identificazione e la successiva produzione di sinergizzanti sintetici potrà garantire in futuro una migliore efficacia nell'utilizzo di tecniche di controllo integrato che si basano sulla manipolazione del comportamento riproduttivo.

1.5.4. Ovideposizione

L'ovideposizione è un aspetto chiave del ciclo riproduttivo del lepidottero poiché consente di organizzarne il controllo basandosi sui luoghi in cui esso posiziona le generazioni.

Le femmine depongono le uova a seguito di un'accurata selezione del substrato; l'individuazione del sito più ospitale è definita a seguito di 3 fasi:

1. Orientamento del substrato ospite
2. Contatto con il substrato ospite
3. Valutazione del substrato ospite

I precedenti frangenti sono tutti relazionati dal fatto che la valutazione dipenda dalle caratteristiche fisiche e chimiche associate alla pianta.

1.5.4.1 Fattori che influenzano l'ovideposizione

Le proprietà fisiche sono fortemente relazionate a stimoli visivi, come colore, forma ed orientamento diversamente i segnali di contatto dipendono da stimoli tattili e segnali chimici; Parrebbe che i fattori fisici abbiano una maggiore incidenza nella realizzazione della scelta (Markheiser *et al.*, 2018).

È stato dimostrato che il colore della pianta è un importante segnale che attiva l'ovideposizione aumentandone la resa (Yurtsever *et al.*, 2010). *L. botrana* prediligerebbe il verde rispetto ai colori marrone o blu (Markheiser *et al.*, 2018): la prima tinta è associata a foglie, peduncoli e viticci, primi luoghi disponibili, se non i più numerosi, per il posizionamento delle uova. Tuttavia, non appena giungerebbero boccioli ed acini questi verrebbero preferiti rispetto alle porzioni vegetali.

In condizioni naturali, la deposizione delle uova avviene principalmente sulla superficie relativamente liscia dei boccioli fiorali e delle bacche (Marchal, 1912; Bovey, 1966). Al contrario, è stato visto che sulle foglie vengono deposte pochissime uova, nonostante queste siano disponibili già all'inizio della stagione, nonostante siano più numerose e costituiscano superfici molto più ampie. Ciò può essere spiegato in parte dal quantitativo di tomento disposto sulla superficie, il quale induce una resistenza al tatto: come dimostrato in alcuni studi (Marchal, 1912; Maher e Thiéry, 2004) le superfici ruvide o pelose sono

state rifiutate, mentre quelle lisce e sferiche sono state preferite per la deposizione delle uova.

Come è stato dimostrato per un altro tortricide, *Choristoneura fumiferana* (Städler, 1974), anche la forma può influenzare la selezione del sito di ovideposizione da parte delle femmine di *L. botrana*. Nello studio condotto da Maher e Thiéry nel 2004, le uova sono state deposte preferibilmente su superfici sferiche piuttosto che su quelle piatte, suggerendo che la curvatura della superficie dell'acino potrebbe svolgere un ruolo nel riconoscimento del sito di ovideposizione (Maher e Thiéry, 2004). Inoltre, la leggera ma significativa preferenza per il substrato costituito da quattro sfere piccole rispetto a quello costituito da due sfere più grandi potrebbe essere dovuta, oltre che alla differenza di diametro delle sfere, alla presenza di un maggior numero di interstizi formati tra le sfere piccole, confermando la preferenza per le zone di contatto tra acini contigui. Questa scelta garantisce alle giovani e delicate larve di ridurre al minimo il periodo di esposizione agli agenti atmosferici prima della penetrazione nell'acino.

Gli stimoli tigno-tattili svolgono quindi un importante ruolo nella scelta del sito di ovideposizione e nella discriminazione dell'ospite, come probabilmente avviene per la maggior parte delle falene generaliste (Ramaswamy, 1988) e come è stato dimostrato per il tortricide *Zeiraphera diniana* (Van den Bos e Baltensweiler, 1977). È stato ipotizzato che la ricerca di questi requisiti fisici avviene mediante una serie di specifici meccanorecettori tattili a livello dell'ovopositore e del ventre (Maher e Thiéry, 2004).

Il fatto che la scelta della pianta ospite sia accurata e minuziosa deriva dal fatto che il substrato candidato influenzerebbe la qualità delle uova ed anche la fitness larvale: le larve, durante lo sviluppo, immagazzinerebbero composti diversi e decisivi per la loro vitalità e longevità (Thiéry e Desneux, 2018).

La probabilità che una femmina incontri una pianta adatta è il fattore con la massima criticità e condiziona l'intervallo di possibili piante ospiti e quindi la polifagia (Courtney, *et al.*, 1989); la specializzazione su una specie vegetale è rivolta alla massima utilizzazione dell'ospite per elevare la fitness degli individui (Thompson e Pellmyr, 1991).

In combinazione con gli stimoli fisici, anche i fattori chimici giocano un ruolo nell'accettazione dell'ospite da parte di *L. botrana* (Maher e Thiéry, 2004). I risultati ottenuti da Maher e Thiéry nel 2004 indicano che l'ovideposizione di *L. botrana* è stimolata principalmente dai composti polari prodotti dalle bacche. Al contrario, i composti apolari estratti dal cloroformio e dall'esano non sembrano essere utilizzati dalle femmine come segnali chimici per l'accettazione della pianta ospite, anche se i composti epicuticolari

apolari spesso favoriscono l'ovodeposizione negli insetti fitofagi (Eigenbrode e Espelie, 1995). Nonostante il notevole spessore delle cere epicuticolari degli acini d'uva (140-170 μgcm^{-2}) rispetto alla maggior parte delle superfici vegetali, esse non sembrano influenzare l'ovideposizione di *L. botrana*. Questo suggerisce che i composti attivi potrebbero provenire dai tessuti interni delle bacche e raggiungere la superficie attraverso percorsi di diffusione negli strati della cuticola.

La caratterizzazione di stimolanti o deterrenti dell'ovideposizione è un primo passo verso lo sviluppo di metodi di manipolazione del comportamento dell'ovideposizione che dovrebbero essere utili al fine di migliorare i programmi di lotta integrata (Maher e Thiéry, 2004).

L'ovideposizione delle femmine di *L. botrana* è dunque influenzata da diversi fattori e la scelta di un sito idoneo è probabilmente il risultato di una combinazione di indagini visive, meccaniche e chimiche della pianta ospite (Anfora *et al.*, 2009).

Secondo l'ipotesi del "induzione della preferenza dell'habitat natale" (NHPI; Davis e Stamps, 2004; Stamps e Davis, 2006) le femmine di *L. botrana* potrebbero indirizzare l'ovideposizione nei confronti di specie o cultivar su cui si sono sviluppate come larve e da cui poi sono sfarfallate (Moreau *et al.*, 2008). Questa strategia di induzione delle preferenze potrebbe garantire il successo riproduttivo della specie se le femmine sono effettivamente in grado di scegliere tra specie o cultivar ospiti che forniscono una risorsa nutrizionale simile a quella che hanno sperimentato durante lo stadio larvale e che ha fornito loro la fitness larvale. Come sottolineato da Stamps e Davis (2006), "NHPI" è un concetto ombrello che comprende diverse teorie. Infatti, l'"NHPI" comprende due sotto-ipotesi chiamate "principio di selezione dell'ospite di Hopkins" ed "eredità chimica". (Davis e Stamps, 2004; Stamps e Davis, 2006; Moreau *et al.*, 2008).

Il "principio di selezione dell'ospite di Hopkins" afferma che le femmine preferiscono deporre le uova su specie ospiti su cui si sono sviluppate come larve e che esiste una memoria del substrato di alimentazione che viene immagazzinata nel sistema nervoso centrale e trasferita attraverso la metamorfosi allo stadio adulto (Moreau *et al.*, 2008; Petit *et al.*, 2015;). Tuttavia, le prove a favore di questa teoria sono ancora poche, poiché la metamorfosi comporta un'importante ristrutturazione del sistema nervoso centrale, che dovrebbe "cancellare" la memoria chimica immagazzinata dalle larve (Barron, 2001; Petit *et al.*, 2015;).

L'ipotesi del "eredità chimica" di Corbet (Corbet, 1985) ipotizza invece che le informazioni chimiche della pianta ospite possano essere immagazzinate nell'emolinfa della larva e poi

sulla superficie delle pupe. Una volta emerso, l'adulto rileva i segnali chimici della pianta ospite sulla superficie della pupa, condizionando il suo comportamento (Petit *et al.*, 2015). Un'altra teoria, denominata principio di neo-Hopkins (Jaenike, 1983; Petit *et al.*, 2015), afferma invece che anche l'esperienza immaginale può indurre preferenze nella scelta del sito di ovideposizione in alcune specie di Lepidotteri (Traynier, 1984; Zhang *et al.*, 2011). In definitiva, a prescindere dalla teoria più accreditata e dall'incertezza ancora attuale di questi principi, è sempre più evidente che l'esperienza precedente può influenzare la preferenza di un individuo per la scelta del sito di ovideposizione. Alla luce di ciò, diverse cultivar di vite potrebbero quindi influenzare l'efficienza di ovideposizione delle femmine di *L. botrana*, che potrebbero essere a loro volta influenzate dall'esperienza precedente fornita da individui della stessa specie.

Secondo Bernays e Chapman (1994) il ruolo degli odori nella scelta del sito di ovideposizione è una forza selettiva più forte per gli insetti specialisti che per i generalisti. Di conseguenza la selezione della pianta ospite da parte delle specie di insetti generalisti è molto meno compresa rispetto a quella delle specie specializzate (Städler *et al.*, 2002). Per quanto riguarda *L. botrana*, la comprensione dei meccanismi di selezione dell'ospite, delle preferenze delle femmine nei vigneti e dei livelli di suscettibilità delle cultivar di vite potrebbe portare in futuro a migliorare i sistemi di monitoraggio e a sviluppare strategie di controllo basate sulla manipolazione del comportamento (Foster e Harris, 1997; Pickett *et al.*, 1997; Maher e Thiéry, 2004).

1.5.5. Suscettibilità varietale

La suscettibilità varietale può essere espletata come la predisposizione di una cultivar ad essere più o meno sensibile agli attacchi di un patogeno o di un fitofago. Identificare il grado di suscettibilità delle cultivar nei confronti dell'attività di *L. botrana* ha un'importante implicazione al fine di stabilire il superamento delle soglie d'azione e la costituzione di interventi adeguati, qualora fossero necessari.

La suscettibilità varietale è un fenomeno che oltre a dipendere dalle condizioni agro-climatiche ed ambientali è correlata, nel caso del lepidottero, alla preferenza del sito di ovideposizione (Moreau *et al.*, 2008; Sharon *et al.*, 2009) ed al grado di fattori limitanti per lo sviluppo larvale, sia di tipo abiotico che biotico (Moreau *et al.*, 2010).

Sebbene la sopravvivenza larvale e l'efficienza dell'ovideposizione siano influenzate più o meno positivamente dalla cultivar e dalle sue diverse caratteristiche fenotipiche, nel corso

degli anni è stato evidenziato che le larve di *L. botrana* si nutrono di quasi tutti i vitigni (Fermaud, 1998; Maher *et al.*, 2000; Thiéry e Moreau 2005; Sharon *et al.*, 2009).

Tuttavia, alcune cultivar subiscono danni maggiori, mostrando livelli di infestazione più elevati rispetto ad altre (Gabel e Roehrich, 1995; Moreau *et al.*, 2006). È stata segnalata una diversa suscettibilità delle cultivar di uva a *L. botrana* (Marchal, 1912; Stellwaag, 1928) e studi recenti hanno attribuito questa suscettibilità variabile a differenze nell'insediamento delle larve (Gabel e Roehrich, 1995; Fermaud, 1998) o alla propensione all'ovideposizione verso determinate varietà (Maher *et al.*, 2000; Thiéry e Gabel, 2000; Maher e Thiéry, 2004; Moreau *et al.*, 2006).

È stato dimostrato che la fitness di *L. botrana* è influenzata dalla cultivar di cui si nutre e che alcune cultivar offrono una maggiore efficienza di ovideposizione e un tasso di sopravvivenza larvale superiore rispetto ad altre (Thiéry e Moreau 2005; Moreau *et al.*, 2006; Moreau *et al.*, 2008). Pertanto, la scelta della cultivar influisce notevolmente sui livelli di infestazione del vigneto e diversi fattori influenzano la suscettibilità delle cultivar all'infestazione di *L. botrana* (Pavan *et al.*, 2018).

1.5.5.1 Fattori che influenzano la suscettibilità varietale

Dal momento che è stato evidenziato che alcune cultivar offrono una maggiore efficienza di ovideposizione e sopravvivenza larvale rispetto ad altre (Thiéry e Moreau 2005; Moreau *et al.*, 2006; Moreau *et al.*, 2008), diversi autori hanno indagato i fattori che influenzano la suscettibilità delle cultivar di vite all'infestazione di *L. botrana*: durante la prima generazione antofaga, l'infestazione larvale verrebbe favorita dalla precocità (Pavan *et al.*, 2009), dalla minore pelosità delle infiorescenze (Pavan *et al.*, 2009) e dalla breve durata della fioritura (Torres-Vila *et al.*, 1992). È stato dimostrato in diversi studi che le cultivar a maturazione precoce sono più suscettibili alla seconda generazione piuttosto che alla terza (Bagnoli, 1990; Ragusa *et al.*, 2011; Ioratti *et al.*, 2011). Al contrario, le cultivar a maturazione tardiva sono più colpite dalla terza generazione, essendo invece relativamente poco recettive nei confronti degli attacchi di seconda generazione. Questo perché durante il periodo estivo le condizioni climatiche e le fasi fenologiche sono sfavorevoli allo sviluppo dei marciumi (Bagnoli, 1990).

Per quanto riguarda le generazioni carpofaghe, in molti studi la compattezza del grappolo e la scarsa aerazione all'interno della chioma sono stati segnalati come i fattori più importanti che favoriscono la suscettibilità della cultivar, in quanto hanno favorito l'insediamento delle larve (Fermaud, 1998; Snjezana, 2003; Pavan *et al.*, 2018; Delrio *et*

al., 2021). Il maggior livello di infestazione nelle varietà a grappolo compatto è dovuto principalmente all'intensità del danno indiretto causato dalle muffe, favorito dall'elevata umidità, piuttosto che a una maggiore suscettibilità della cultivar stessa (Moleas, 1995). Infatti, la variabilità dei parametri microclimatici intorno e all'interno dei grappoli, a seconda della cultivar e della gestione della coltura, influenza il successo riproduttivo di *L. botrana* portando a effetti negativi sulla vitalità delle uova e delle larve. Ad esempio, una bassa umidità relativa, dovuta a una migliore circolazione dell'aria all'interno della chioma e dei grappoli, e un aumento della temperatura dei grappoli a causa dell'esposizione alla luce solare sono coinvolti nell'aumento della mortalità delle uova e delle larve (Coscollá *et al.*, 1986; Rapagnani *et al.*, 1988; Moosavi *et al.*, 2017; Moosavi *et al.*, 2018). In effetti, in molti studi è stata dimostrata una maggiore mortalità larvale su grappoli spargoli in entrambe le generazioni carpfaghe (Fermaud, 1998; Snjezana, 2004; Delrio, *et al.*, 2021), suggerendo che la spargolosità dei grappoli fornisce un controllo naturale sull'infestazione larvale. Ciò è dovuto in gran parte al fatto che gli insetti sono meno protetti dalle condizioni meteorologiche avverse e dalla predazione (Fermaud, 1998).

Un altro fattore morfologico della vite che influisce sulla suscettibilità varietale è il grado di esposizione dei grappoli ai raggi solari: analogamente a quanto detto sopra per la compattezza, le uova e le larve appena schiuse sugli acini non coperti da foglie risulteranno più vulnerabili ai fattori meteorologici (Pavan *et al.*, 2016), in particolare alle alte temperature e ai bassi livelli di umidità relativa causati dall'esposizione diretta alla luce solare. Infatti, l'alta temperatura è uno dei principali fattori che influenza l'ovideposizione e la sopravvivenza larvale. Maggiore è l'esposizione dei grappoli al sole, maggiore sarà la temperatura in prossimità degli acini. La suscettibilità delle uova alle alte temperature è stata dimostrata da Coscollá assieme ad altri ricercatori (1986), che hanno verificato che le temperature superiori a 40°C costituiscono una soglia critica per *L. botrana* e che l'incidenza della mortalità aumenta con la bassa umidità relativa e il tempo di esposizione (Coscollá *et al.*, 1986). In uno studio di laboratorio condotto da Moosavi è stato registrato un aumento della mortalità delle uova già dopo un'esposizione di 6 ore a 40°C e 60% di UR, soprattutto per le uova bianche appena deposte e per quelle allo stadio di testa nera (Moosavi *et al.*, 2017). Le temperature scelte per questo test in condizioni di laboratorio sono più alte delle temperature ambientali solitamente registrate in campo. Tuttavia, si è visto che gli acini esposti alla luce diretta del sole possono raggiungere circa 10°C in più rispetto alla temperatura dell'aria (Smart e Sinclair, 1976; Bergqvist *et al.*, 2001; Spayd *et al.*, 2002; Pieri e Fermaud 2005; Tarara *et al.*, 2008; Jogaiah *et al.*, 2012). Pertanto, le

bacche possono superare la temperatura critica (cioè 40 °C) anche quando la temperatura ambientale è inferiore a questo valore. Di conseguenza, si presume che la distribuzione spaziale di *L. botrana* nel vigneto vari anche in base all'esposizione dei grappoli alla luce solare. È stato osservato che le femmine preferiscono deporre le uova sul lato del grappolo che è stato esposto alla luce solare nelle ore precedenti l'ovideposizione, mostrando anche una leggera preferenza per esse rispetto ai grappoli coperti di foglie (Pavan *et al.*, 2016). Di conseguenza, poiché le femmine non evitano di deporre nelle bacche esposte, i livelli di infestazione più bassi valutati da Pavan ed altri ricercatori (2016) in grappoli esposti al sole rispetto a quelli coperti da foglie, potrebbero non essere dovuti a una diminuzione della fecondità femminile in seguito alla mancata scelta del sito di ovideposizione o ad una maggiore difficoltà nel trovare siti adatti (Pavan *et al.*, 2016), ma piuttosto a una maggiore mortalità delle uova ed in particolar modo delle giovani larve a causa dell'eccessivo aumento della temperatura (Pavan *et al.*, 2016). È infatti risaputo che, generalmente, la larva di prima età dei lepidotteri è considerato lo stadio di vita più critico per la specie, con elevatissimi tassi di mortalità (Zalucki *et al.*, 2002). Eccessive temperature in questa fase causano nelle giovani larve un rapido aumento del metabolismo e della respirazione con ripercussioni sul sistema nervoso ed endocrino (Neven, 2000). Alla luce di tali considerazioni, il grado di copertura dei grappoli dalla luce solare ed in generale la densità fogliare, la copertura e la porosità della chioma vegetale sono fattori che influenzano positivamente l'efficienza di ovideposizione e la sopravvivenza larvale, incrementando la suscettibilità varietale al fitofago nelle cultivar che presentano queste caratteristiche morfologiche.

Le condizioni ambientali, e in particolare il microclima che si crea all'interno della chioma e dei grappoli, possono avere dunque un effetto significativo sulla sopravvivenza delle uova e soprattutto delle larve appena schiuse prima della penetrazione negli acini (Marchal, 1912 in Torres-Vila *et al.*, 1997).

1.6. Fenologia (Monitoraggio con trappole a feromone sessuale)

La corretta impostazione e gestione della difesa nei confronti di *L. botrana* nei vigneti dipende principalmente dalla precisa individuazione (monitoraggio) della sua dinamica di popolazione. Dal momento che la distribuzione di una specie di insetto dipende solitamente dallo stadio alato (adulto) mobile, in queste indagini sulla distribuzione vengono di solito utilizzate varie tecniche di cattura aerea. Nello specifico, il monitoraggio della dinamica di popolazione consiste nell'individuazione dei momenti di massima manifestazione del lepidottero, definiti "picchi di volo", i quali vengono rappresentati attraverso la cosiddetta "curva di volo", ossia un grafico che descrive l'andamento della presenza dell'insetto in campo, relazionato al microclima ed alla zona d'interesse.

Questa attività di monitoraggio viene nella maggior parte dei casi effettuata nei confronti della popolazione immaginale maschile del fitofago, attraverso l'utilizzo di trappole chemiotropiche innescate con feromoni sessuali di sintesi.

Le trappole chemiotropiche sono dei dispositivi che esercitano un richiamo stimolando l'olfatto dell'insetto. Usano perciò un attrattivo chimico che in genere è rappresentato da un feromone sessuale, ma possono anche essere innescate con un attrattivo alimentare.

Le trappole a feromoni hanno avuto una larghissima diffusione negli ultimi decenni, con la scoperta della composizione chimica del feromone sessuale di molte specie e con la possibilità di riprodurlo sinteticamente su scala industriale. Questi dispositivi sono infatti oggi comunemente reperibili e prodotti dalle industrie chimico-farmaceutiche. Il vantaggio delle trappole a feromoni è l'elevata selettività e il notevole raggio d'azione, che può arrivare a richiamare individui anche a diversi chilometri di distanza.

La trappola è composta da una struttura in plastica, costituita da una parte sommitale che funge da protezione dagli agenti atmosferici e da una parte basale suddivisa in riquadri per facilitare il conteggio degli insetti e ricoperta da una sostanza adesiva. La forma delle trappole chemiotropiche varia in funzione della tipologia dell'insetto da monitorare e dal suo comportamento in condizioni naturali: le più comuni disponibili sul mercato sono quelle a "pogoda", a "delta" e a "capannina bidirezionale".

Al di sopra e al centro del fondo collato viene posizionato il dispenser con l'attrattivo feromonico. L'erogatore del feromone va solitamente sostituito a cadenza mensile per garantire una corretta funzionalità del sistema. Il formulato sintetico non rispetta la reale composizione del feromone naturale prodotto dalle femmine di *L. botrana*. Per questo

motivo, in alcune condizioni può presentarsi una non completa selettività che si può tradurre con la presenza, in un medesimo dispositivo di cattura, di maschi appartenenti ad altre specie di lepidottero (Ioriatti *et al.*, 2004).

L'attività di monitoraggio ha diverse finalità: in primo luogo, le catture fornite dal monitoraggio permettono l'individuazione della dinamica della popolazione, ossia dell'inizio dei voli (generazioni), della durata dei voli, e della densità di popolazione (grazie alla costituzione della "curva di volo").

L'utilizzo delle trappole per il monitoraggio ha anche lo scopo di rilevare la composizione dell'entomofauna in un determinato territorio, con l'obiettivo di seguire la dinamica della popolazione in un contesto specifico. Ciò permette di individuare la corretta tempistica (timing) in cui posizionare le varie applicazioni insetticida, secondo le strategie previste dal programma di gestione integrata dei parassiti (IPM). I dati di cattura rilevati solitamente a cadenza settimanale, permettono infatti di verificare, soprattutto se associati a rilievi (campionamenti) sulla popolazione pre-immaginale in campo, l'eventuale superamento della soglia di intervento, indicando quindi la necessità di un trattamento fitosanitario prima del raggiungimento della soglia di danno economico. Il concetto su cui si basa il monitoraggio è quello di individuare i periodi in cui si verifica la maggior frequenza degli eventi riproduttivi (corrispondenti ai picchi di volo), in modo da prevedere in anticipo il momento in cui si avrà l'incremento delle infestazioni. Quando il numero di catture raggiunge un valore critico, definito come soglia di intervento, si procede al trattamento fitosanitario.

1.6.1 Fenologia della popolazione

Il ciclo di sviluppo di *Lobesia botrana* è normalmente costituito da 4 generazioni annue, che popolano gli agrosistemi tra l'inizio di marzo e la seconda decade di novembre (Al-Zyoud e Elmosa, 2001).

Queste differiscono tra loro sia per il tipo di substrato alimentare, sia in termini di numerosità di individui: la prima generazione è normalmente la più popolosa, mentre le ultime tendono essere le meno sviluppate. Quest'aspetto potrebbe essere correlato ad una riduzione progressiva della fecondità femminile, durante lo svolgimento del ciclo (Ali *et al.*, 1978).

Tuttavia, in relazione alle diverse tipologie di clima, il lepidottero può arrivare ad avere anche cinque generazioni in un ciclo (Roehrich e Boller, 1991, Roditakis e Karandinos, 2001).

I fattori che condizionano lo sviluppo e la diffusione del fitofago, sono legati: alla presenza di substrati alimentari o di piante ospite idonee, all'intervento di patogeni o predatori ed a componenti di tipo ambientale che non concorrono alla creazione di condizione di sviluppo idonee; tra queste, sono rilevanti le temperature, il regime di umidità, la latitudine ed il fotoperiodismo (Gabel e Mocko, 1986). Questi quattro elementi concorrono simultaneamente alla formazione di regimi atti alla vitalità del fitofago (Ali *et al.*, 1978; Abashidze, 1991).

I livelli di temperature e di umidità relativa sono molto importante poiché le popolazioni di *Lobesia botrana* sono positivamente o negativamente influenzate dall'andamento contemporaneo di queste due variabili; quindi entrambe devono presentarsi negli intervalli adatti a consentire la formazione delle generazioni. Una crescita positiva si verifica con temperature e umidità moderate (Al-Zyoud e Elmosa, 2001) mentre: regimi termici estremi favoriscono la dormienza di uova e larve (Gabel e Thiéry, 1994) e un'eccessiva umidità relativa unita a basse temperature, causa effetti negativi sullo sviluppo degli insetti.

La crescita e lo sviluppo sono lente in aree fredde (12.0-16.2°C), favorite nelle zone temperate ((16.2-26.7°C) e subottimali nelle zone calde (29.5-31.6°C).

Secondariamente, altri fattori con alto impatto sono: il fotoperiodo, il quale condiziona la densità di pupe che entrano in diapausa (Gabel e Mocko, 1986) e la presenza di acqua. Si dimostra che: l'assenza di fonti idriche influenza il potenziale riproduttivo della specie e la dinamica della popolazione (Torres-Vila *et al.*, 1996). Tuttavia un regime pluviometrico eccessivo può favorire la diffusione di patogeni, che potrebbero compromettere la vitalità del fitofago (Deseo *et al.*, 1981).

Geograficamente ogni areale, in relazione alle condizioni soprascritte, sarà caratterizzato da più o meno generazioni all'interno del ciclo di *Lobesia botrana*; in condizioni di temperature tra i 30-32° ed umidità relativa del 40-45%, lo sviluppo completo di una generazione può avvenire tra i 30 e 32 giorni.

1.7. Danni e importanza economica

L. botrana si sviluppa a carico di organi vegetali differenti in funzione della generazione e dello stadio fenologico della pianta: questo lepidottero compie generalmente tre generazioni l'anno, la prima antofaga, a carico dei bottoni fiorali, e le successive carpofaghe, a carico dei frutti. I danni causati dalla propagazione del lepidottero sono di diversa entità: la perdita diretta è rappresentata dalle lesioni (fori di penetrazione) create attraverso l'alimentazione delle larve e varia in funzione dello stadio fenologico degli organi riproduttivi della vite. Quest'attività si esprime economicamente come una perdita di prodotto, che sulle uve da vino equivale alla distruzione diretta degli acini.

La prima generazione, essendo antofaga, genera un danno con entità irrisoria data l'esistenza di una capacità di recupero avanzata dalla pianta: questa prevede che a seguito di una perdita di fiori, il vegetale risponda con una maggiore percentuale di allegagione dei bottoni fiorali rimanenti (Delrio *et al.*, 2021) o un maggior accrescimento degli acini rimasti, in termini di dimensione e peso (Ioratti *et al.*, 2011). Solo in casi di varietà caratterizzate da bassa allegagione, il danno della prima generazione può rappresentare un problema. Per questo motivo, la soglia di danno per la prima generazione è solitamente stabilita su valori abbastanza elevati.

Sono la seconda e terza generazione a determinare delle perdite ingenti data l'inclinazione di queste larve alla carpofagia (Marzocchi e Bongiovanni, 2015). In queste due generazioni le larve portano ad una distruzione diretta degli acini, i quali vengono penetrati e svuotati. Visivamente, dall'esterno dell'acino si notano i fori d'entrata e di uscita. Un ulteriore danno al grappolo è causato dalla formazione dei nidi sericei che fungono da protezione alle



Figura 11- Grappolo affetto da *Botrytis cinerea*
(fonte: CABI)

giovani larve. È importante evidenziare che le larve della seconda generazione, alimentandosi con un substrato di qualità superiore (frutta matura o frutta infestata da *Botrytis cinerea*) accrescono, trasformandosi poi in adulti più longevi. Pertanto, le generazioni carpofaghe causano solitamente maggiori danni alle colture rispetto alla prima generazione (Valera *et al.*, 2010). Un'altra ragione è data dal fatto che le larve di seconda e terza generazione determinano non solo un danno quantitativo, in termini di perdita diretta di produzione, ma anche un danno di tipo qualitativo: questa attività trofica favorisce infatti la penetrazione di funghi e batteri, facilitati dalla presenza dei fori di penetrazione, i quali determinano la riduzione della qualità delle uve, rendendole non commercializzabili. Questa problematica secondaria, definita come danno indiretto, si diffonde mediante la nutrizione degli stadi pre-immaginali delle generazioni carpofaghe del lepidottero: le lesioni impresse sulle strutture fruttifere consentono la colonizzazione di agenti funginei come *Botrytis cinerea* (figura 12), altre tipologie di marciume, come *Aspergillus carbonarius* e *Aspergillus niger*, o l'attacco da parte di fitofagi secondari fortuiti (Ditteri Drosofilidi, Coleotteri Nitidulidi). Oltre ai danni diretti, l'attività larvale facilita la dispersione della muffa grigia in campo perché i conidi del fungo vengono trasportati sul tegumento larvale e nelle feci (Fermaud e Le Menn, 1989, 1992). La possibilità che le larve di *L. botrana* ottengano beneficio da *B. cinerea* è stata idealizzata con la scoperta di una relazione mutualistica tra questi due organismi che si baserebbe sul coinvolgimento di steroli, prodotti dal fungo ed assunti dalle larve (Mondy *et al.*, 1996; Mondy *et al.*, 2000). Inoltre, le larve, attratte dagli stimoli emessi dagli acini precedentemente attaccati dalla botrite, alimentandosi su un substrato colonizzato da *B. cinerea*, hanno dimostrato avere un aumento del tasso di sopravvivenza, un incremento della fecondità, e dell'efficienza di ovideposizione (Savopoulou-Soultani e Tzanakakis., 1988; Fermaud e Le Menn, 1992; Moosavi *et al.*, 2020). L'entità del danno indiretto tende a variare in funzione della varietà e dalle caratteristiche morfologiche della stessa: ad esempio cultivar di vite con grappoli spargoli sono le meno insediate e meno soggette allo sviluppo dei marciumi (Savopoulou-Soultani e Tzanakakis, 1988; Fermaud e Le Menn, 1992; Pavan *et al.*, 2014; Marzocchi, 2015).

I livelli di infestazione nei vigneti possono anche essere influenzati dalle pratiche agronomiche, dalle condizioni climatiche e dal numero di generazioni annue del fitofago (Venette *et al.*, 2003).

La temperatura influenza fortemente lo sviluppo e di conseguenza l'infestazione di *L. botrana*: le popolazioni sono generalmente più ampie nelle aree o nelle stagioni più calde

e soleggiate (Gabel e Thiéry, 1994). Con temperature estreme, sia le larve che le uova possono diventare dormienti (Gabel e Thiéry, 1994): temperature superiori a 40°C costituiscono una soglia critica per le uova e per le giovani larve e la loro mortalità aumenta con la bassa umidità relativa e il tempo di esposizione (Coscollá *et al.*, 1986; Pavan *et al.*, 2016). Un'elevata umidità relativa associata a basse temperature ha effetti negativi sullo sviluppo; allo stesso modo, elevate temperature e bassi livelli di umidità hanno ripercussioni negative (Al-Zyoud e Elmosa, 2001). Al contrario, gli effetti sono positivi con valori di temperature e umidità moderate (Al-Zyoud e Elmosa, 2001).

Un altro fattore che influenza l'infestazione è la disponibilità di acqua: nelle regioni più aride, si ritiene che la mancanza d'acqua sia un fattore chiave nella dinamica delle popolazioni, impedendo a *L. botrana* di raggiungere il pieno potenziale riproduttivo (Torres-Vila *et al.*, 1996).

Anche i fattori biotici svolgono un ruolo importante nella dinamica delle popolazioni: agenti patogeni, parassitoidi e predatori possono influenzare fortemente l'infestazione di *L. botrana*. Tuttavia, gli effetti di tali fattori variano ampiamente da generazione a generazione e da anno ad anno e possono contribuire a spiegare le fluttuazioni delle popolazioni in condizioni ambientali simili (Deseo *et al.*, 1981; Al Zyoud e Elmosa, 2001).

1.8. Strategie di controllo a basso impatto ambientale

Abbiamo visto come le trappole a feromoni rappresentano un efficace strumento per monitorare il volo dei maschi, per programmare un trattamento e per pianificare correttamente le attività di campionamento sulla popolazione pre-immaginale; tuttavia le informazioni ottenute dal monitoraggio permettono di individuare la curva di volo solamente a posteriori, quando l'infestazione è già in atto. Inoltre, in particolar modo per quanto riguarda *L. botrana*, è stato visto che non esiste una stretta correlazione tra il numero delle catture fornite dal monitoraggio e l'effettiva entità del danno in campo (Savopoulou-Soultani *et al.*, 1989; Shahini *et al.*, 2010;).

Di conseguenza il monitoraggio degli adulti deve essere considerata un'attività complementare da integrare a protocolli di campionamento in campo sulle uova e sulle giovani larve (Shahini *et al.*, 2010). Il campionamento ha lo scopo di esaminare

l'andamento della popolazione pre-immaginale (quella direttamente responsabile dell'infestazione) in modo da valutare l'esito dell'infestazione e l'eventuale superamento della soglia di intervento (o soglia di azione AT). Gli insetticidi verranno applicati in base al superamento delle soglie stabilite e sulla base delle valutazioni dell'infestazione eseguite attraverso il campionamento (% di grappoli danneggiati, numero di nidi per infiorescenza, numero di uova e larve per grappolo, numero di bacche danneggiate per grappolo).

Le soglie d'azione (AT) variano notevolmente a seconda della generazione, della suscettibilità della cultivar alla successiva infestazione da *B. cinerea* e della destinazione d'uso del prodotto (uva da tavola, uva passa o produzione di vino).

Innanzitutto, la soglia d'azione è variabile in funzione della generazione d'interesse: solitamente non è necessario controllare le larve di prima generazione con trattamenti chimici, soprattutto se si sviluppano su cultivar con fioriture abbondanti. Nella maggior parte delle cultivar, i danni alle infiorescenze sono infatti compensati da una maggiore percentuale di allegagione e dall'aumento di peso degli acini non danneggiati. Questo spiega la mancanza di una soglia di danno ben definita per la generazione antofaga (Moschos, 2005). Il controllo chimico per la prima generazione viene applicato raramente e solo quando la densità di popolazione è particolarmente elevata o se supera un AT di oltre il 50% di infiorescenze infestate (Loreto *et al.*, 2009; Altimira *et al.*, 2021).

La soglia d'azione per il controllo della seconda e terza generazione varia in funzione delle cultivar ed in particolar modo in base alla compattezza dei grappoli: per cultivar a grappolo spargolo viene previsto il controllo al superamento del 10-15% di grappoli infestati, mentre per cultivar a grappolo compatto, come ad esempio Sangiovese, Chardonnay, Pinot e Sauvignon, questa soglia scende fino al 5-10% dei grappoli attaccati (Ioratti *et al.*, 2008; Delrio *et al.*, 2021).

Un'altra variabile della cultivar che influisce sulla definizione della soglia di intervento è l'epoca di maturazione: la seconda generazione è solitamente più dannosa per le varietà a maturazione precoce (Bagnoli, 1990; Ragusa *et al.*, 2011; Ioratti *et al.*, 2011), dal momento che per queste varietà la fase di maturazione delle uve (la quale costituisce la fase più sensibile a causa della concomitanza con infezioni funginee) coincide proprio con la prima generazione carpo-faga del parassita; al contrario, la terza generazione diventa molto più dannosa per le varietà a maturazione tardiva (Ioratti *et al.*, 2011).

Pavan ed il suo gruppo di ricerca nel 1998, indicano che i livelli di danno economico per la seconda generazione varia tra il 10% e il 30% per le cultivar a maturazione precoce e tra il 40% e il 50% per le cultivar a maturazione tardiva (Pavan *et al.*, 1998). In questo studio

viene però considerato il livello di danno economico (EIL) che corrisponde al valore della più bassa densità di popolazione del parassita che causerà una quantità di danno tale da giustificare il costo del controllo. La soglia d'azione è invece il livello della popolazione che rappresenta il tetto massimo in cui iniziare le misure di controllo, al di sopra del quale si raggiungerebbe il livello di danno economico (EIL), arrivando dunque ad avere perdite economiche. Da ciò si evince che il livello di danno economico, indicato nello studio di Pavan ed altri studiosi nel 1998, è di molto superiore rispetto alla soglia di intervento necessaria ad indirizzare correttamente le operazioni di controllo. Infatti, secondo altri autori la soglia di intervento per la seconda e terza generazione varia tra l'1 - 5% e tra il 10-15% a seconda della compattezza e dell'epoca di raccolta (Ioratti *et al.*, 2008).

1.8.1. Mezzi chimici

Come abbiamo visto, gli insetticidi vengono applicati in base al superamento della soglia d'intervento, la quale può variare in funzione di diversi fattori. Nonostante attualmente la maggior parte dei principi attivi applicati in passato contro *L. botrana* sia stata gradualmente sostituita da prodotti più selettivi e sostenibili dal punto di vista ambientale e della salute umana, alcuni insetticidi di sintesi sono ancora largamente utilizzati in Europa. I più famosi insetticidi utilizzati in passato per il controllo di *L. botrana* e *P. ficus*, come ad esempio il Clorpirifos e Metil-Clorpirifos, sono stati banditi dall'utilizzo a partire dal gennaio del 2020. La Commissione Europea ha adottato alcuni regolamenti per la messa a bando di questi due principi attivi appartenenti alla categoria degli Organo-fosfati, dal momento che alcuni studi condotti dall'Agenzia Europea per la Sicurezza Alimentare (EFSA) hanno dimostrato fenomeni di genotossicità, neurotossicità e l'induzione di danni cerebrali irreversibili riscontrati nello sviluppo dei bambini. Per queste ragioni, dal gennaio 2020, questi due pesticidi dannosi sono stati vietati in tutti i paesi dell'Unione Europea. Attualmente, il disciplinare di produzione integrata della vite prevede la possibilità di utilizzo di diverse sostanze attive per il controllo delle popolazioni di *L. botrana* nei vigneti: possono essere utilizzati insetticidi neurotossici (Clorantraniliprole, Indoxacarb) e alcuni principi attivi di derivazione naturale (Emamectina, Spinosad e Spinetoram). Possono inoltre essere utilizzati i regolatori di crescita, tra cui troviamo il Fenoxycarb, Metossifenozone e Tebufenozone.

Per essere efficaci, queste sostanze devono essere applicate quando il parassita è nella sua

fase di sviluppo più vulnerabile, il che rende fondamentale un accurato monitoraggio e campionamento del fitofago al fine di determinare programmi di trattamento ottimali. Grazie alla crescente accuratezza degli strumenti di previsione, una singola applicazione di insetticida per controllare la seconda generazione è solitamente efficace nella maggior parte dei vigneti europei. Nelle regioni meridionali sono invece necessari più trattamenti per controllare *L. botrana*.

1.8.2. Mezzi biologici: nemici naturali

Nella difesa integrata dei parassiti delle colture, il controllo biologico consiste in tutte quelle strategie che sfruttano gli antagonisti naturali dei fitofagi dannosi in agricoltura. Nello specifico la lotta biologica prevede sia il rilascio nell'agrosistema dei nemici naturali a determinati fitofagi, che l'attuazione di protocolli che favoriscano la conservazione della fauna ausiliaria autoctona presente nell'agrosistema. Per avere successo in questo approccio è essenziale avere una conoscenza fondata dell'ecosistema e dell'etologia del fitofago; inoltre va considerata anche l'interazione che ambiente e pianta ospite possono avere sul rapporto antagonista naturale-fitofago (van Lenteren, 2006; Moreau *et al.*, 2010). All'interno di un qualsiasi ecosistema, ogni specie è soggetta all'interazione con fattori di controllo, viventi o non, che regolano la dinamica della popolazione. Tra questi fattori troviamo innanzitutto l'importante compito svolto dagli organismi viventi che con quella specie instaurano rapporti di antagonismo come la predazione, il parassitismo, la competizione interspecifica.

La lotta biologica non ha come obiettivo il completo azzeramento della popolazione di un organismo dannoso, bensì quello di mantenerla entro livelli tali da non costituire un danno per l'agrosistema. Questo aspetto differenzia nettamente la lotta biologica da altri mezzi di difesa, come ad esempio la lotta chimica convenzionale e la lotta biotecnica, nei quali si può anche contemplare l'abbattimento della popolazione dell'organismo dannoso. Ad esempio, l'impiego del *Bacillus thuringiensis* potrebbe essere interpretato come un mezzo di lotta biologica, in realtà ha prerogative che si avvicinano più alla lotta chimica che alla lotta biologica in quanto consiste in un intervento che si prefigge di abbattere la popolazione del fitofago indipendentemente dagli sviluppi successivi. Al contrario, l'inoculo di un predatore o di un parassitoide in un agrosistema è da considerarsi un intervento di lotta biologica in quanto il meccanismo di controllo del fitofago si basa

sull'evoluzione dinamica delle popolazioni secondo i modelli ecologici.

Per quanto concerne il controllo biologico di *L. botrana*, è stata individuata una quantità notevole di specie antagoniste, che tuttavia varia notevolmente nel tempo e nello spazio a causa della fisiologia del nemico naturale, della sua attività in natura e della nicchia ecologica in cui vive.

Sono state descritte circa 21 specie di predatori naturali di *L. botrana*, appartenenti sia alla classe degli insetti che a quella degli aracnidi (Solinas, 1962; Coscollá, 1997). Tra gli insetti predatori troviamo specie appartenenti a vari ordini (Neuroptera, Coleoptera, Dermaptera, Hymenoptera e Hemiptera). Le specie di aracnidi individuati come predatori di *L. botrana* appartengono a diverse famiglie quali: *Clubionidae*, *Theridiidae*, *Tomisidae*, *Linyphiidae*, *Salticidae*.

In Italia, oltre a insetti, aracnidi, volatili e piccoli mammiferi, che hanno attività predatoria nei confronti di EGVM, sono riconosciute oltre 90 specie di parassitoidi; la maggior parte di questi insetti appartengono a famiglie dell'ordine degli Imenotteri quali: *Braconidae*, *Ichneumonidae*, *Pteromalidae*, *Trichogrammatidae* e ad una famiglia di Ditteri, quella dei *Tachinidae* (Scaramozzino *et al.*, 2017). All'interno della famiglia *Ichneumonidae*, la specie *Campoplex capitator* (figura 13), rappresenta il miglior candidato come parassitoide larvale nell'areale del Mediterraneo.



Figura 12- *esemplare di Campoplex capitator*

Quest'insetto è largamente utilizzato nella lotta biologica grazie alla sua efficienza naturale di parassitismo, alla sua densità e grazie alla sua ampia distribuzione geografica. È anche la specie parassitoide più diffusa nei vigneti europei. Per tali caratteristiche viene allevato

artificialmente a livello massale (Thiéry e Xuéreb, 2004). Tuttavia, alcuni limiti riscontrati nelle tecniche di allevamento massale ne hanno limitato fino a qualche anno fa l'utilizzo artificiale in vigneto (Lucchi, 2014). Solamente negli ultimi anni sono stati raggiunti risultati incoraggianti nell'allevamento massale, tali da promettere in futuro un utilizzo più efficiente (Lucchi *et al.*, 2017).

I *Trichogramma spp.* sono micro-imenotteri parassitoidi che agiscono sulle uova. Nei test di laboratorio il loro utilizzo nei confronti di *L. botrana* ha garantito un livello di parassitismo del 95%. La loro liberazione in massa in campo (migliaia di micro-vespe a settimana) potrebbe essere uno strumento efficace per il controllo delle uova, soprattutto se integrato ad altri mezzi di controllo. Per utilizzare questi parassiti, è importante monitorare le falene adulte presenti sul campo per individuare i periodi di maggiore frequenza di ovideposizione. Negli anni sono stati svolti gli studi finalizzati all'impiego di *Trichogramma spp.*, tuttavia il metodo non è stato ancora commercializzato (Castaneda-Samayoa *et al.*, 1993; Lucchi *et al.*, 2016).

In genere, la frequenza del parassitismo delle uova e delle larve è elevata nelle prime due generazioni e diminuisce drasticamente nella generazione di svernamento, che è principalmente influenzata dai parassitoidi larvo-pupali e pupali. Sono ancora necessari ampi sforzi scientifici per sviluppare un controllo biologico efficace per l'uso pratico nel settore viticolo.

1.8.3. Mezzi microbiologici

I microrganismi ammessi per la difesa biologica contro gli insetti dannosi sono elencati nell'allegato 2 del Reg. (CE) N. 889/2008. Tra i principali mezzi microbiologici attualmente disponibili per il controllo di *L. botrana* troviamo diverse specie di funghi entomo-patogeni, batteri e virus. Nel corso degli ultimi decenni sono stati isolati e selezionati ceppi di microrganismi utili con attività selettiva nei confronti di specie di insetti specifiche. Questi ceppi vengono prodotti in apposite biofabbriche in cui vengono allevati e, grazie ad innovative formulazioni, vengono messi a disposizione dell'utilizzatore numerosi prodotti commerciali caratterizzati da elevata stabilità e vitalità dei microrganismi contenuti. Da pochi microrganismi disponibili negli anni '60 oggi ne sono disponibili diverse decine rappresentati da specie e ceppi aventi diversi meccanismi d'azione.

Per garantire l'efficacia dei prodotti a base di microrganismi è molto importante seguire rigorose tecniche di distribuzione: è importante operare in giornate con temperature miti e con un certo grado di umidità, verificando il pH dell'acqua. La vitalità dei microrganismi può essere infatti compromessa da alte o basse temperature, forte radiazione solare, condizioni disidratanti e da pH alcalini superiori a 7 o acidi inferiori a 5. I preparati microbiologici utilizzabili contro gli insetti sono caratterizzati solitamente da un breve tempo di carenza, e presentano una bassa tossicità dal punto di vista ambientale ed ecotossicologico.

I biopesticidi a base di *Bacillus thuringiensis* sono i più conosciuti ed utilizzati a livello mondiale grazie alla loro tossicità nei confronti di un'ampia gamma di insetti parassiti di diversi ordini e grazie all'elevato profilo ecotossicologico. Esistono diversi ceppi specifici nei confronti di determinati ordini di insetti e nei confronti dei Lepidotteri sono attualmente adoperate due sottospecie: *kurstaki* e *aizawai* (Krywienczyk *et. al.*, 1980). Il *Bacillus thuringiensis* è un batterio gram-positivo aerobio, sporigeno e flagellato. La sua attività insetticida è dovuta alla produzione di un'inclusione citoplasmatica, ossia di corpi cristallini contenenti una δ -endotossina, sintetizzata durante il processo di sporulazione (Palma *et al.*, 2014). Le δ -endotossine delle due sottospecie di *B. thuringiensis* *kurstaki* e *aizawai* sono efficaci nei confronti delle larve di *L. botrana*. L'azione insetticida si verifica quando le spore e le delta endotossine vengono ingerite dalle larve, per poi essere solubilizzate e trasformate in tossine attive grazie alla reazione con il pH alcalino dell'intestino medio delle larve. Le tossine attive si legano a specifici recettori e inducono la formazione di pori nella membrana delle cellule intestinali, causando la perdita dell'integrità della membrana e la lisi cellulare che permette ai batteri di entrare nell'emocele, portando infine alla morte della larva per setticemia o inedia (Kumar *et al.*, 1996). Lo stadio larvale di *L. botrana* più suscettibile all'azione della δ -endotossina è quello di prima età. Per questo motivo è necessario monitorare i grappoli e applicare il prodotto alle uova nello stadio di sviluppo della testa nera. In questo modo, le larve di prima età che fuoriescono dalle uova entro 24 ore avranno un contatto diretto con il microrganismo presente al di sopra degli acini. Al fine di ottenere i migliori risultati con questo microrganismo è necessario impiegarli quando le temperature sono comprese tra i 20 e i 30 °C. Inoltre, per migliorare l'appetibilità del batterio, è necessario aggiungere il prodotto con sostanze zuccherine e sostanze che garantiscano la protezione dall'azione dei raggi ultravioletti. Il BTK va applicato in funzione dell'entità e della scalarità prevista nella schiusura delle uova, tenendo conto che la durata di azione non supera i 7 – 8 giorni (Barbieri, 1987). Questo trattamento non viene

solitamente effettuato contro la prima generazione della tignoletta. Per la seconda e terza generazione invece, soprattutto su cultivar tardive, vengono consigliati due interventi in caso di superamento della soglia d'azione: il primo trattamento deve essere posizionato all'incirca all'inizio della schiusura delle uova (fase di uova testa nera), ossia dopo circa 9 e 16 giorni dopo il rinvenimento delle prime catture (rispettivamente per il secondo e terzo volo); viene previsto un secondo trattamento, a causa della bassa persistenza del formulato, a distanza di una settimana dal primo (Bagnoli, 1990). Un' unica applicazione di *B. thuringiensis* può essere sufficiente per i vigneti in cui il periodo di ovideposizione è breve e/o il livello di infestazione modesto (Barbieri, 1987).

I funghi entomopatogeni (EPF) sono microrganismi in grado di infettare e controllare in modo naturale le popolazioni di artropodi. Circa l'80% dei prodotti a base di funghi entomopatogeni si basa su varietà dei generi *Metarhizium* e *Beauveria*, poiché entrambi hanno un'ampia gamma di ospiti e sono facili da produrre in serie (Butt *et al.*, 2016). Tuttavia, in natura esistono diversi generi di funghi capaci di parassitizzare le pupe di *L. botrana*. Tra questi troviamo i generi *Spicaria*, *Beauveria*, *Paecilomyces*, *Aspergillus*, *Cephalosporium*, *Cladosporium*, *Penicillium*, *Citromyces*, *Verticillium* e *Stemphylium*. Oltre a controllare le popolazioni degli insetti, è stato visto che i funghi entomopatogeni formano relazioni complesse con le piante. Alcuni studi hanno dimostrato che *M. robertsii* e *B. bassiana* forniscono alle piante parte dell'azoto che assorbono durante la parassitizzazione degli insetti (Behie e Bidochka, 2014; Litwin *et al.*, 2020), favorendo la crescita delle piante (Ríos-Moreno *et al.*, 2016).

È stato inoltre dimostrato che *Beauveria bassiana* agisce come organismo endofita (colonizzando l'interno delle piante) in circa 25 specie vegetali, contribuendo anche al controllo di parassiti e funghi fitopatogeni (McKinnon *et al.*, 2017; Vega 2018; Litwin *et al.*, 2020).

Il meccanismo d'azione dei funghi entomopatogeni prevede la formazione di diverse strutture (conidi, tubo germinale, appressorio, ifa e blastospore) che permettono la parassitizzazione dell'insetto: in particolar modo i conidi aderiscono alla cuticola dell'ospite, differenziando successivamente l'appressorio a partire dal tubo germinale. L'appressorio penetra all'interno della cuticola dell'insetto. Successivamente avviene la colonizzazione dell'emocele da parte delle blastospore ed infine le ife prodotte all'interno del corpo dell'insetto emergeranno ed avverrà la sporulazione che favorisce la dispersione nell'ambiente dei conidi, responsabili di nuove infezioni.

1.8.4. Confusione sessuale

La tecnica della confusione sessuale è un metodo di lotta biotecnica, ossia che si basa sulla manipolazione del comportamento riproduttivo degli insetti fitofagi: esso consiste nel rilascio nell'ambiente di una quantità tale di feromoni sintetici, ovvero composti chimici volatili, con l'obiettivo di interrompere la comunicazione interspecifica tra i due sessi durante l'accoppiamento, consentendo di ostacolare gli individui maschi nella localizzazione della femmina, e di conseguenza limitando la riproduzione (Franco *et al.*, 2011).

I primi esperimenti condotti in campo per il controllo della tignoletta tramite confusione sessuale risalgono alla seconda metà degli anni '70 (Roehrich *et al.*, 1977). Tuttavia in queste prove le dosi di feromone sintetico erano eccessivamente ridotte per l'applicazione su larga scala e non permisero di ottenere risultati efficaci. Negli anni successivi, gli ottimi risultati che si stavano ottenendo nel controllo di *E. ambiguella* con tale tecnica, permisero di rivalutare la confusione sessuale anche nei confronti di *L. botrana* (Charmillot *et al.*, 1987; Neumann, 1987). In Italia, i primi risultati positivi nell'utilizzo della confusione sessuale sono stati ottenuti in Trentino (Varner *et al.*, 2001). Attualmente, grazie alla maggiore disponibilità sul mercato di formulati sempre più efficaci, questa tecnica è applicata in Europa su più di 140.000 ha di vigneti (Ioratti *et al.*, 2012), ma anche nel resto del mondo (Witzgall *et al.*, 2010; Cooper *et al.*, 2014).

Il meccanismo d'azione alla base della confusione sessuale agisce attraverso diversi meccanismi cooperanti: in primo luogo, l'elevata quantità di feromone rilasciato nell'ambiente determina nei maschi adulti una sorta di "assuefazione sensoriale" cioè una completa saturazione dei recettori presenti sugli antenomeri, tale da impedire la percezione del feromone naturale prodotto dalle femmine; secondariamente, il feromone di sintesi diffuso nell'aria determinerebbe una competizione con il feromone naturale emesso dalla femmina, mimetizzando la scia originale, instaurando una vera e propria competizione tra feromoni artificiali e naturali (Cardé, 2007).

Indipendentemente dalla tipologia di dispenser a rilascio passivo, eccezione fatta per i dispositivi centralizzati ad aerosol, questi devono essere installati omogeneamente circa 500 erogatori per ettaro, disposti tra grappoli e foglie in modo da essere protetti dalla luce solare (Vitta, 2020). I dispenser vanno posizionati prima dell'inizio del primo volo,

poiché applicazioni successive all'inizio del primo volo non permettono di ottenere un controllo adeguato.

A differenza dei sistemi tradizionali di rilascio passivo, i distributori centralizzati ad aerosol garantiscono un rilascio mirato del feromone: utilizzando dei sensori che forniscono i dati climatici della zona da trattare, permettono di controllare a distanza il rilascio dei feromoni in risposta all'attività del fitofago; il tasso di erogazione dei feromoni aumenta infatti nei momenti in cui il parassita è maggiormente attivo, in modo da ottenere la massima efficacia associata ad un minore spreco di prodotto.

La tecnica della confusione sessuale presenta alcuni limiti che possono comprometterne l'efficacia: densità di popolazione di *L. botrana* troppo alte possono ridurre di molto l'efficacia del trattamento (Feldhege *et al.*, 1995); l'efficacia viene ridotta anche nel caso di applicazione in vigneti troppo poco estesi (la superficie minima di applicazione è in genere di 10-15 ettari).

Dal momento che le trappole a feromoni non sono in grado di fornire informazioni corrette sulla presenza degli adulti, se applicate durante il trattamento con la confusione sessuale, il campionamento diretto sulla popolazione pre-immaginale per stimare il livello di infestazione rappresenta il miglior metodo per valutare l'efficacia della confusione sessuale.

2. SCOPO DELLA RICERCA

La sperimentazione, che è stata condotta nel 2021, ha avuto come prima finalità quella di monitorare uno dei principali fitofagi del vigneto, *Lobesia botrana* (Denis e Schiffr.).

L'importanza di questa operazione risiede nel fatto che mediante il monitoraggio, oltre ad individuare la tendenza di sviluppo del lepidottero, si può valutare il cambiamento nella distribuzione della popolazione in funzione dell'evoluzione dell'ambiente di sviluppo. Inoltre, vengono forniti dati utili che divengono indicatori, sia per organizzare gli interventi di controllo, ma anche per considerare la biodiversità.

Il secondo proposito è stato esaminare l'entità dei danni e la loro frequenza in funzione della diversità varietale presente nel vigneto di riferimento. Ogni cultivar è infatti caratterizzata da un diverso grado di suscettibilità la quale deriva in parte, dall'etologia di *L. botrana*.

3. MATERIALI E METODI

3.1 Disegno sperimentale

La sperimentazione si è svolta nel il 2021 in un vigneto ubicato in Italia centrale, presso il comune di Loreto, provincia di Ancona (43°25'47"N 13°37'14"E, 75-84 m s.l.m.)



Figura 13- vigneto presso cui si è svolta la sperimentazione, comune di Loreto

L'appezzamento presentava due cultivar di vite: Sangiovese e Petit Verdot, due viti a bacca nera, con portainnesti Kober 5BB; entrambe le varietà sono state allevate con il sistema Guyot con distanze tra e lungo i filari di 3,0 m e 1,3 m (figura 15).

Per evidenziare il confronto varietale sono stati scelti due filari di arbusti per ciascuna cultivar e tre file laterali sono state escluse, in entrambi i casi, per evitare l'effetto margine. Questo fenomeno implica interferenze esterne sui confini che possono compromettere l'equilibrio del determinato sistema.



Figura 14- rappresentazione della forma di allevamento e sesto d'impianto

Per ogni trattamento è stata considerata una sola varietà. Il disegno sperimentale prevedeva la suddivisione di ciascun trattamento in 4 repliche e durante lo svolgimento dell'intera prova non sono stati effettuati trattamenti fitosanitari contro *L. botrana*.

Le informazioni relative ai regimi termici ed di umidità relativa sono stati presi dal “Sistema Informativo Regionale Meteo-Idro-Pluviometrico” (SIRMIP), gestito dal Servizio di Protezione Civile della Regione Marche. (SIRMIP on-line. <http://app.protezionecivile.marche.it/sol/indexjs.sol?lang=it>).

3.2 Monitoraggio degli adulti

Per la realizzazione di un'analisi accurata della dinamica di popolazione adulta di *L. botrana* sono state utilizzate trappole a pagoda (TRAPTEST Isagro®) innescate con feromone sessuale. TRAPTEST è un dispositivo indicato per il monitoraggio di specie di lepidotteri di piccola e media taglia, ed è formato da un tettuccio e da un fondo coloso, uniti tra loro ad assi incrociati (figura 16)

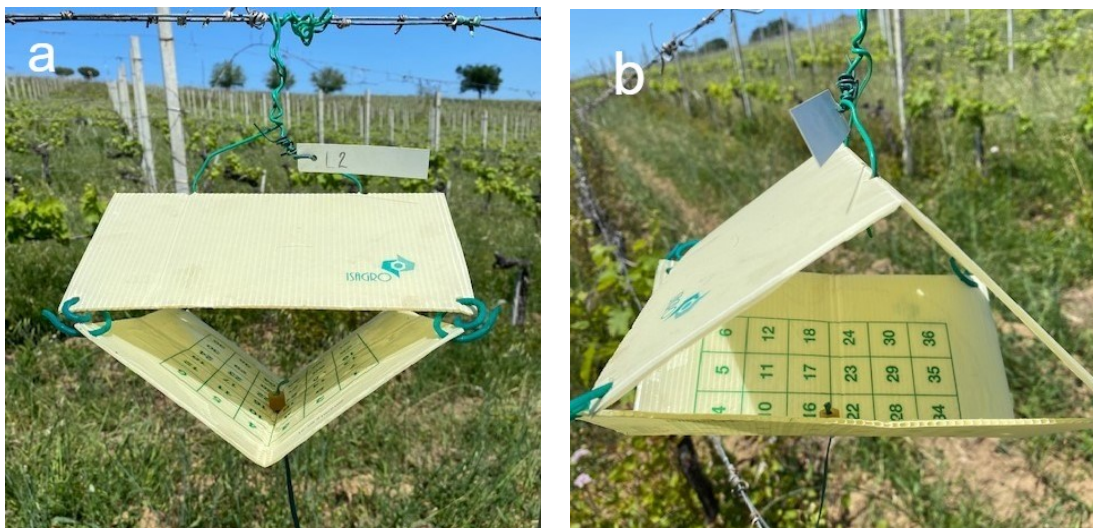


Figura 15- trappola TRAPTEST Isagro® utilizzata per lo svolgimento della prova:
 (a) visione frontale; (b) visione laterale

Sono state utilizzate due trappole in ciascuna varietà le quali sono state disposte in vigneto il 23 marzo. I dispositivi/strumenti sono stati posizionati ad un'altezza costante di 1.5 m da terra all'interno della chioma, in prossimità dei grappoli.

Inoltre per aggirare l'effetto confine e l'interferenza con le trappole adiacenti i congegni sono stati collocati a 27 m dalle fasce di bordo del vigneto e ad una distanza lungo il filare di 50 metri.

Per provvedere ad una corretta raccolta dati gli erogatori del feromone sono stati sostituiti una volta ogni quattro settimane, come indicato dalla casa produttrice; diversamente i fondi adesivi sono stati cambiati quando risultavano eccessivamente contaminati a tal punto da ostacolare il riconoscimento degli individui. Tutte le trappole sono state controllate una volta a settimana registrando il numero di catture maschili (figura 17).

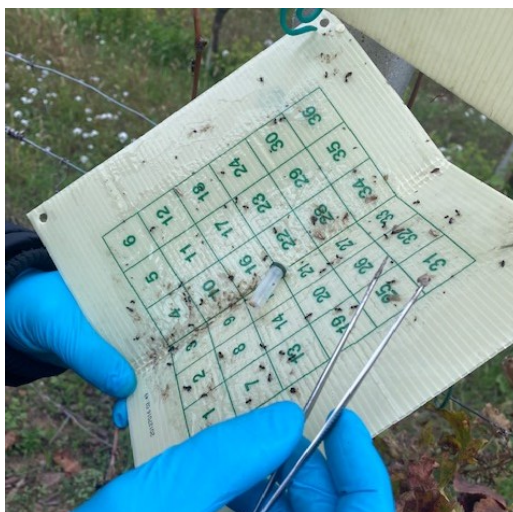


Figura 16- controllo catture

3.3 Valutazione dell'indice di infestazione e della severità di infestazione

È stato effettuato un confronto varietale allo scopo di determinare l'indice di infestazione di *L. botrana* e la severità (grado) di infestazione sulle due cultivar. È stato effettuato un campionamento non distruttivo in cui le unità di campionamento sono state costituite dalle infiorescenze e dai grappoli. Le indagini sono state condotte su piante campionate in modo casuale e situate su due filari adiacenti al centro di ciascuna cultivar. Le file esterne di Petit Verdot e Sangiovese sono state escluse da entrambi i lati delle parcelle per evitare un potenziale effetto bordo (Shahini *et al.*, 2010). Ogni trattamento era composto da 45 piante per varietà.

La valutazione dei danni sulle viti è stata effettuata attraverso l'ispezione visiva di tutte le infiorescenze e di tutti i grappoli delle 45 piante selezionate per ogni cultivar. La stagione di campionamento è stata suddivisa in tre diversi periodi; a giugno sono state controllate tutte le infiorescenze al fine di verificare la presenza di nidi larvali e/o larve vive di prima generazione. A luglio sono stati controllati tutti i grappoli verdi per verificare la presenza di acini infestati con presenza di fori di penetrazione larvali e/o larve vive imputabili alla seconda generazione. A settembre sono stati controllati tutti i grappoli per verificare la presenza di bacche mature infestate dalla terza generazione, allo stesso modo di come è avvenuto per la seconda generazione.

Per valutare l'indice di infestazione per pianta, sono state contate tutte le infiorescenze infestate e i grappoli infestati con presenza di nidi larvali, acini con almeno un foro di penetrazione larvale o almeno una larva viva (a seconda dello stadio fenologico). L'indice di infestazione della pianta è stato dunque calcolato come il numero di infiorescenze o di

grappoli infestati rispetto al numero totale di infiorescenze e di grappoli esaminati per ciascuna pianta (Vassiliou *et al.*, 2011).

Oltre all'indice di infestazione per pianta, che fornisce informazioni sulla proporzione di presenza di grappoli o infiorescenze infestate per pianta, è stato calcolato un indice quantitativo di gravità dell'infestazione per pianta. Questo indice tiene conto dell'abbondanza del parassita o delle sue tracce di presenza. La gravità dell'infestazione dei grappoli di fiori è stata calcolata dividendo la somma di tutti i nidi larvali per pianta, per il numero totale di infiorescenze della stessa pianta (prima generazione). Per le generazioni carpofaghe (seconda e terza generazione), la gravità dell'infestazione del grappolo è stata calcolata dividendo il numero di larve vive e/o di acini infestati con presenza di fori di penetrazione larvale per il numero totale di grappoli della pianta selezionata.

3.4 Analisi statistica

Per ogni cultivar è stata calcolata la somma complessiva di grappoli ed infiorescenze totali e quella dei grappoli ed infiorescenze infestate, insieme al loro errore standard (SE). Le stesse statistiche di sintesi sono state calcolate per la severità dell'infestazione delle infiorescenze durante la prima generazione e dei grappoli nella seconda e terza generazione.

La distribuzione del numero medio di infiorescenze e di grappoli per pianta, dell'indice di infestazione, della severità dell'infestazione delle infiorescenze e dei grappoli non è risultata normalmente distribuita.

Lo stesso vale per la distribuzione delle catture per trappola. La trasformazione della radice quadrata dell'arcoseno dei dati non è stata in grado di normalizzare le distribuzioni e di omogeneizzare le varianze dei dati del campione (Vassiliou *et al.*, 2011).

Sono state dunque eseguite analisi non parametriche durante tutta la durata dell'esperimento:

- Il test di Mann-Whitney è stato utilizzato per confrontare le distribuzioni del numero di infiorescenze e di grappoli per pianta nelle due cultivar di vite.
- Il Coefficiente di correlazione per ranghi di Spearman è stato utilizzato per indagare una potenziale relazione tra l'abbondanza delle infiorescenze e dei grappoli per cultivar e il loro indice di infestazione e/o per la gravità dell'infestazione di infiorescenze e grappoli. L'obiettivo di questa analisi era quello di valutare una potenziale variabile confondente che potesse compromettere il confronto dell'indice di infestazione e/o della gravità tra le due cultivar.

- Il test della mediana di Mood è stato utilizzato per confrontare l'indice di infestazione e la severità di infestazione delle due cultivar. Sono state effettuate tre analisi separate per ciascuna data di campionamento. Per ottenere un campione più affidabile dal punto di vista statistico, delle piante precedentemente selezionate sono state considerate solo quelle con almeno cinque infiorescenze o grappoli.
- Il test dei segni a campioni appaiati è stato utilizzato per determinare la differenza tra i numeri di catture dei maschi nelle trappole a feromoni. In ogni data di campionamento è stato registrato il numero medio di catture delle due trappole per cultivar per notte. Per ottenere un campione statisticamente più rappresentativo, sono state prese in considerazione solo le date in cui sono stati rilevati almeno cinque maschi a settimana in ciascuna delle due trappole. L'analisi delle catture delle trappole è stata condotta contemporaneamente in tutte le date di monitoraggio, a causa delle ridotte dimensioni del campione, utilizzando le date dei monitoraggi come repliche per un confronto a coppie. Il set completo di dati delle trappole è stato utilizzato per tracciare la dinamica della popolazione di *L. botrana* durante la stagione.

Tutte le analisi sono state eseguite utilizzando il programma “R” (versione 4.2.0 - Core team 2022) e i seguenti pacchetti: tidyverse (versione 1.3.0; Wickham *et al.*, 2019), rmarkdown (Allaire *et al.*, versione 2.14.), DescTools (versione 0.99.45; Signorell *et al.*, 2022).

4.RISULTATI

4.1 Analisi monitoraggio degli adulti

Nel 2021 è stato effettuato uno studio sulla dinamica di popolazione di *L. botrana*, andando ad osservare le fluttuazioni della popolazione maschile durante l'intero periodo di monitoraggio. L'andamento della popolazione, determinato in base alla media degli esemplari adulti maschi catturati settimanalmente nelle trappole, ha indicato che *L. botrana* ha formato 3 picchi di volo completi e un quarto parziale, come mostrato nella Fig. 18.

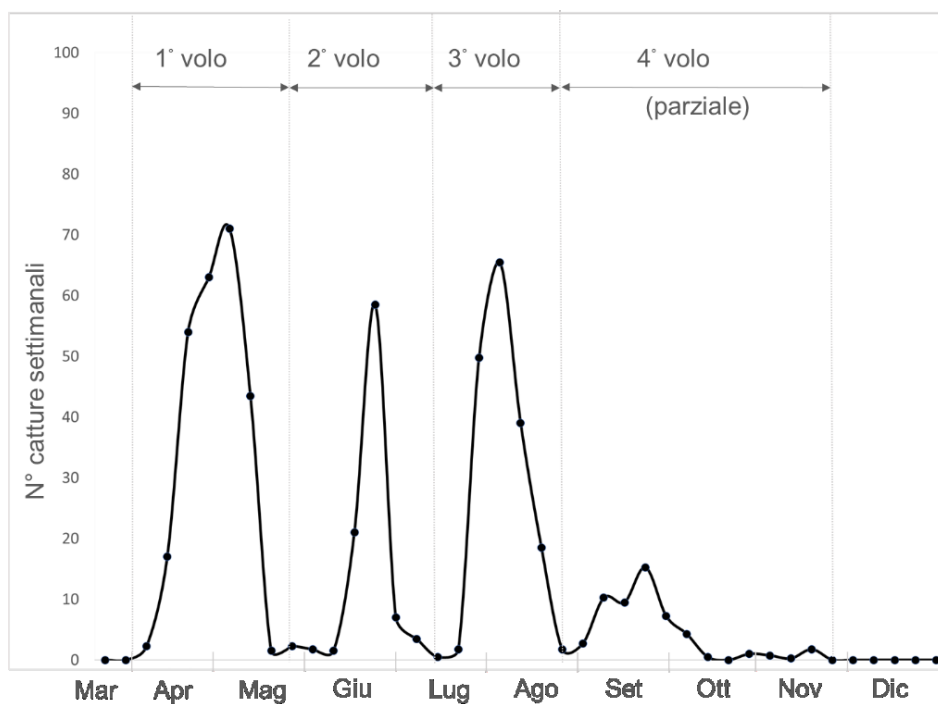


Figura 17- Andamento stagionale complessivo del numero medio di maschi catturati nel 2021.

La Fig. 18 indica che sono stati osservati i primi adulti di *L. botrana* nelle trappole a feromoni a partire dal 6 aprile con una media di 2,25 adulti per trappola per settimana, quando la temperatura media era di 9,5 °C e l'umidità relativa di 55% (Fig. 19) . L'innalzamento repentino delle catture riscontrato già a partire dalla settimana successiva (13 aprile) ha indicato l'inizio del primo volo (1° generazione).

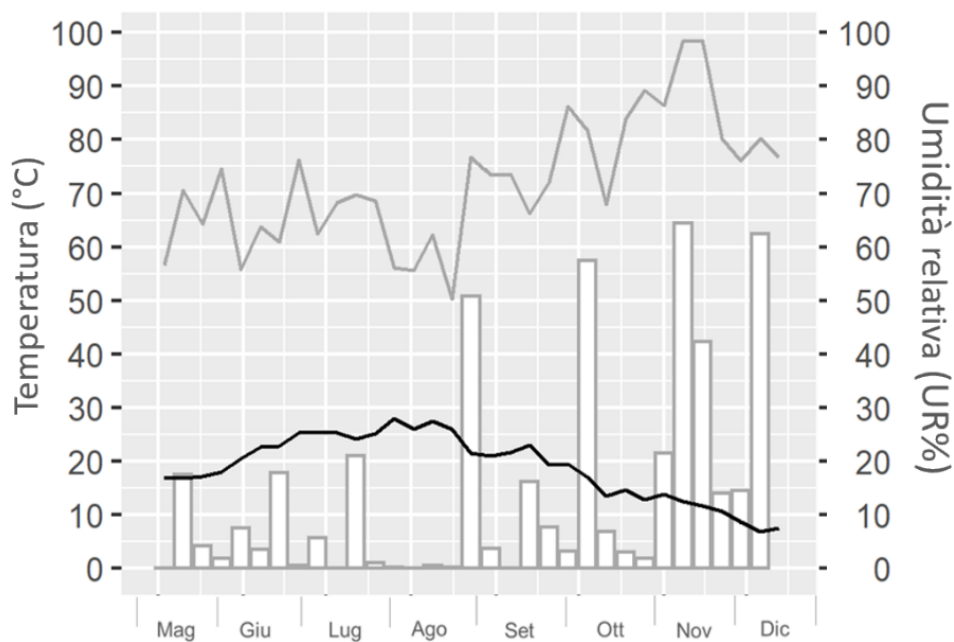


Figura 18- *Andamento stagionale complessivo dei dati meteorologici a Loreto, provincia di Ancona (Italia) nel 2021: le barre indicano la somma complessiva delle precipitazioni medie giornaliere in mm; la linea in grassetto rappresenta il valore medio giornaliero della temperatura; la linea grigia rappresenta il valore medio giornaliero di 'umidità relativa.*
Fonte: SIRMIP online

<http://app.protezionecivile.marche.it/sol/indexjs.sol?lang=it>

Il maggior numero di maschi di prima generazione è stato osservato grazie al raggiungimento del primo picco di volo il 4 maggio, con una media di 71 adulti per trappola. Il primo volo è terminato il 18 maggio, periodo in cui è stato individuato un repentino decremento delle catture che ha portato ad una media delle catture di 1,5 individui per trappola.

Le catture sono rimaste basse per circa 20 giorni, per poi ricominciare a salire a partire dall'8 giugno. Il secondo picco di volo è stato individuato il 23 giugno con una media di 58,5 maschi catturati per trappola. Il secondo volo è terminato il 29 giugno quando le catture sono scese raggiungendo una media di 7 individui per trappola.

Come avvenuto per il secondo volo, anche il terzo è iniziato circa 3 settimane dopo la fine del precedente. Il terzo picco di volo è stato individuato il 3 agosto un valore medio di 65,5 adulti per trappola. Il terzo volo si è concluso il 24 agosto quando le catture sono scese fino a raggiungere un valore medio di 1,75 maschi per trappola.

È stato individuato anche un quarto picco di volo parziale il 22 settembre con un valore medio delle catture di 15,25 individui per trappola.

Il volo della popolazione maschile di *L. botrana* nel vigneto di Loreto è terminato il 17 novembre, quando la temperatura era di 12,25 °C. Di conseguenza, la durata dell'attività di volo di *L. botrana* in questo vigneto è stata di 8 mesi.

4.1.1 Confronto delle catture giornaliere dei maschi adulti nelle due cultivar

Complessivamente, le trappole nel Petit Verdot hanno catturato un numero maggiore di individui di *L. botrana* (Fig. 3). Le date di monitoraggio sono state ridotte da 34 a 12, dal momento che sono state escluse quelle con meno di 5 esemplari per trappola/settimana. L'analisi con il test dei segni a campioni appaiati ha mostrato una differenza statisticamente molto significativa tra il numero di maschi intrappolati per notte tra le due cultivar (valore $p < 0,01$). Il numero mediano di maschi catturati durante la stagione di campionamento per trappola e giorno è stato di 5,18 per il Petit Verdot e di 3,41 per il Sangiovese. Il test fornisce un valore di differenza tra le mediane di 1,1 maschi/trappola/data di monitoraggio. Questa differenza ricade all'interno di un intervallo, i cui limiti di confidenza sono 0,6 e 3,1 maschi catturati al giorno, per trappola.

(Conf.Int. (0,95%): 0.6 ~ 3.1). In definitiva le trappole nel Petit Verdot hanno catturato 0,78 maschi al giorno per trappola in più rispetto al Sangiovese (valore calcolato dividendo la statistica *Z* approssimata per la radice quadrata della dimensione del campione).

Figura 19- Distribuzione del numero medio di maschi di *Lobesia botrana* nelle due trappole a feromoni per ciascuna cultivar. Ogni punto rappresenta la media di due trappole. I box plots indicano la mediana (linea continua). Le linee tratteggiate rappresentano la coppia di campioni (ossia i due valori medi per data di monitoraggio) utilizzati nell'analisi dei dati accoppiati

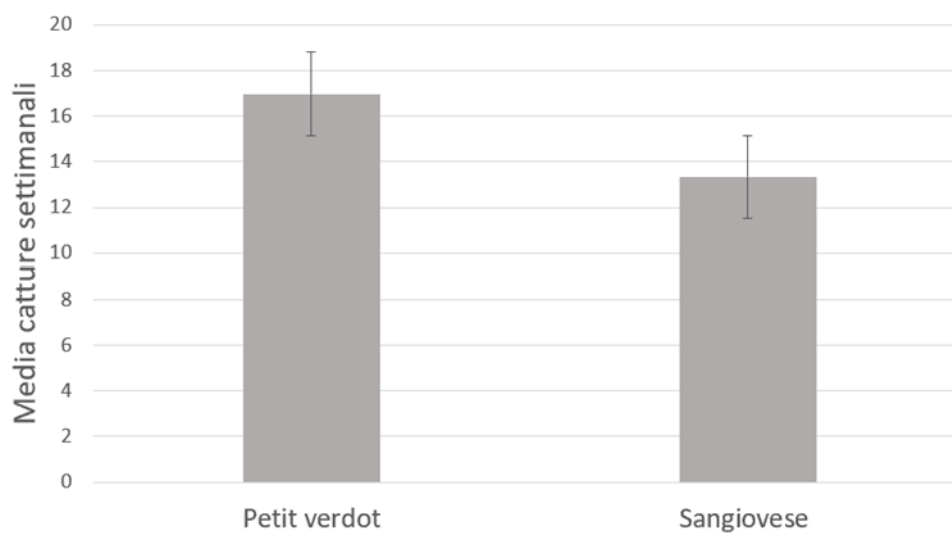
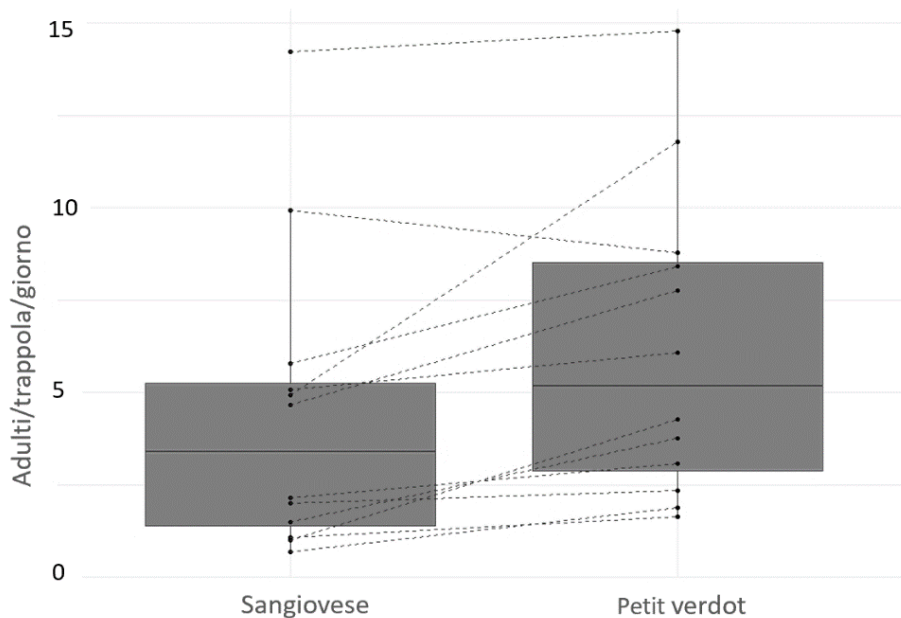


Figura 20- Media delle catture settimanali nelle due cultivar

4.2 Valutazione dell'indice di infestazione e della severità di infestazione in funzione della suscettibilità varietale

4.2.1 Confronto dell'abbondanza di grappoli e infiorescenze nelle due cultivar

Durante il periodo di campionamento sono stati ispezionati visivamente una totalità di 5601 grappoli e infiorescenze (Tab. 2). Di questi, 4197 sono stati trovati nel Petit Verdot (1603 infiorescenze a giugno, 1311 grappoli a luglio e 1283 grappoli a settembre). Rispetto al totale, solamente 1404 sono stati individuati nel Sangiovese (527 infiorescenze a giugno, 453 grappoli a luglio e 424 grappoli a settembre). Complessivamente, è stata riscontrata circa 3 volte la quantità di grappoli e infiorescenze nel Petit Verdot rispetto al Sangiovese. La differenza nel numero di infiorescenze per pianta tra Sangiovese e Petit Verdot è risultata altamente significativa dal punto di vista statistico (indagine di giugno: test WMW; $w = 127$, $p\text{-value} < 0,000$), così come per i grappoli (indagine di luglio: test WMW, $w = 193$, valore $p < 0,000$; indagine di settembre: test WMW, $w = 175$, valore $p < 0,000$).

| Date | I° data di campionamento | | II° data di campionamento | | III° data di campionamento | |
|--------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------|
| | N° totale Infiorescenze | N° Infiorescenze infestate | N° totale grappoli | N° grappoli infestati | N° totale grappoli | N° grappoli infestati |
| Sangiovese | 527 | 187 | 453 | 172 | 424 | 110 |
| Petit Verdot | 1603 | 176 | 1311 | 189 | 1283 | 116 |

Tabella 2 - Numero di infiorescenze e di grappoli infestati sul totale dei campionati, per ogni data di campionamento (I° campionamento, giugno; II° campionamento, luglio; III° campionamento, settembre) e cultivar.

Tuttavia, la maggiore densità di grappoli e di infiorescenze nel Petit verdot non sembra essere una variabile confondente per l'analisi di confronto tra le cultivar di vite. L'analisi di correlazione di rango di Spearman calcolata tra l'abbondanza di infiorescenze per pianta e l'indice di infestazione per pianta, o la gravità per pianta, non ha mostrato un chiaro modello di associazione (Tab. 3). I coefficienti di correlazione di Spearman tra l'abbondanza di infiorescenze e grappoli per pianta e l'indice di infestazione o la severità per pianta sono risultati bassi e non statisticamente significativi nei campionamenti di giugno e luglio. L'unico

coefficiente di correlazione significativo riguarda la cultivar Petit verdot nel campionamento di settembre. In quest'ultimo caso specifico, è stata riscontrata una correlazione positiva, seppur a getto moderato, tra l'abbondanza di grappoli per pianta e sia l'indice di infestazione che la gravità (n° grappoli per pianta - indice di infestazione: rs (43) 0,313, p-value = 0,036; n° grappoli per pianta - indice di gravità: rs (43) 0,333, p-value = 0,025) (Tab. 3).

| Date | Indice medio di infestazione (%) | | | | Indice di severità di infestazione (%) | | | |
|----------------------------|----------------------------------|---------|--------------|---------|----------------------------------------|---------|--------------|---------|
| | Sangiovese | | Petit Verdot | | Sangiovese | | Petit Verdot | |
| | rs | p-value | rs | p-value | rs | p-value | rs | p-value |
| I° data di campionamento | 0.160 | 0.293 | -0.032 | 0.836 | 0.178 | 0.242 | 0.011 | 0.944 |
| II° data di campionamento | -0.096 | 0.532 | -0.044 | 0.775 | -0.000 | 0.999 | -0.074 | 0.632 |
| III° data di campionamento | 0.114 | 0.454 | 0.313 | 0.036 | 0.108 | 0.480 | 0.333 | 0.025 |

Tabella 3 – Statistiche campionarie [coefficiente di correlazione per ranghi di Spearman (rs) e p-value] della correlazione per ranghi di Spearman tra l'abbondanza di infiorescenze per pianta e l'indice di infestazione e l'indice di severità di infestazione per pianta della prima generazione (I° data di campionamento, giugno), e l'abbondanza di grappoli per pianta e l'indice di infestazione e l'indice di severità di infestazione per pianta della seconda generazione (II° data di campionamento, luglio) e della terza generazione (III° data di campionamento, settembre).

4.2.2 Valutazione dell' indice medio di infestazione e della severità di infestazione nelle due cultivar

La dimensione del campione analizzato è stata ridotta conseguentemente all'esclusione di tutte le piante campionate con meno di 5 infiorescenze o grappoli (in funzione della fase fenologica della vite): le 45 piante per cultivar visionate per ciascuna data di campionamento sono state ridotte a 35. La riduzione del numero dei campioni analizzati è stata causata dal Sangiovese: questa cultivar ha mostrato non solo una frequenza di infiorescenze/grappoli per pianta complessivamente inferiore a quella del Sangiovese (Tab. 1), ma anche una maggiore presenza di piante con un numero di grappoli insufficiente rispetto al minimo richiesto per l'analisi.

La percentuale di infiorescenze e di grappoli infestati per pianta variava significativamente

tra le due varietà: il livello di infestazione era più alto nel Sangiovese che nel Petit Verdot in tutte e tre le date di campionamento (Tab. 2). Il test della mediana di Mood ha fornito una differenza altamente significativa nell'indice di infestazione sia per le infiorescenze campionate a giugno ($Z = 4,984$, $p\text{-value} < 0,000$) che per i grappoli campionati nelle date successive (luglio: $Z = 5,9333$, $p\text{-value} < 0,000$; settembre: $Z = 4,984$, $p\text{-value} < 0,000$). L'indice medio di infestazione per il Sangiovese e il Petit Verdot (Tab. 4) nei campioni di giugno è stato rispettivamente del $35,48 \% \pm 2,09$ (media \pm SE) e del $10,97 \% \pm 0,08$, mostrando una differenza altamente significativa ($Z = 4,984$, $p\text{-value} < 0,000$; Conf.Int.(0,95): 14%-33%).

| Date | I° data di campionamento | | II° data di campionamento | | III° data di campionamento | |
|--------------|----------------------------------|----------------------------|----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| | Indice medio di infestazione (%) | Media dei nidi larvali (%) | Indice medio di infestazione (%) | Media degli acini infestati (%) | Indice medio di infestazione (%) | Media degli acini infestati (%) |
| Sangiovese | 35.48 ± 2.09 | 40.99 ± 0.06 | 37.97 ± 2.28 | 62.0 ± 0.10 | 25.94 ± 2.13 | 52.1 ± 0.09 |
| Petit Verdot | 10.97 ± 0.08 | 12.4 ± 0.02 | 14.42 ± 0.09 | 31.9 ± 0.05 | 9.04 ± 0.08 | 14.1 ± 0.02 |

Tabella 4 – *Indice medio di infestazione (%) \pm SE (errore standard) della prima generazione (I° campionamento, giugno), seconda generazione (II° campionamento, luglio) e terza generazione (III° campionamento, settembre) e media dei nidi (%) \pm SE della prima generazione (I° campionamento, giugno) e media degli acini infestati (%) della seconda generazione (II° campionamento, luglio) e terza generazione (III° campionamento, settembre) sulle due cultivar.*

Una differenza significativa è stata evidenziata anche per i campioni di luglio ($Z = 5,9333$, $p\text{-value} < 0,000$; Conf.Int. (0,95): 6%-32%): l'indice medio di infestazione è stato

rispettivamente del $37.97 \% \pm 2.28$ per il Sangiovese e del 14.42 ± 0.09 per il Petit Verdot. Anche i grappoli raccolti a settembre hanno mostrato una differenza significativa tra le due varietà ($Z = 4,984$, $p\text{-value} < 0,000$; Conf. Int. (0,95): 9%-25%): l'indice medio di infestazione per il Sangiovese e il Petit Verdot era rispettivamente del $25,94 \pm 2,13$ e del $9,04 \pm 0,08$ (Tab. 3).

Un andamento molto simile è stato riscontrato anche per la severità di infestazione: la percentuale di nidi per pianta e di acini infestati per pianta è variata significativamente tra le due varietà in tutte e tre le date di campionamento, con una media di nidi e acini infestati per pianta più alta nel Sangiovese rispetto al Petit Verdot (Tab. 3). Il test della mediana di Mood ha fornito una differenza altamente significativa nella severità di infestazione ($Z = 4,984$, $p\text{-value} < 0,000$).

La media dei nidi per pianta nei campioni di giugno ha differito significativamente tra Sangiovese e Petit verdot ($Z = 4.984$, $p\text{-value} < 0.000$; Conf.Int.(0,95): 17%-37%) (Tab. 3), in cui si sono riscontrate rispettivamente percentuali del $40,99 \pm 0,06$ del $12,4 \pm 0,02$. Nei campioni di luglio la media di acini infestati per pianta era significativamente diversa tra le due cultivar ($Z = 3.324$, $p\text{-value} < 0.002$; Conf.Int.(0.95): 18%-40%). La percentuale media degli acini infestati per pianta è stata del $62,0 \pm 0,10$ per il Sangiovese e del $31,9 \pm 0,05$ per il Petit Verdot. A settembre, la media di acini infestati per pianta per il Sangiovese e il Petit Verdot è stata rispettivamente del $52,1 \pm 0,09$ e del $14,1 \pm 0,02$. Si nota ancora una differenza molto significativa nella media degli acini infestati per pianta tra le due varietà durante la terza generazione ($Z = 5.933$, $p\text{-value} < 0.000$; Conf.Int.(0.95): 21%-52%).

5. CONCLUSIONI

Le conclusioni, che possono essere redatte a seguito della sperimentazione, suggeriscono primariamente che i dati raccolti dal monitoraggio di *L. botrana*, descrivono un volo regolare ed in linea con quanto suggerito dalla letteratura.

L'insetto è stato presente in campo per 8 mesi, all'interno dei quali, ha sviluppando tre generazioni, rispettivamente distribuite in intervalli regolari. Tutte le fasi hanno rispettato a pieno le condizioni abiotiche per lo sviluppo (range di temperatura °C e di U.R.%) e la durata di ogni stadio. L'intervallo temporale all'interno del quale si sono presentate le 3 generazioni canoniche è andato da metà aprile fino alla fine di settembre.

In questo periodo *L. botrana* ha eseguito voli regolarmente distribuiti con una durata pressoché simile. Una piccola divergenza incombe tra il primo il terzo ed il secondo volo: mentre i primi due hanno avuto una durata di circa 5/6 settimane, l'ultimo ha raggiunto un massimo di 4 settimane.

La popolazione che si è presentata in campo nella seconda decade di settembre non può essere propriamente identificata come un quarto volo, piuttosto un prolungamento del terzo volo a seguito delle alte temperature manifestate in quella fascia temporale (figura 18).

Secondariamente, la sperimentazione era rivolta ad una valutazione dall'entità di infestazione del lepidottero, rispetto alla diversità varietale distribuita sull'apezzamento. Dai risultati proposti si può fermamente evincere che non ci sarebbe correlazione tra la presenza di individui maschi, su una specifica cultivar, ed i dati provenienti dall'indice di infestazione e della severità. Le analisi hanno definito che sebbene la cultivar Petit Verdot abbia presentato un maggior numero di catture di esemplari di sesso maschile ed una maggior produzione di organi riproduttivi (infiorescenze e frutti), l'indice d'infestazione e la severità dei danni sono risultati superiori sul Sangiovese.

Questi risultati hanno confermato quanto già riportato in letteratura da diversi autori (Moleas, 1995; Shahini *et al.*, 2010; Savopoulou-Soultani *et al.*, 1989): anche in questa prova non è stata evidenziata una correlazione tra il numero di catture fornite dal monitoraggio e il danno effettivo rinvenuto in campo.

La preferenza nella scelta della cultivar Sangiovese da parte della popolazione pre-immaginale potrebbe essere dovuta a fattori che regolano la scelta del sito di ovideposizione

Le due specie varietà presentano delle differenze sia sul fronte conformazionale degli organi vegetativi e riproduttivi, sia nella tipologia di composti, all'interno del succo negli acini.

Sangiovese sarebbe provvisto della pagina superiore liscia ed uniforme, diversamente Petit Verdot avrebbe una superficie glabra ma con bollosità grossolane (R.N.V.V.). Questo primo aspetto potrebbe rappresentare una caratteristica fisica (Markheiser *et al.*, 2018) che potrebbe veicolare la scelta dell'ospite e quindi aumentare l'infestazione su una delle due cultivar.

Un'altra differenza è legata alla tipologia di grappolo ed alla dimensione di frutti, che come indicato da Snjezana H. potrebbe essere un fattore di suscettibilità: in Petit Verdot la struttura sarebbe composta da acini medio-piccoli con un grappolo abbastanza compatto; diversamente in Sangiovese le bacche si dimostrerebbero medio-grandi costituendo un assetto compatto (R.N.V.V.).

Un'altra peculiarità a svantaggio di Sangiovese è rappresentata dalla buccia sottile, e quindi facilmente penetrabile.

Le due cultivar presentano inoltre una differente strutturazione chimica dei composti che ne compongono il succo e questo potrebbe rappresentare un'ulteriore vantaggio per il lepidottero nell'uso di una cultivar piuttosto che l'altra.

BIBLIOGRAFIA

1. Abashidze, É. D. (1991). Comparative evaluation of entomophenological prediction methods. *Soviet Journal of Ecology*, 22(1), 64-69.
2. Altimira, F., Vitta, N., and Tapia, E. (2021). Integrated pest management of *Lobesia botrana* with microorganism in vineyards: an alternative for clean grapes production. In: Morata, A., Loira, I., and González, C. (Eds.), *Grapes and Wine*. London: IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.99153>.
3. Ali, S. M., L. F. Nitschke, A. J Dube, M. R. Krause, and B. Cameron, 1978: Reaction of pea lines to pathotypes of *Aseochyta pinodes*, *Aseochyta pisi* and *Phoma medicaginis* var *pinodeiia*. *Australian Journal of Agricultural Research*, 29(4), 841-849.
4. Al-Zyoud, F. A., and Elmosa, H. M. (2001). Population dynamics of the grape berry moth, *Lobesia botrana* Schiff. (Lepidoptera: Tortricidae), and its parasites in Jerash Area, Jordan. *Dirasat, Agricultural Sciences*, 28, 6-13.
5. Anfora, G., Angeli, G., Baldessari, M., Ioriatti, C., Marchesini, E., Mattedi, L., Menke, F., Mescalchin, E., Schmidt, S., Tasin, M., Varner, M. (2007) *Le tignole della vite*. Serie "Agricoltura Integrata". Istituto Agrario di San Michele all'Adige, S. Michele, 86
6. Anfora, G., Tasin, M., De Cristofaro, A., Ioriatti, C., and Lucchi, A. (2009). Synthetic grape volatiles attract mated *Lobesia botrana* females in laboratory and field bioassays. *Journal of chemical ecology*, 35(9), 1054-1062.
7. Arn, H., Rauscher, S., Guerin, P., and Buser, H. R. (1988). Sex pheromone blends of three tortricid pests in European vineyards. *Agriculture, ecosystems & environment*, 21(1-2), 111-117.
8. Bagnoli, B. (1990). Incidenza delle infestazioni da artropodi e difesa dei vigneti in Toscana. *La Difesa Piante*, 13 (3-4): 89-112 Barbieri R., Cavallini G., Pollini A., (1996). Le tignole della vite: strategie ed esperienze di lotta. *Informatore agrario* 14: 75-79

9. Barbieri, R. (1987). Supervised control against vine moths. *Informatore Fitopatologico*, 37(7-8), 9-13.
10. Barron, A. B. (2001). The life and death of Hopkins' host-selection principle. *Journal of Insect Behavior*, 14(6), 725-737.
11. Behie, S. W., and Bidochka, M. J. (2014). Ubiquity of insect-derived nitrogen transfer to plants by endophytic insect-pathogenic fungi: an additional branch of the soil nitrogen cycle. *Applied and environmental microbiology*, 80(5), 1553-1560.
12. Bergqvist, J., Dokoozlian, N., & Ebisuda, N. (2001). Sunlight exposure and temperature effects on berry growth and composition of Cabernet Sauvignon and Grenache in the Central San Joaquin Valley of California. *American journal of Enology and Viticulture*, 52(1), 1-7.
13. Bernays, E. A., and Graham, M. (1988). On the evolution of host specificity in phytophagous arthropods. *Ecology*, 69(4), 886-892.
14. Bernays, E. A., and Chapman, R. E. (1994). Behavior: the process of host-plant selection. In: *Host-plant selection by phytophagous insects*, (pp. 95-165). Contemporary Topics in Entomology, vol 2. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-0-585-30455-7_5
15. Bovey, P. (1966) Super-famille des Tortricoidea. *Entomologie Appliquée à l'Agriculture*, Vol. II. (ed. by A S Balachowsky), pp. 456–893. Masson, Paris.
16. Briere, J., and Pracros, P. (1998). Comparison of temperature-dependent growth models with the developemnt of *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae). *Environmental Entomology*
17. Buser, H. R., Rauscher, S., and 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.
18. Butt, T. M., Coates, C. J., Dubovskiy, I. M., and Ratcliffe, N. A. (2016). Entomopathogenic fungi: new insights into host–pathogen interactions. *Advances in genetics*, 94, 307-364.
19. Cardé, R. T. (2007). Using pheromones to disrupt mating of moth pests. Kogan, M.; Jepson, P. ed, *Perspectives in ecological theory and integrated pest management*, Cambridge University Press, Cambridge, 122-169.
20. Castaneda-Samayoa, O., Holst, H., and Ohnesorge, B. (1993). Evaluation of some Trichogramma species with respect to biological control of *Eupoecilia ambiguella* Hb. and *Lobesia botrana* Schiff. (Lep., Tortricidae) /Evaluierung einiger Trichogramma-

- Arten hinsichtlich ihrer Verwendbarkeit zur biologischen Bekämpfung von *Eupoecilia ambiguella* Hb. und *Lobesia botrana* Schiff. (Lep., Tortricidae). *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz/Journal of Plant Diseases and Protection*, 599-610.
21. Charmillot P. J., Bloesch B., Schmid, A., and Neumann, U. (1987). Lutte contre cochyliis de la vigne, *Eupoecilia ambiguella* Hb., par la technique de confusion sexuelle. *Revue suisse de viticulture, arboriculture, horticulture*, 19(3), 155-164.
 22. Colombera, S., Alma, A., and Arzone, A. (2001). Comparison between the parasitoids of *Lobesia botrana* and *Eupoecilia ambiguella* in conventional and integrated vineyards. *IOBC WPRS bulletin*, 24(7), 91-96.
 23. Cooper M., Varela L., Smith R., Whitmer D., Simmons G., Lucchi A., and Steinhauer R. (2014). Managing newly established pests: growers, scientists and regulators collaborate on European grapevine moth program. *California Agriculture*, 68(4), 125-133.
 24. Corbet, S. A. (1985). Insect chemosensory responses: a chemical legacy hypothesis. *Ecological Entomology*, 10(2), 143-153.
 25. Coscollá, R., Sánchez, J., and Beltrán, V. (1986). Estudio preliminar sobre mortalidad de huevos de *Lobesia botrana* Den. y Schiff. por efecto de altas temperaturas y bajas humedades relativas en laboratorio. *Bol. San. Veg. Plagas*, 12, 3-7.
 26. Coscollá, R. (1997). La polilla del racimo de la vid (*Lobesia botrana* Den. & Schiff.). *Generalitat Valenciana*. Valencia, Spain.
 27. Courtney, S. P., Chen, G. K., and Gardner, A. (1989). A general model for individual host selection. *Oikos*, 55-65.
 28. Davis, J. M., and Stamps, J. A. (2004). The effect of natal experience on habitat preferences. *Trends in ecology & evolution*, 19(8), 411-416.
 29. Deseo, K. V., Marani, F., Brunelli, A., and Bertaccini, A., (1981). Observations on the biology and diseases of *Lobesia botrana* Den. and Schiff. (Lepidoptera, Tortricidae) in Central-North Italy. *Acta Phytopathologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 16(3/4), 405-431
 30. Delrio, G., Luciano, P., and Prota, R. (2021). Researches on grape-vine moths in Sardinia. In: R. Cavalloro (Ed.), *Integrated pest control in viticulture* (pp. 57-67). CRC Press.
 31. Eigenbrode, S. D., and Espelie, K. E. (1995). Effects of plant epicuticular lipids on insect herbivores. *Annual review of entomology*, 40(1), 171-194.

32. El-Sayed, A., Gödde, J., Witzgall, P., and 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.
33. Feldhege, V. M, Louis, F., and Schmutterer, H. (1995). Investigations on moth abundances of the crossed grape berry moth *Lobesia botrana* Schiff. in viticulture. *Indicators of pest science, plant protection, environmental protection*. 68 (4), 85-91.
34. Fermaud, M., and Menn, R. L. (1989). Association of *Botrytis cinerea* with grape berry moth larvae. *Phytopathology*, 79(6), 651-656.
35. Fermaud, M., and Le Menn R. (1992). Transmission of *Botrytis cinerea* to grapes by grape berry moth larvae. *Phytopathology*, 82(12), 1393-1398.
36. Fermaud, M. (1998). Cultivar susceptibility of grape berry clusters to larvae of *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of Economic Entomology*, 91(4), 974-980.
37. Foster, S. P., and Harris, M. O. (1997). Behavioral manipulation methods for insect pest-management. *Annual review of entomology*, 42(1), 123-146.
38. Franco, J. C., Da Silva, E. B., Fortuna, T., Cortegano, E., Branco, M., Suma, P., La Torre, I., Russo, A., Elyahu, M., Protasov, A., Levi-Zada, A., and Mendel, Z. (2011). Vine mealybug sex pheromone increases citrus mealybug parasitism by *Anagyrus* sp. near pseudococci (Girault). *Biological Control*, 58(3), 230-238.
39. Gabel, B., & Mocko, V. (1986). A functional simulation of European vine moth *Lobesia botrana* Den. et Schiff., (Lep., Tortricidae) population development. *Journal of applied entomology*, 101(1-5), 121-127.
40. Gabel, B., Thiéry, D., Suchy, V., Marion-Poll, F., Hradsky, P., and Farkas, P. (1992). Floral volatiles of *Tanacetum vulgare* L. attractive to *Lobesia botrana* Den. et Schiff. females. *Journal of Chemical Ecology*, 18(5), 693-701.
41. Gabel, B., and Thiéry, D. (1994). Non-host plant odor (*Tanacetum vulgare*; Asteracea) affects the reproductive behavior of *Lobesia botrana* Den. et Schiff (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of Insect Behavior*, 7(2), 149-157.
42. Gabel, B., and Roehrich, R. (1995). Sensitivity of grapevine phenological stages to larvae of European grapevine moth, *Lobesia botrana* Den. et Schiff., (Lep., Tortricidae). *Journal of Applied Entomology*, 119(1-5), 127-130.
43. Geisler, G. (1959). Untersuchungen zur Resistenzzüchtung gegen "Heuwurm"-Befall bei Reben. *Vitis*, 2(2), 84-100.

44. Gilligan, T. M., Epstein, M. E., Passoa, S. C., Powell, J. A., Sage, O. C., and Brown, J. W. (2011). Discovery of *Lobesia botrana* ([Denis & Schiffermüller]) in California: an invasive species new to North America (Lepidoptera: Tortricidae). *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 113(1), 14-30.
45. Gonzalez, M. (2010). *Lobesia botrana*: Polilla de la uva. *Revista Enologa*, 2, 2–5
46. Hickel, E. R. (1996). Pragas da videira e seu controle no Estado de Santa Catarina. *Boletim Tecnico* 77, 52.
47. Ioriatti, C., Bagnoli, B., Lucchi, A., and Veronelli V. (2004). Il controllo delle tarme della vite attraverso la rottura dell'accoppiamento in Italia: risultati e prospettive future. *Redia*. 87, 117-128.
48. Ioriatti, C., Lucchi, A., and Bagnoli, B. (2008). Grape areawide pest management in Italy. In: O. Koul, G. Cuperus, and N. Elliott (Eds.), *Areawide pest management Theory and Implementation* (pp. 208-225).
49. Ioriatti, C., Anfora, G., Tasin, M., De Cristofaro, A., Witzgall, P., and Lucchi, A. (2011). Chemical ecology and management of *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of economic entomology*, 104(4), 1125-1137.
50. Ioriatti, C., Lucchi, A., and Varela, L. G. (2012). Grape berry moths in Western European vineyards and their recent movement into the New World. In: Bostanian, N. J., Vincent, C., & Isaacs, R. (Eds.), *Arthropod Management in Vineyards: Pests, Approaches, and Future Directions* (2012), (pp. 339-359). Springer, Dordrecht.
51. Linn, C. E., Campbell, M. G., and Roelofs, W. L. (1988). Temperature modulation of behavioural thresholds controlling male moth sex pheromone response specificity. *Physiological entomology*, 13(1), 59-67.
52. Linn Jr, C. E., and Roelofs, W. L. (1989). Response specificity of male moths to multicomponent pheromones. *Chemical Senses*, 14(3), 421-437.
53. Lucchi, A., and Santini, L. (2011). Life history of *Lobesia botrana* on *Daphne gnidium* in a Natural Park of Tuscany. *IOBCWPRS Bulletin*, 67, 197-202.
54. Lucchi, A. (2015). Note di entomologia viticola. Pisa University Press. 1-223
55. Lucchi, A., Scaramozzino, P. L., Michl, G., Loni, A., and Hoffmann, C. (2016). The first record in Italy of *Trichogramma cordubense* Vargas & Cabello 1985 (Hymenoptera Trichogrammatidae) emerging from the eggs of *Lobesia botrana* (Denis & Schiffermüller, 1775) (Lepidoptera Tortricidae). *Vitis*. 55, 161–164.
56. Jaenike J, (1983). Induction of host preference in *Drosophila melanogaster*. *Oecologia* 58, 320–325.

57. Jaenike, J. (1990). Host specialization in phytophagous insects. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 243-273.
58. Jogaiah, S., Striegler, K. R., Bergmeier, E., and Harris, J. (2012). Influence of cluster exposure to sun on fruit composition of 'Norton' grapes (*Vitis estivalis* Michx) in Missouri. *International Journal of Fruit Science*. 12(4), 410-426.
59. Krywienczyk, J., and Fast P.G (1980). Serological relationships of the crystals of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis*. *J. Invertebr. Pathol.* Vol 36, 1, 139-140
60. Kumar, P. A., Sharma, R. P., and Malik, V. S. (1996). The insecticidal proteins of *Bacillus thuringiensis*. *Advances in applied microbiology*, 42, 1-43.
61. Litwin, A., Nowak, M., and Różalska, S. (2020). Entomopathogenic fungi: unconventional applications. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 19(1), 23-42.
62. Loreto, F., Bagnoli, F., and Fineschi, S. (2009). One species, many terpenes: matching chemical and biological diversity. *Trends in plant science*, 14(8), 416-420.
63. Maher, N. M., Toulouse, E., Jolivet, J., and Thiéry, D. (2000). Oviposition, preference of the European grape wine moth, *Lobesia botrana* (Lepidoptera Tortricidae) for host and non host plants present in Bordeaux area. *IOBC WPRS BULLETIN*, 23(4), 131-134.
64. Maher, N., and Thiery, D. (2004). Distribution of chemo-and mechanoreceptors on the tarsi and ovipositor of female European grapevine moth, *Lobesia botrana*. *Entomologia experimentalis et applicata*, 110(2), 135-143.
65. Maher, N., and Thiéry, D. (2004). A bioassay to evaluate the activity of chemical stimuli from grape berries on the oviposition of *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae). *Bulletin of Entomological Research*, 94(1), 27-33.
66. Maher, N., and Thiéry, D. (2006). *Daphne gnidium*, a possible native host plant of the European grapevine moth *Lobesia botrana*, stimulates its oviposition. Is a host shift relevant? *Chemoecology*, 16(3), 135-144.
67. Maher, N., Thiery, D., and Städler, E. (2006). Oviposition by *Lobesia botrana* is stimulated by sugars detected by contact chemoreceptors. *Physiological Entomology*, 31(1), 14-22.
68. Marchal, P. (1912). Rapports sur les travaux accomplis par la mission d'étude de la cochyliis et de l'eudémis pendant l'année 1911. Edition Ch. Beranger, *Librairie Polytechnique*, 326.

69. Marchesini, E., and Montà, L. D. (2004). Nel Veneto quattro generazioni di tignoletta della vite. *Informatore Agrario*, 60(4), 75-78.
70. Markheiser, A., Rid, M., Biancu, S., Gross, J., and Hoffmann, C. (2018). Physical factors influencing the oviposition behaviour of European grapevine moths *Lobesia botrana* and *Eupoecilia ambiguella*. *Journal of Applied Entomology*, 142(1-2), 201-210.
71. Martín-Vertedor, D., Ferrero-García, J. J., and Torres-Vila, L. M. (2010). Global warming affects phenology and voltinism of *Lobesia botrana* in Spain. *Agricultural and Forest Entomology*, 12(2), 169-176.
72. Massot, M., Clobert, J., and Ferrière, R. (2008). Climate warming, dispersal inhibition and extinction risk. *Global Change Biology*, 14(3), 461-469.
73. McKinnon A. C., Saari S., Moran-Diez, M. E., Meyling, N. V., Raad, M., and Glare, T. R. (2017). *Beauveria bassiana* as an endophyte: a critical review on associated methodology and biocontrol potential. *BioControl*, 62(1), 1-17
74. Moleas T., 1995. Lotta alle tignole della vite da tavola nell'Italia meridionale. *L'informatore fitopatologico*, 5:8-11
75. Mondy, N., Pracros, P., Fermaud, M., and Corio-Costet, M. F. (1996). Mutualism between *Botrytis cinerea* and the grape berry moth (*Lobesia botrana*): in vivo and in vitro studies. *Journal of Insect Physiology* .46(12), 1557-1564.
76. Mondy, N., and Corio-Costet, M. F. (2000). The response of the grape berry moth (*Lobesia botrana*) to a dietary phytopathogenic fungus (*Botrytis cinerea*): the significance of fungus sterols. *Journal of Insect Physiology*, 46(12), 1557-1564.
77. Moosavi, F K., Cargnus, E., Pavan, F., and Zandigiaco, P. (2017). Mortality of eggs and newly hatched larvae of *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae) exposed to high temperatures in the laboratory. *Environmental Entomology*, 46(3), 700-707.
78. Moosavi, F. K., Cargnus, E., Pavan, F., and Zandigiaco, P. (2018). Effects of grapevine bunch exposure to sunlight on berry surface temperature and *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae) egg laying, hatching and larval settlement. *Agricultural and Forest Entomology*, 20(3), 420-432.
79. Moosavi, K., Cargnus, F., Torelli, E., Bortolomeazzi, E., Zandigiaco, R., and Pavan, F. (2020). Is the existence of a mutualistic relationship between *Lobesia botrana* and *Botrytis cinerea* well-founded? *Archives of insect biochemistry and physiology*, 103(4), e21655.

80. Moreau, J., Benrey, B., and Thiéry, D. (2006). Grape variety affects larval performance and also female reproductive performance of the European grapevine moth *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae). *Bulletin of Entomological Research*, 96(2), 205-212.
81. Moreau, J., Rahme, J., Benrey, B., and 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.
82. Moreau, J., Villemant, C., Benrey, B., and 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.
83. Moschos, T. (2005). Yield loss quantification and assessment of economic injury level for the anthophagous generation of the European grapevine moth *Lobesia botrana* Den. et Schiff.(Lepidoptera: Tortricidae). *International Journal of Pest Management*, 51(2), 81-89.
84. 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)*.
85. Neven, L. G. (2000). Physiological responses of insects to heat. *Postharvest Biology and Technology*, 21(1), 103-111.
86. Palma, L., Muñoz, D., Berry, C., Murillo, J., and Caballero, P. (2014). *Bacillus thuringiensis* toxins: an overview of their biocidal activity. *Toxins*, 6(12), 3296-3325.
87. Pavan, F., Girolami, V., and Sacilotto, G. (1998). Second generation of grape berry moths, *Lobesia botrana* (Den. & Schiff.) (Lep., Tortricidae) and *Eupoecilia ambiguella* (Hb.) (Lep., Cochyliidae): Spatial and frequency distributions of larvae, weight loss and economic injury level. *Journal of Applied Entomology*, 122(1-5), 361-368.
88. Pavan, F., Zandigiacomo, P., and Dalla Monta, L. (2006). Influence of the grape-growing area on the phenology of *Lobesia botrana* second generation. *Bulletin of Insectology*, 59(2), 105.
89. Pavan, F., Stefanelli, G., Cagnus, E., and Villani, A. (2009). Assessing the influence of inflorescence traits on the susceptibility of grape to vine moths. *Journal of applied entomology*, 133(5), 394-401.

90. Pavan, F., Bigot, G., Cargnus, E., and Zandigiacomo, P. (2014). Influence of the carpophagous generations of the European grapevine moth *Lobesia botrana* on grape bunch rots. *Phytoparasitica*, 42(1), 61-69.
91. Pavan, F., Cargnus, E., Kiaeianmoosavi, S., Bigot, G., Tacoli, F., and 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.
92. Pavan, F., Stefanelli, G., Villani, A., and Cargnus, E. (2018). Influence of Grapevine Cultivar on the Second Generations of *Lobesia botrana* and *Eupoecilia ambiguella*. *Insects*, 9(1), 8.
93. Petit, C., Le Ru, B., Dupas, S., Frérot, B., Ahuya, P., Kaiser-Arnauld, L. and Calatayud, P. A. (2015). Influence of dietary experience on the induction of preference of adult moths and larvae for a new olfactory cue. *PLoS One*, 10(8), e0136169.
94. Pickett, J. A., Wadhams, L. J., and Woodcock, C. M. (1997). Developing sustainable pest control from chemical ecology. *Agriculture, ecosystems & environment*, 64(2), 149-156.
95. Pieri, P., and Fermaud, M. (2004, June). Effects of defoliation on temperature and wetness of grapevine berries. *VII International Symposium on Grapevine Physiology and Biotechnology 689* (pp. 109-116).
96. Ragusa, E., Gennuso, E., Lombardo, A., and Tsolakis, H. (2011). Influenza dell'altitudine e di due tecniche agronomiche sull'infestazione e i danni indiretti causati da *Lobesia botrana* (Denis et Schiffermüller) (Lepidoptera, tortricidae). In: R. Siciliana (Ed.), *Progetto per lo sviluppo dell'agricoltura biologica in Sicilia* (pp. 129-146). Qanat Edizioni.
97. Ramaswamy, S. B. (1988). Host finding by moths: sensory modalities and behaviours. *Journal of Insect Physiology*, 34(3), 235-249.
98. Rapagnani, M. R., Caffarelli, V., and Barlattani, M. (1988, June). *Lobesia botrana* Schiff.: Studio in laboratorio del ciclo di sviluppo in funzione della temperatura. In: *Proceedings, Atti del XV Congresso Nazionale Italiano di Entomologia* (pp. 13-17).
99. Ríos-Moreno A., Garrido-Jurado I., Resquín-Romero G., Arroyo-Manzanares N., Arce, L., and Quesada-Moraga, E. (2016). Destruxin A production by *Metarhizium brunneum* strains during transient endophytic colonisation of *Solanum tuberosum*. *Biocontrol science and technology*, 26(11), 1574-1585.

100. Roiditakis, N. E., and Karandinos, M. G. (2001). Effects of photoperiod and temperature on pupal diapause induction of grape berry moth *Lobesia botrana*. *Physiological Entomology*, 26(4), 329-340.
101. Roehrich R., and JP, C. (1977). Essai preliminaire de protection du vignoble contre *lobesia botrana* Schiff. Au moyen de la pheromone sexuelle de synthese (methode de confusion). *Revue suisse de zoologie*, 1, 25-36.
102. Roehrich, R., and Boller, E. (1991). Tortricids in vineyards. In: Van der Geest L.P.S., and Evenhuis H. H. (Eds.), *Tortricid pests: their biology, natural enemies and control..* (pp. 507-514).
103. Roelofs, W. L., Kochansky, J., Carde, R. T., Arn, H., and Rauscher, S. (1973). Sex attractant of the grape vine moth. *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft*, 46:71-73.
104. Roelofs, W. L., and Wolf, W. A. (1988). Pheromone biosynthesis in Lepidoptera. *Journal of chemical ecology*, 14(11), 2019-2031.
105. Savopoulou-Soultani, M., and Tzanakakis, M. E. (1988). Development of *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae) on grapes and apples infected with the fungus *Botrytis cinerea*. *Environmental Entomology*, 17, 1-6.
106. Savopoulou-Soultani, M., Angelakis, E., Hatzissiliadis, A., Tzanakakis, M. E., and Stavridis, D. G. (1989). Captures of *Lobesia botrana* in traps and their relation to crop damage. In: *International symposium on plant-protection problems and prospects of integrated control in viticulture, proceedings 1989* (pp. 47-56). ref :11 ref
107. Savopoulou-Soultani, M., Stavridis, D. G., and Tzanakakis, M. E. (1990). Development and reproduction of *Lobesia botrana* on vine and olive inflorescences. *Entomologia Hellenica*, 8, 29-35.
108. Savopoulou-Soultani, M., Nikolaou, N., and Milonas, P. G. (1999). Influence of maturity stage of grape berries on the development of *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae) larvae. *Journal of economic entomology*, 92(3), 551-556.
109. Scaramozzino, P. L., Loni, A., and Lucchi, A. (2017). A review of insect parasitoids associated with *Lobesia botrana* (Denis & Schiffermüller, 1775) in Italy. 1. *Diptera Tachinidae* and *Hymenoptera Braconidae* (Lepidoptera, Tortricidae). *ZooKeys*, (647), 67.
110. Shahini, S., Kullaj, E., Cakalli, A., Cakalli, M., Lazarevska, S., Pfeiffer, D. G., and Gumeni, F. (2010). Population dynamics and biological control of European grapevine moth (*Lobesia botrana*: Lepidoptera: Tortricidae) in Albania using different

- strains of *Bacillus thuringiensis*. *International Journal of Pest Management*, 56(3), 281-286.
111. Silva-Moreno, E., and Tapia, E. (2020). Plaguicidas microbianos para el manejo integrado de *Lobesia botrana* en vides. *Boletín INIA*, 419.
 112. Sharon, R., Zahavi, T., Soroker, V., and 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.
 113. Smart, R. E., and Sinclair, T. R. (1976). Solar heating of grape berries and other spherical fruits. *Agricultural Meteorology*, 17(4), 241-259.
 114. Snjezana, H. (2003). Susceptibility of some grapevine cultivars in area of vineyards of Podgorica on the attack of European grape berry moth-*Lobesia botrana* Den & Schiff, Lepidoptera, Trotricidae. In: *International Symposium on Grapevine Growing, Commerce and Research 652* (pp. 355-358).
 115. Solinas M. (1962). Studio morfo-biologico sulla *Clysiana ambiguella* Hb. *Annali della Facoltà di Agraria di Milano*, 3: 86-97.
 116. Spayd, S. E., Tarara, J. M., Mee, D. L., and Ferguson, J. C. (2002). Separation of sunlight and temperature effects on the composition of *Vitis vinifera* cv. Merlot berries. *American journal of enology and viticulture*, 53(3), 171-182.
 117. Städler, E. (1974). Host plant stimuli affecting oviposition behavior of the eastern spruce budworm. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 17(2), 176-188.
 118. Städler, E., Hilker, M., and Meiners, T. (2002). Plant chemical cues important for egg deposition by herbivorous insects. In: Hilker M., Meiner T. (Eds.), *Chemoecology of insect eggs and egg deposition*. (pp. 171-204). (by Blackwell Publishing Company)
 119. Stamps, J. A., and Davis, J. M. (2006). Adaptive effects of natal experience on habitat selection by dispersers. In: *Animal Behaviour*. Association for the Study of Animal Behaviour. 72(6), 1279-1289.
 120. Stavridis, D. G., and Savopoulou-Soultani, M. (1998). Larval performance on and oviposition preference for known and potential hosts by *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae). *European Journal of Entomology*, 95(1), 55-63.
 121. Stellwaag, F. (1928). Lepidoptera, Schmetterlinge: Tortricidae. *Die Weinbauinsekten der Kulturländer*, 587-630.
 122. Stoeva, R. (1982). Food-plants of the grape moth (*Lobesia botrana* Schiff.) in Bulgaria. *Gradinarska i Lozarska Nauka*, 19(2), 83-90.

123. Tarara, J. M., Lee, J., Spayd, S. E., and Scagel, C. F. (2008). Berry temperature and solar radiation alter acylation, proportion, and concentration of anthocyanin in Merlot grapes. *American journal of enology and viticulture*, 59(3), 235-247.
124. Thiery, D., and Gabel, B. (2000). Comportement de ponte des femelles le l'eudémis de la vigne en présence d'extraits de fleurs de 'Muller Thurgau'. Oviposition behaviour of the European grapevine moth in response to extracts of muller thurgau flowering stages. *IOBC/wprs Bulletin*, 24(4), 135-138.
125. Thiery, D., and Xuéreb, A. (2004). Vers une lutte biologique contre Eudémis (*Lobesia botrana*). *Proceedings Mondiaviti*, 47-52.
126. Thiéry, D., and Moreau, J. (2005). Relative performance of European grapevine moth (*Lobesia botrana*) on grapes and other hosts. *Oecologia*, 143, 548–557
127. Thiéry, D., and Desneux, N. (2018). Host plants of the polyphagous grape berry moth *Lobesia botrana* during larval stage modulate moth egg quality and subsequent parasitism by the parasitoid *Trichogramma cacoeciae*. *Entomologia Generalis*, 38, 47-59.
128. Thompson, J. N., and Pellmyr, O. (1991). Evolution of oviposition behavior and host preference in Lepidoptera. *Annual review of entomology*, 36(1), 65-89.
129. Thorpe, W. H., and Jones, F. G. W. (1937). Olfactory conditioning in a parasitic insect and its relation to the problem of host selection. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B-Biological Sciences*, 124(834), 56-81.
130. Torres-Vila, L. M., Schmitz, V., and Stockel, J. (1992). Efecto de la evolución fenológica y de la variedad de vid en la instalación y supervivencia en primera generación de las orugas de la polilla del racimo (*Lobesia botrana* Den. & Schiff.; *Lepidoptera: Tortricidae*). *Bol. Sanid. Veg. Plagas*, 18, 755-764.
131. Traynier R. M. (1984) Associative learning in the ovipositional behavior of the cabbage butterfly, *Pieris rapae*. In: *Physiological entomology*, Blackwell Science 9:465–472.
132. Van den Bos, J., and Baltensweiler, W. (1977). Oviposition efficiency of the grey larch bud moth (*Zeiraphera diniana*) on different substrates and its relevance to the population dynamics of the moth. *Entomologia experimentalis et applicata*, 21(1), 88-97.
133. Van Lenteren, J. C. (2006). Ecosystem services to biological control of pests: why are they ignored? In: *Proceedings of the section experimental and applied entomology-*

- netherlands entomological society*. Nederlandse Entomologische Vereniging. Vol. 17, p.103.
134. Varela, L. G., Smith, R. J., Cooper, M. L., and Hoenisch, R. W. (2010). First report of European grapevine moth, *Lobesia botrana*, in Napa Valley vineyards. *Practical Winery & Vineyard Journal*, March-April, 2010. 1–5.
 135. Varner, M., Lucin, R., Mattedi, L., and Forno, F. (2001). Experience with mating disruption technique to control grape berry moth, *Lobesia botrana*, in Trentino. *IOBC wprs Bulletin*, 24(2), 81-88.
 136. Vassiliou, V. A. (2011). Effectiveness of insecticides in controlling the first and second generations of the *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae) in table grapes. *Journal of economic entomology*, 104(2), 580-585.
 137. Vega F. E. (2018). The use of fungal entomopathogens as endophytes in biological control: a review. *Mycologia*, 110(1), 4-30.
 138. Venette, R. C., Davis, E. E., DaCosta, M., Heisler, H., and Larson, M. (2003). Mini Risk Assessment Grape berry moth, *Lobesia botrana* (Denis & Schiffermuller) [Lepidoptera: Tortricidae]. *USDA CAPS PRA, Department of Entomology, University of Minnesota, St. Paul, Minnesota, USA*.
 139. Vitta N. (2020). Control biológico sobre *Lobesia botrana* (Denis & Schiffermüller). *Plaguicidas microbianos para el manejo integrado de Lobesia botrana en vides*. *Boletín INIA*, (419), 21-33.
 140. Witzgall, P., and Arn, H. (1990). Direct measurement of the flight behavior of male moths to calling females and synthetic sex pheromones. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 45(9-10), 1067-1069.
 141. Witzgall, P., Tasin, M., Buser, H. R., Wegner-Kiß, G., Marco Mancebón, V. S., Ioriatti, C., Backman, A. C., Bengsson, M., Lehmann L., Francke, W. (2005). New pheromone components of the grapevine moth *Lobesia botrana*. *Journal of chemical ecology*, 31(12), 2923-2932.
 142. Witzgall, P., Kirsch P., and Cork A. (2010). Sex pheromones and their impact on pest management. *Journal of chemical ecology*, 36(1), 80-100.
 143. Yurtsever, S., Okyar, Z., and Guler, N. (2010). What colour of flowers do Lepidoptera prefer for foraging. *Biologia*, 65(6), 1049-1056.
 144. Zalucki, M. P., Clarke, A. R., & Malcolm, S. B. (2002). Ecology and behavior of first instar larval Lepidoptera. *Annual review of entomology*, 47(1), 361-393.

145. Zangheri, S., Dalla Montà, L. and Duso, C. (1987) Observations on biology and control of grape moths in Venetia. In: *Integrated pest control in viticulture*. R. Cavalloro.11:408. CRC Press.
146. Zangheri S., Dalla Monta L., (1989). Observations sur la biologie des vers de la grappe dans l'Italie septentrionale et en Toscane, pp. 11-23. In: Cavalloro, R. (Ed.), *Proceedings of a Meeting of the EC Experts' Group "Influence of environmental factors on the control of grape pests, diseases & weeds*. (pp. 11-23); ref : 6 ref
147. Zhang, J., Huang, L., He, J., Tomberlin, J. K., Li, J., Lei, C., ... & Yu, Z. (2010). An artificial light source influences mating and oviposition of black soldier flies, *Hermetia illucens*. *Journal of insect science*, 10(1).

SITOGRAFIA

<https://www.cabidigitallibrary.org>

[https://lepiforum.org/wiki/page/Lobesia botrana](https://lepiforum.org/wiki/page/Lobesia_botrana)

RINGRAZIAMENTI

Ringrazio la Professoressa Paola Riolo, per avermi guidata nel momento più importante del mio percorso accademico.

Coinvolgendomi in questo progetto, mi ha dato la possibilità di vivere un'esperienza unica e mai vissuta prima. Un'avventura all'interno della quale si sono svolte mansioni pratiche, che mi hanno permesso di concretizzare concetti esclusivamente teorici ed, al contempo, approfondire una parte dei miei studi.

Ringrazio il Dott. Lorenzo Corsi, correlatore di tesi, il quale mi ha pienamente coinvolta nel lavoro, facendomi apprezzare il gruppo di ricerca, l'ambiente e lo spirito con il quale si vive il laboratorio ed il campo. Grazie per essere stato sempre presente e disponibile.

Ringrazio Marco Ticchi, compagno di corso, nonché amico, con il quale ho condiviso questa esperienza, tra risate e lepidotteri.

Ringrazio tutte le persone che hanno fatto parte della mia vita durante l'intero percorso universitario, dai familiari agli amici, poiché il vostro sostegno ha generato in me tanta determinazione, che mi ha condotta verso la realizzazione dei miei obiettivi.

Ringrazio me stessa, poiché mi sono dimostrata tenace e pronta ad essere coinvolta all'interno di un contesto estraneo.

Mi ringrazio, per aver scommesso ed intrapreso il giusto percorso di vita, e per aver sbagliato quel test di medicina, senza il quale, oggi, non sarei qui.