



DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE E FORESTALI

Corso di laurea triennale in Gestione sostenibile delle Foreste e del Verde Urbano (L-25)

TESI DI LAUREA

**VALUTAZIONE DEI PARASSITOIDI OOFAGI DI *LYMANTRIA DISPAR* NELLA
RISERVA NATURALE REGIONALE SELVA DEL LAMONE (VT)**

Relatore

Prof. Mario Contarini

Candidata

Beatrice Fantozzi
(matricola 811252)

ANNO ACCADEMICO 2024/2025

INDICE:

RIASSUNTO

Lymantria dispar L. (Lepidoptera Erebidæ), è un fillofago ampiamente diffuso in Italia, classificato dall'IUCN tra i defogliatori più dannosi al mondo. Le sue popolazioni mostrano fluttuazioni di densità cicliche con fasi di culmine che causano gravi danni ai soprassuoli forestali. Le popolazioni vengono contrastate da un ampio complesso di antagonisti che include, tra gli altri, i parassitoidi oofagi. In Italia, il monitoraggio delle sue popolazioni si basa sul conteggio e sulla misurazione delle ovature deposte sulle piante.

Obiettivo di questa ricerca è stato determinare la densità di popolazione del lepidottero e valutare l'incidenza dei parassitoidi oofagi nella Riserva "Selva del Lamone" (VT). Le osservazioni hanno determinato che le popolazioni di *L. dispar* sono attualmente in fase di latenza. Dalle ovature raccolte e allevate in laboratorio non è emersa la presenza di parassitoidi. Questi risultati confermano l'importanza del monitoraggio per comprendere le dinamiche di popolazione del fillofago, e rappresentano un punto di partenza per future ricerche riguardanti il ruolo dei parassitoidi oofagi nel controllo di *L. dispar*.

ABSTRACT

Lymantria dispar L. (Lepidoptera Erebidæ), is a widely distributed phyllophage in Italy, ranked by the IUCN among the most harmful defoliators in the world. Its populations show cyclic density fluctuations with climax phases causing severe damage to forest stands. Populations are countered by a large complex of antagonists that includes, among others, oophagous parasitoids. In Italy, the monitoring of its populations is based on counting and measuring the ovatures laid on plants.

The objective of this research was to determine the population density of the moth and evaluate the incidence of oophagous parasitoids in the Reserve “Selva del Lamone” (VT). Observations have determined that *L. dispar* populations are currently latent. The presence of parasitoids did not emerge from the ovations collected and raised in the laboratory. These results confirm the importance of monitoring to understand the population dynamics of the phyllophagus, and represent a starting point for future research regarding the role of oophagous parasitoids in the control of *L. dispar*.

1.INTRODUZIONE

Lymantria dispar (Linnaeus, 1758), il bombice dispari o limantria, è un lepidottero della famiglia degli Erebidæ, originaria del Giappone e della Corea. In Italia si rinviene specialmente in Sardegna e nelle regioni centrali della penisola. E' una specie estremamente polifaga, ma manifesta una spiccata predilezione per il genere *Quercus* (Paparatti e Speranza, 2005; Luciano, 2009).

A causa della sua forte azione defogliatrice, l'Unione Internazionale per la Conservazione della Natura (IUCN) ha classificato il bombice dispari come uno dei cento peggiori invasori a livello globale (Boukouvala et al., 2022).

1.1 Distribuzione geografica

Lymantria dispar è una specie originaria dell'area Euroasiatica dove è largamente distribuita e dalla quale è stata poi diffusa in altre regioni, principalmente a causa dell'attività umana. Nel 1869 venne introdotta accidentalmente nel Massachusetts (USA), dalle regioni occidentali del continente europeo (Fig. 1.1). Da quel momento si è diffusa in gran parte degli Stati Uniti, fino ad arrivare in Canada. Nel 1992 si sono verificate altre introduzioni di *L. dispar* nelle regioni settentrionali degli Stati Uniti, provenienti dalla Germania e dal Giappone, con femmine capaci di volare. Queste nuove invasioni hanno richiesto programmi di eradicazione,

il più grande dei quali è stato condotto tra il 1992 e il 1994 nelle regioni settentrionali degli USA (Keena et al., 2008).

Una delle principali preoccupazioni negli USA e in generale in tutte le aree recentemente colonizzate, riguarda la capacità di volo delle femmine, che potrebbe aumentare il potenziale di diffusione, con conseguenti difficoltà nella rilevazione e delimitazione delle popolazioni isolate. La capacità di volo, in particolare, delle sottospecie provenienti dall'Asia, le rende più minacciose per le foreste nordamericane, a differenza della sottospecie europea inabile al volo ed ormai stabilita nel continente nordamericano (Keena et al., 2008).

In Asia, infatti, sono presenti due sottospecie di *limantria*: *asiatica* e *japonica*, entrambe con le femmine capaci di volare. La *L. dispar* subsp. *asiatica* è diffusa in Cina e in Corea; la *L. dispar* subsp. *japonica* è riportata in tutte le isole principali del Giappone e solo in una zona limitata di Hokkaido. L'areale geografico preciso delle sottospecie di *Limantria* con le femmine atte al volo è ancora incerto: è stato suggerito un polimorfismo di volo, in cui la presenza di femmine che volano diminuisca da est verso ovest. In Europa e in America è presente la sottospecie *L. dispar dispar* che, come detto, non presenta femmine con questa capacità. Solo nelle zone più orientali d'Europa, in aree di transizione tra le sottospecie, si ritiene siano presenti popolazioni in grado di volare occasionalmente. In Europa centrale, come detto, sono presenti femmine che non sono capaci di volare, ma anche femmine che presentano una capacità di volo planato e femmine che volano solo di notte o al crepuscolo (Keena et al., 2008).



Fig. 1.1 - Area di origine e diffusione di *L. dispar* su scala mondiale

1.2 Gli stadi di sviluppo

Il nome scientifico *Lymantria dispar* deriva dalle parole latine *limanter*, che significa distruttore, e *dispar*, separare, per rappresentare il marcato dimorfismo sessuale. Il maschio è di colore castano, presenta antenne bipettinate, addome sottile e un'apertura alare di 40 mm circa (Fig. 1.2). La femmina è di un colore bianco sporco (Fig. 1.3), presenta un'apertura alare più ampia (45-75 mm), un addome pesante e voluminoso, ricoperto da peli fulvi, che non le consente di volare (Luciano e Roversi, 2001).



Fig. 1.2 - Esemplare maschio di *L. dispar*. (da <https://www.papilionea.it/lymantria-dispar/>)



Fig. 1.3 - Esemplare femmina di *L. dispar*. (da <https://www.papilionea.it/lymantria-dispar/>)

Per quanto riguarda invece la possibilità di distinguere le varie popolazioni composte da femmine volanti o non, bisogna effettuare analisi a livello molecolare sui maschi, catturati attraverso trappole di feromoni, così da associare i modelli di volo a variazioni genetiche di questa specie. Attraverso l'analisi del DNA mitocondriale sono state individuate differenze molecolari tra le popolazioni di Europa, Asia e Nord America (Keena et al., 2008).

Questo lepidottero depone le uova in un'ovatura pluristratificata di colore fulvo, ovoidale, di lunghezza mediamente di 30 mm, costituita da peli liberati dal ciuffo terminale dell'addome della femmina. Ogni ovatura contiene dalle 100 alle 1200 uova (Paparatti e Speranza, 2005).

Le ovature (Fig. 1.4) vengono rilasciate sui tronchi, sui rami e più raramente sulle foglie. L'altezza di ovideposizione è strettamente correlata alla densità di popolazione (Luciano e Roversi, 2001).



Fig. 1.4 - Ovatura di *L. dispar*. (da [Lymantria dispar – Papilionea](#))

Le larve neonate che fuoriescono dalle uova, presentano una colorazione nerastra e sono rivestite da lunghe setole dilatate, dette aerostatiche, utili per la loro diffusione effettuata dal vento.

Nelle età successive il colore della larva vira verso il giallo-brunastro e compaiono dei tubercoli muniti di setole (Fig. 1.5). Le prime cinque coppie di tubercoli, sul torace e sul primo e secondo urite, sono blu, mentre i rimanenti rossi. A maturità le larve possono raggiungere una lunghezza pari a 70 mm, specialmente quelle che daranno origine a femmine (Luciano e Roversi, 2001).



Fig. 1.5 - Esemplare di larva di *L. dispar* (da <https://www.papilionea.it/lymantria-dispar/>)

1.3 Biologia

Lymantria dispar è una specie monovoltina, che si riproduce nel periodo primaverile-estivo e sverna come uovo (Fig. 1.6), (Toledo, 2006).



Fig. 1.6 - Ciclo biologico di *L. dispar*

Gli adulti cominciano a sfarfallare già nella terza decade di giugno, con il massimo delle presenze a luglio. Nelle zone a più elevata altitudine gli adulti si rinvencono fino a settembre (*Lymantria dispar* (Linnaeus), Sardegnaforeste.it).

La vita di un adulto si aggira intorno a una settimana, e l'emergenza dei maschi è precedente a quella delle femmine. Generalmente le femmine muoiono circa un giorno dopo la deposizione delle uova, mentre i maschi sopravvivono anche una settimana dopo aver fecondato varie femmine (Boukouvala et al., 2022).

Dopo l'accoppiamento seguono le ovideposizioni. *Lymantria dispar* sverna allo stadio di uovo (*Lymantria dispar* (Linnaeus), Sardegnaforeste.it).

L'uovo nelle prime tre settimane è in fase embrionale, segue poi la fase della diapausa, influenzata da condizioni fredde e calde. Lo sviluppo dell'embrione è favorito da temperature più elevate, e la fase di pre-diapausa viene completata in un ciclo di 16 giorni a 25 °C. Questa

fase è caratterizzata da un abbondante sviluppo morfologico dell'embrione. L'embrione entrerà nella fase di diapausa, che dura diversi mesi con bassi tassi di sviluppo, come larva farata completamente differenziata. Se la larva è esposta a basse temperature, la diapausa terminerà molto rapidamente. Per terminare questa fase alte temperature, 25 °C, determineranno la schiusa delle uova che si completerà in 11-18 giorni (Boukouvala et al., 2022).

Le larve fuoriescono in primavera, quando si registrano temperature superiori ai 10 °C. Nei primi giorni di vita sono fototropicamente attive, cioè si spingono verso le branche più alte dell'albero e da lì si lasciano penzolare appese a un filo di seta, così che poi possano essere trasportate dal vento (*Lymantria dispar* (Linnaeus), Sardegnaforeste.it).

Lo stadio larvale dura circa due mesi, e già nella prima metà di giugno sugli alberi si possono cominciare a vedere le crisalidi. Il periodo pupale varia dai 10 ai 15 giorni (*Lymantria dispar* (Linnaeus), Sardegnaforeste.it).

1.4 Piante ospiti e danni

Lymantria dispar è caratterizzata da una elevata polifagia, potendosi sviluppare a carico di oltre 400 specie arboree e arbustive (*Lymantria dispar* (Linnaeus), Sardegnaforeste.it).

Nelle aree forestali è uno dei principali defogliatori, soprattutto per i boschi di quercia. Se si trova nel suo periodo di culmine, può determinare per due o tre anni la defogliazione totale delle aree boscate. In Europa gli ospiti vegetali maggiormente colpiti appartengono ai generi: *Quercus*, *Carpinus*, *Alnus*, *Prunus*, *Populus*, *Corylus* e *Robinia* (*Lymantria dispar* (Linnaeus), Sardegnaforeste.it; Luciano e Roversi, 2001).

Le popolazioni di *L. dispar* in Italia e non solo, sono soggette a cicliche fluttuazioni di densità in cui, ad una fase di latenza segue un incremento della popolazione (fase di progradazione)

fino a giungere alla fase di culmine durante la quale vengono registrati pesanti defogliazioni anche a carico di alcune conifere, in particolare i pini. L'ampiezza di queste fluttuazioni dipende da diversi fattori, tra cui la complessità ecologica. In base a tale variabilità si possono distinguere aree a rischio frequente con picchi ogni 5-6 anni, periodico (ogni 8-10 anni) e saltuario (ogni 12 anni o più) (Boukouvala et al., 2022; *Lymantria dispar* (Linnaeus), Sardegnaforeste.it).

I danni causati dalla defogliazione da parte degli stadi giovanili di *Lymantria* sono sia di natura estetica che fisiologica; infatti, la pianta subisce un notevole stress, a causa della necessità di ricreare la massa fotosintetizzante. Questo porterà a un indebolimento dell'organismo che lo renderà più suscettibile agli attacchi di altri insetti o di microrganismi patogeni.

La soglia di danno viene raggiunta con cento ovature su quaranta piante monitorate, in quanto la popolazione è in una fase di progradazione o di retrogradazione. Nella fase di retrogradazione il 50% delle ovature si trova tra i due e i sei metri, con almeno quattrocento uova per ovatura; nella fase di progradazione, invece, il 50% delle ovature si trova sotto i due metri, con almeno cinquecento uova per ovatura (Paparatti e Speranza, 2005).

Le altre fasi sono latenza e culmine. Nella prima l'80% delle ovature si trova a un'altezza pari o inferiore ai due metri sulle piante, con almeno quattrocento uova per ovature; nella seconda l'80% delle ovature si trova al di sopra dei sei metri, con almeno seicento uova per ovatura (Fig. 1.7) (Paparatti e Speranza, 2005).

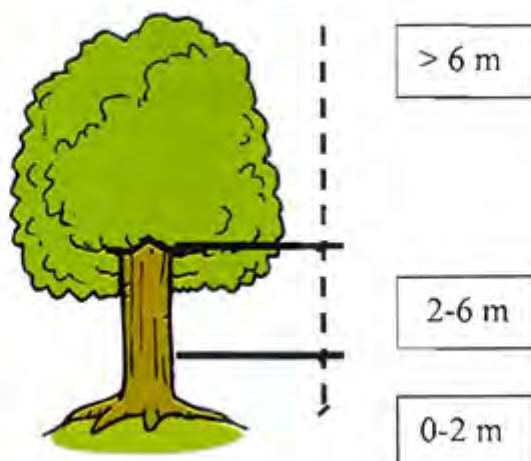


Fig. 1.7 - Le tre fasce di localizzazione per le ovature di *L. dispar*

1.5 Antagonisti naturali

Esistono diversi nemici naturali della *Limantria*, che si sviluppano a spese dei diversi stadi di sviluppo.

In Europa i parassitoidi delle uova giocano un ruolo, apparentemente, secondario, mentre i parassitoidi larvali e larvali-pupali sono generalmente più abbondanti (Zankl et al., 2023).

Tra i parassitoidi oofagi, insetti in grado di ovideporre e svilupparsi all'interno delle uova dell'ospite, è necessario menzionare gli Imenotteri, *Ooencyrtus kuwanae* (How.) (Encirtide) (Fig. 1.8) e *Anastatus disparis* (Tommasini et al., 2023). Tra i parassitoidi larvali, è opportuno richiamare: *Apanteles porthetriae* Mues. (Imenottero Braconide) ed *Exorista larvarum* (L.) (Dittero Tachinide) (Fig. 1.9), che, durante le fasi di latenza del lepidottero, riescono ad attaccare per un 50% le larve più giovani e per un 30% quelle giunte a maturità. Di rilievo l'azione del dittero tachinide *Blepharipa pratensis* che, con il ciclo biologico sincronizzato con quello della *Limantria*, causa la massima mortalità quando la densità di popolazione degli

ospiti è in retrogradazione (Contarini et al., 2013). Altro antagonista naturale è *Parasetigena silvestris*, anch'esso tachinide univoltino, che depone le sue uova sull'esoscheletro dell'ospite posteriormente alla capsula cefalica. (Contarini et al., 2013).



Fig. 1.8 Esemplari di *Ooencyrtus kuwanae* su ovatura di *L. dispar*. (da <https://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=5371176#>)



Fig. 1.9 - Esemplare di *Exorista larvarum*. (da <https://mexico.inaturalist.org/taxa/789306-Exorista-larvarum>)

Il più efficace predatore di larve e crisalidi di limantria è il coleottero carabide, *Calosoma sycophanta* (Fig. 1.10). La sua azione di controllo è svolta principalmente durante le fasi di retrogradazione del lepidottero, quando però la densità del fitofago è già controllata da altri nemici naturali (Luciano e Prota, 1985).



Fig. 1.10 - Esemplare di *Calosoma sycophanta* (da https://www.inaturalist.org/guide_taxa/1804999)

I microrganismi patogeni come *Beauveria bassiana*, il microsporidio *Nosema portugal* e il virus LdMNPV, sono anch'essi annoverati tra i nemici naturali della *Limantria* in Italia. Ciascuno evidenzia un tasso di mortalità variabile nei confronti del lepidottero, determinato da diversi fattori, tra cui la densità di popolazione del fitofago (Contarini et al., 2013).

Introdotta intenzionalmente dall'Asia in Bulgaria nel 1999, *Entomophaga maimaiga* si è diffusa negli ultimi decenni in varie aree d'Europa, affermandosi nei Balcani come il più efficace patogeno di *L. dispar* (Fig. 1.11). L'aumento del tasso di mortalità dello stadio larvale finale della farfalla nel continente europeo è stato associato alla vasta diffusione di *E. maimaiga* (Zankl et al., 2023).

L'infezione è innescata dalla germinazione dei conidi che penetrano attivamente nel tegumento della larva ospite. I tessuti della larva vengono colonizzati dal micelio fungino e questa muore nel giro di pochi giorni prima della pupazione. Le larve infettate e uccise si riconoscono per la posizione che assumono ai piedi dell'albero: queste sono infatti tipicamente attaccate con le pseudozampe addominali alla parte basale della pianta e la testa

rivolta verso il basso. La maggior parte dei cadaveri non presenta nessuna crescita fungina esterna, mentre internamente contengono spore di resistenza. Dopo la morte rimangono attaccate per mesi all'albero, presentando sul corpo, in assenza di umidità, una compressione laterale (Fig. 1.11) (Andreadis e Weseloh, 1990).

Nel 1910-1911 alcuni esemplari di *Lymantria dispar* infetti da *Entomophaga maimaiga*, provenienti dal Giappone, sono stati introdotti in America. I maggiori attacchi sono stati registrati nel Connecticut occidentale (USA), soprattutto nelle zone dove la popolazione di *Lymantria* era più elevata. Altri attacchi massicci sono stati registrati nelle aree del nord-est degli Stati Uniti (Andreadis e Weseloh, 1990).



Fig. 1.11 - Esemplare di *L. dispar* ucciso dal fungo *Entomophaga maimaiga*. (da

<https://www.forestryimages.org/browse/image/5625237>)

1.6 Tecniche di monitoraggio e controllo

1.6.1 Tecniche di monitoraggio

Il monitoraggio di *L. dispar* è fondamentale per consentire la tempestiva individuazione dei primi focolai d'infestazione del fitofago e per programmare interventi di controllo ecologicamente compatibili.

Il monitoraggio delle popolazioni di *Limantria* in Italia e in parte del Mediterraneo, si effettua prendendo come riferimento quaranta piante disposte a croce, con dieci piante per ciascuna direzione cardinale (Fig. 1.12) (Fraval et al. 1978).

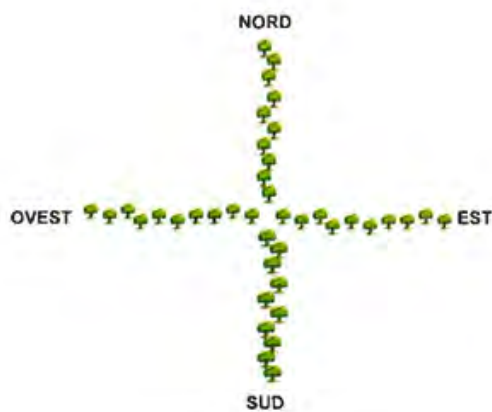


Fig. 1.12 - Tecnica di monitoraggio per la *L. dispar*

Su ogni pianta si effettua il conteggio delle ovature presenti, e si annotano l'altezza di ovideposizione e la lunghezza delle ovature (Paparatti e Speranza, 2005).

Con la spazializzazione dei dati sulla densità delle ovature, raccolti grazie alle reti di monitoraggio, si è permesso la costruzione di mappe di distribuzione delle aree infestate. Esse pongono in evidenza la diffusione dell'infestazione, la localizzazione dei focolai e le aree più frequentemente attaccate, dando una rappresentazione significativa del fenomeno in termini spazio-temporali. Nel Lazio, ad esempio, la rete di monitoraggio è composta da undici siti di rilevamento attivi (Fig. 1.13) (Paparatti e Speranza, 2005).



Fig. 1.13 - Rete di monitoraggio del Lazio

Un'altra tecnica di monitoraggio è l'utilizzo delle trappole a feromoni.



1.14 Trappola a feromoni (USDA Forest Service)

I maschi vengono attratti dal feromone di sintesi analogo a quello rilasciato dalle femmine vergini, impiegato per rendere la trappola attrattiva. Tuttavia, questa tecnica non appare, almeno in Italia, efficace nel definire le popolazioni con i danni effettivi che poi la farfalla provoca, a differenza del monitoraggio che si basa sulla conta delle ovature. Questo a causa della forte competizione che si viene a creare tra il feromone artificiale e l'effettivo numero di femmine presenti in campo e anche per l'influenza che il rapporto dei sessi ha nel determinare la successiva abbondanza di popolazione. Per questo motivo le trappole a feromone hanno un utilizzo limitato nella penisola (Luciano, 2009).

1.6.2 Tecniche di controllo

Le strategie di contenimento delle popolazioni della *Limantria* prevedono frequentemente il ricorso a microrganismi entomopatogeni. A differenza degli insetticidi chimici, i

microrganismi entomopatogeni hanno un'azione maggiormente selettiva e presentano ridotti rischi ecologici. Gli si riconosce, tuttavia, una bassa velocità di uccisione e un'azione altamente dipendente dalle condizioni ambientali (Akhanaev et al., 2022).

L'entomopatogeno più utilizzato nel controllo della *Limantria* è il batterio *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*, (Btk). L'azione insetticida di questi batteri è dovuta a endotossine cristalline proteiche, prodotte durante la sporulazione e liberate nell'intestino dell'ospite. Una volta che la larva ingerisce il batterio l'intestino viene paralizzato e l'alimentazione si ferma (Fig. 1.15) (Akhanaev et al., 2022).

Questi batteri agiscono più rapidamente rispetto ad altri metodi di controllo, come, ad esempio, i Baculovirus. Il Btk è più facile da produrre; ma come i virus è suscettibile alle radiazioni ultraviolette e, inoltre, il suo continuo utilizzo ha fatto sviluppare una resistenza negli insetti lepidotteri (Akhanaev et al., 2022).

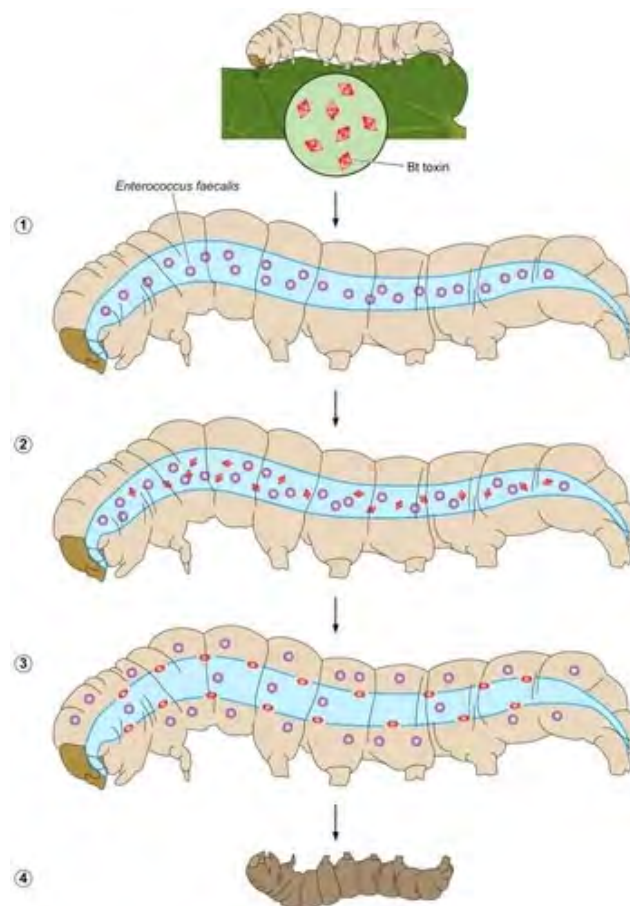


Fig. 1.15 – Processo di infezione di una larva di lepidottero uccisa ad opera del batterio *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*.

Le popolazioni di *L. dispar* in Italia vengono controllate con l'utilizzo del batterio *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*.

Questo metodo di controllo colpisce i primi stadi larvali della farfalla e per questo viene utilizzato nei mesi di aprile e maggio, poco dopo la schiusura delle uova (Triggiani, 2009).

In diversi Paesi è autorizzato il rilascio per via aerea nelle zone infestate, pratica che in Italia non è invece ammessa, pur trattandosi di un batterio ad elevata specificità. Negli ultimi decenni, tuttavia, le Regioni Sardegna e Toscana, a seguito dell'autorizzazione del ministero, hanno effettuato trattamenti in bosco con formulato di Btk, denominato FORAY 48B. In

Sardegna viene effettuato con cadenza annuale nelle ampie estensioni di *Quercus suber*, dove il sughero riveste un ruolo di grande rilievo per l'economia locale (Triggiani, 2009).

Oltre al Btk, per il controllo della *Limantria* possono essere utilizzate miscele con microrganismi entomopatogeni e dosi subletali di insetticidi chimici, per aumentare l'efficacia e la stabilità durante l'applicazione, oppure i virus. Tra questi ultimi il *Baculovirus* è specifico per l'ospite e non ha effetti nelle altre popolazioni di insetti non bersaglio. Questi virus non necessitano dell'intervento diretto dell'uomo per la loro diffusione, si trasmettono di generazione in generazione all'interno della popolazione ospite e nel tempo possono essere riattivati in risposta a situazioni di stress, così garantiscono un effetto prolungato dopo il trattamento (Fig. 1.16). Tuttavia, i *Baculovirus* hanno un alto costo di produzione e una velocità di eliminazione relativamente lenta; inoltre, sono sensibili alla radiazione ultravioletta, causando una perdita di efficacia e prolungando il tempo di sopravvivenza delle larve (Akhanaev et al., 2022).

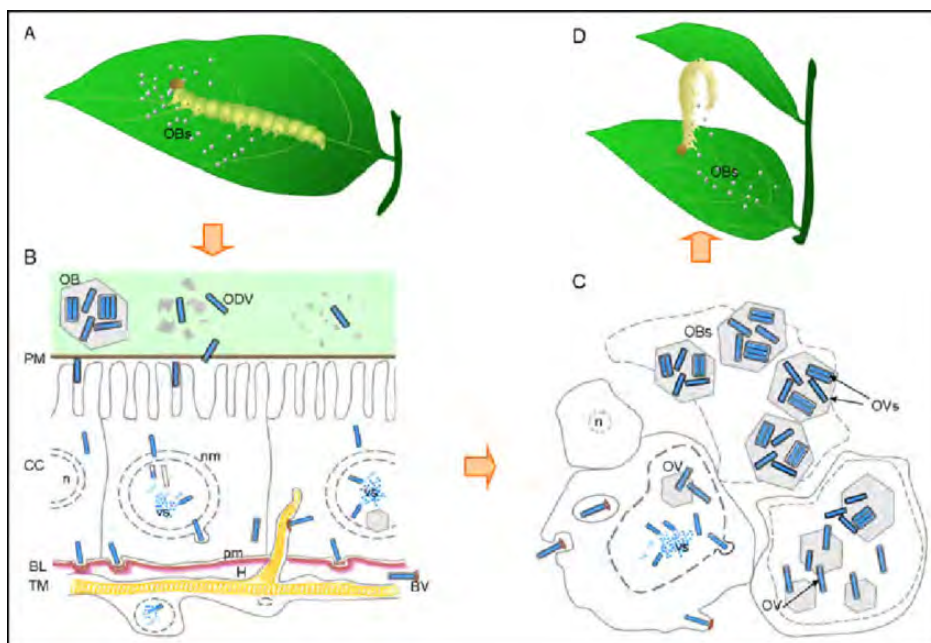


Fig. 1.16 - Azione infettiva di *Baculovirus* su larva di lepidottero, da

https://www.researchgate.net/figure/Baculovirus-Alphabaculovirus-infection-cycle-A-Larva-ingests-food-contaminated-with_fig1_221925734

1.6.3 Nuove tecniche di laboratorio

Un'altra tipologia di contrasto ai danni della *L. dispar* è l'utilizzo dei parassitoidi oofagi. Per capire se le uova sono state parassitizzate bisogna pulire le ovature dai peli che le ricoprono. Negli ultimi anni è stato brevettato un nuovo strumento per la pulitura delle ovature. La separazione tra uova e i peli è facilitata dall'utilizzo di un tubo cilindrico in vetro. La parte principale dello strumento è quella removibile, che incorpora un setaccio, dove la grandezza delle maglie è più grande di quella dei peli delle ovature, per facilitarne il passaggio, rendendolo più fluido. I peli, una volta attraversato il setaccio arrivano al dispositivo di aspirazione.

Questa parte removibile dello strumento verrà poi annessa a tutto il cilindro in vetro e verrà chiusa da un coperchio, creando un'unità coesa e funzionale (Fig. 1.17) (Stojanović et al., 2024).



Fig. 1.17 - Prototipo del cilindro in vetro con parte removibile (da Stojanović et al., 2024)

2. OBIETTIVI DELLA TESI

Lo scopo principale della ricerca è stato monitorare le popolazioni di *Lymantria dispar* all'interno della Riserva Naturale Regionale Selva del Lamone e verificare l'eventuale presenza di parassitoidi oofagi attivi sulle popolazioni del lepidottero.

Questo studio si è sviluppato a causa dei gravi danni di defogliazione che il lepidottero provoca ogni anno nella Regione Lazio, dove è il lepidottero defogliatore più diffuso (Paparatti e Speranza, 2005).

Il monitoraggio delle popolazioni serve a valutare in quale fase della gradazione la popolazione dei lepidotteri si trova e, di conseguenza, capire se ci sarà bisogno di un intervento per limitare i danni di defogliazione che ne potranno derivare.

Sono stati impiegati i consueti metodi di monitoraggio e in laboratorio sono state analizzate le ovature raccolte per poter verificare la presenza o meno di eventuali parassitoidi oofagi.

In Europa è presente un vasto numero di parassitoidi in grado di attaccare la *L. dispar*: 109 specie appartengono all'ordine *Hymenoptera*, 56 all'ordine *Diptera*, ma come menzionato prima, i parassitoidi oofagi giocano un ruolo, solo apparentemente, secondario nel continente. Tra questi il parassitoide oofago più importante è *Ooencyrtus kuvanae*, insieme a *Anastatus disparis*. (Fig. 2.18) (Boukouvala et al., 2022; Tommasini et al., 2023).

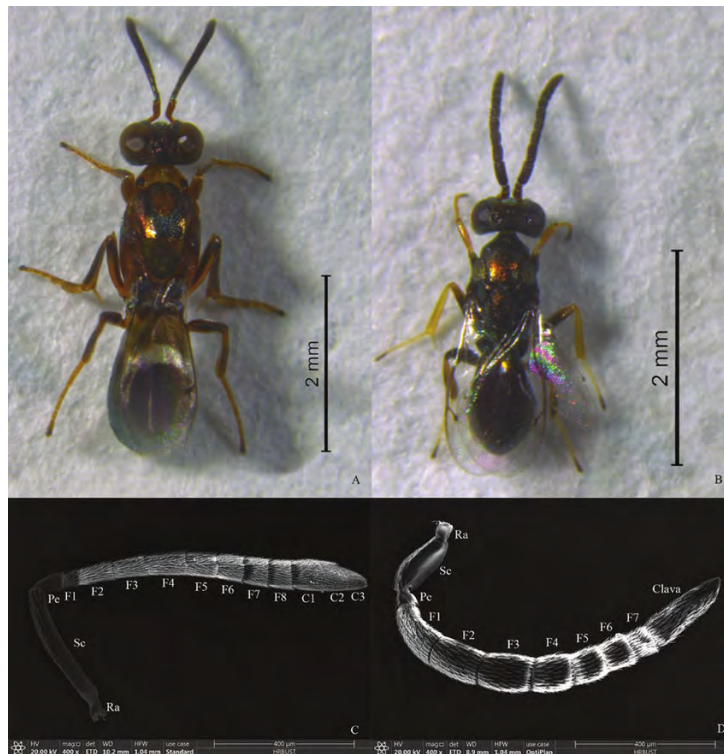


Fig. 2.18 – Esempari di femmina e maschio adulti di *A. disparis* e la struttura delle loro antenne
(Wang et al., 2022)

3. MATERIALI E METODI

3.1 Area di studio: la Riserva Naturale Regionale Selva del Lamone

La selva del Lamone è una Riserva naturale regionale istituita nel 1994 con la Legge Regionale n. 45. Si estende su una superficie di 2002 ettari all'interno del territorio comunale di Farnese (VT). Rappresenta uno dei più importanti esempi di foresta planiziale dell'Italia medio-tirrenica (Riserva Naturale Regionale Selva del Lamone, ParchiLazio.it; Carotenuto e Politi, 2012).

La riserva si estende per dieci chilometri in direzione nord est-sud ovest, nella media valle del fiume Fiora, a ridosso del confine tra Lazio e Toscana, a un'altitudine compresa circa fra i 250 e i 450 metri s.l.m. A nord è delimitata dal fosso Crognoletto, a ovest dalla strada doganale Farnese-Pitigliano, a Est dal confine comunale di Farnese e a sud dal corso del Fiume Olpeta, emissario del vicino lago di Mezzano e uno dei principali affluenti del fiume Fiora (Fig. 3.19) (Scoppola et al., 1994).

La sua importanza conservazionistica è tale che, oltre alla riserva, su quest'area ricadono tre siti di Rete Natura 2000: due Siti d'Importanza Comunitaria (SIC) ed una Zona di Protezione Speciale (ZPS) (Riserva Naturale Regionale Selva del Lamone, ParchiLazio.it).



Fig. 3.19 Immagine satellitare dei confini della Riserva Naturale Regionale Selva del Lamone

3.2 Caratteristiche dell'area

I boschi si estendono per il 90% del territorio, mentre le aree agricole occupano il restante 10% (Fig. 3.20) (Riserva Naturale Regionale Selva del Lamone, ParchiLazio.it). I boschi sono per lo più cerrete, pure o miste, che a tratti presentano più un carattere mesofilo e a tratti più termofilo. Nel primo caso oltre al cerro si possono trovare carpino nero, carpino bianco e nocciolo; nel secondo caso sono presenti il leccio, la roverella, la fillirea a foglie larghe; ubiquitari invece l'acero campestre, l'acero minore e l'orniello. Ci sono, anche, boschi di bagolaro, di ontano nero e boschi misti di conifere e latifoglie, quest'ultimi frutto di rimboschimenti. In base alla gestione, invece, i tipi selvicolturali più estesi sono: fustaie irregolari di cerro, fustaie irregolari di latifoglie miste, cedui invecchiati di cerro, cedui invecchiati di ontano nero, cedui a prevalenza di cerro, bagolaro oppure misti (Vizzarri et al., 2013).

Le aree agricole sono caratterizzate da prati pascoli, oppure da uliveti, vigneti e arbusteti e boschi di neoformazione. Sia gli arbusteti che i boschi di neoformazione si sono formati per l'abbandono delle aree agricole avvenuto negli anni Sessanta e Settanta. Nello stesso tempo lo sfruttamento intensivo del bosco per carbone, legname e frasche è drasticamente diminuito (Riserva Naturale Regionale Selva del Lamone, ParchiLazio.it).

Distribuita tra i boschi e le aree agricole sono presenti aree micro-umide: i Lacioni.

I lacioni sono ecosistemi caratterizzati con una fase di riempimento seguita da una fase di prosciugamento; queste aree umide appartengono alla categoria delle acque temporanee. Questi piccoli bacini non hanno connessioni né con una falda acquifera, né con corsi d'acqua o sorgenti di alimentazione. La loro esistenza è legata solamente alla precipitazione delle acque meteoriche (Carotenuto e Politi, 2012).

Le acque temporanee comprendono una vasta gamma di biotipi: raccolte di acqua nelle cavità degli alberi, zone paludose presenti in terre basse e alluvionali, piane di esondazione dei fiumi e altri biotipi. Questa grande varietà di ambienti permette la presenza di una ricchissima biodiversità animale e vegetale (Carotenuto e Politi, 2012)

I lacioni della Riserva del Lamone sono interessanti per la loro collocazione all'interno del bosco: non sono situati al livello del mare come la maggioranza delle zone umide del Lazio, non hanno nessuna connessione idrologica, giacciono su terreni dove sono predominanti gli affioramenti tufacei e la scarsità di suoli che in fase di allagamento si trasformano in substrati sommersi. Queste piscine temporanee vengono definite "*autumnal pools*", perché in Riserva le precipitazioni si concentrano specialmente durante i mesi autunnali e i lacioni registrano un loro massimo riempimento proprio durante quel periodo dell'anno (Carotenuto e Politi, 2012).

tipo di vegetazione	superficie totale (ha)	superficie %
boschi	1465	72
pascoli	85	4
colture agrarie	326	16
altro*	154	8
totale	2030	100
* La categoria "altro" include arbusteti e boschi di neoformazione, vegetazione acquatica e vegetazione rupestre		

Fig. 3.20 - Estensione dei vari tipi di vegetazione all'interno della Selva del Lamone (da Vizzarri et al., 2013)

Per quanto riguarda il substrato la pietrosità e la rocciosità hanno impedito la formazione di suoli maturi e profondi, favorendo, quindi, la diffusione di specie e di fitocenosi poco esigenti in fatto di fertilità e umidità del suolo. Questo ha determinato la presenza stabile dell'uomo. Pertanto, la flora che oggi è presente è frutto delle interazioni macro e micro-ambientali: azione dell'uomo e fattori biogeografici (Vizzarri et al., 2013).

La rocciosità presente nella Selva è frutto dell'attività del vulcano di Latera, un cono laterale del vulcano vulsino, la cui attività si distingue in tre fasi principali. La terza, post-calderica, ha riguardato la deposizione delle effusioni laviche finali e la formazione di imponenti coni di lapilli e scorie. Essi hanno dato origine a un vasto tavolato lavico compatto, ricoperto da una distesa continua di blocchi di lava (Fig. 3.21). È su questo tavolato lavico che si sviluppa tutta la riserva (Scoppola et al., 1994).



Fig. 3.21 – Tavolato lavico presente nella Selva del Lamone (da Carotenuto e Politi, 2012)

Nel settore occidentale della riserva, oltre alle unità vulcaniche, sono presenti depositi di travertino, formato in seguito a precipitazioni chimiche di acque idrotermali (Scoppola et al., 1994).

3.3 Le condizioni climatiche

Sulla base della recente regionalizzazione fitoclimatica del Lazio e con riferimento alla vicina stazione pluviometrica di Valentano, posta a un'altitudine maggiore rispetto alla Riserva, si stima che il clima del settore in oggetto è per lo più di tipo temperato (Scoppola et al., 1994).

È caratterizzato da una temperatura media annua di 13 °C., precipitazioni intorno ai 1000 mm, con piogge estive, in genere, poco abbondanti e una debole aridità nei mesi di luglio e agosto. Da ottobre a maggio si registrano temperature medie minime, soprattutto nel mese più freddo,

tra 1,2 e 2,9 °C. Questo clima è tipico della regione vulsina e di tutto il settore nord-orientale della provincia di Viterbo (Scoppola et al., 1994).

Condizioni leggermente differenti si registrano nel settore sud-occidentale della Riserva, caratterizzato da un clima più mite, di transizione verso il clima di tipo mediterraneo, dove diminuiscono le precipitazioni e diventa più intensa l'aridità estiva. Questo tipo di clima invece è tipico della maremma laziale interna a sud della conca vulsina e dei pianori a ovest di Viterbo (Scoppola et al., 1994).

3.4 Le formazioni forestali

Le formazioni forestali più estese all'interno della Selva del Lamone sono classificabili come cerrete. Tuttavia, a seconda della pietrosità e rocciosità del substrato e della presenza di suoli maturi e profondi, la predominanza di *Quercus cerris* è accompagnata da altre specie di latifoglie decidue: *Acer monspessulanum*, *A. campestre*, *Q. pubescens*, *Carpinus betulus*, *Ostrya carpinifolia* (Vizzarri et al., 2013).

Inoltre, la microtopografia locale conferisce alla vegetazione un carattere mesofilo. Ad esempio, all'interno dei crateri di collasso lavico sussiste un microclima costantemente umido e fresco che favorisce la presenza di specie mesofile, tra cui anche il faggio.

Il settore più occidentale della riserva, al contrario, è maggiormente esposto ai venti caldi provenienti da sud, sud-ovest e per questo motivo sono più diffuse specie termofile o addirittura xerofile. Infatti, sia lo strato arboreo che arbustivo presentano una componente mediterranea quantitativamente rilevante: *Q. ilex*, *Celtis australis* e *Phillyrea latifolia*. In queste cenosi termofile il leccio e la fillirea vanno a sostituire quasi del tutto il cerro e i carpini, mentre permangono gli aceri e la roverella (Vizzarri et al., 2013).

3.5 Descrizione aree di monitoraggio

Il monitoraggio di *Lymantria dispar* è stato svolto in due aree all'interno della Riserva Naturale Regionale Selva del Lamone (Fig. 3.22).

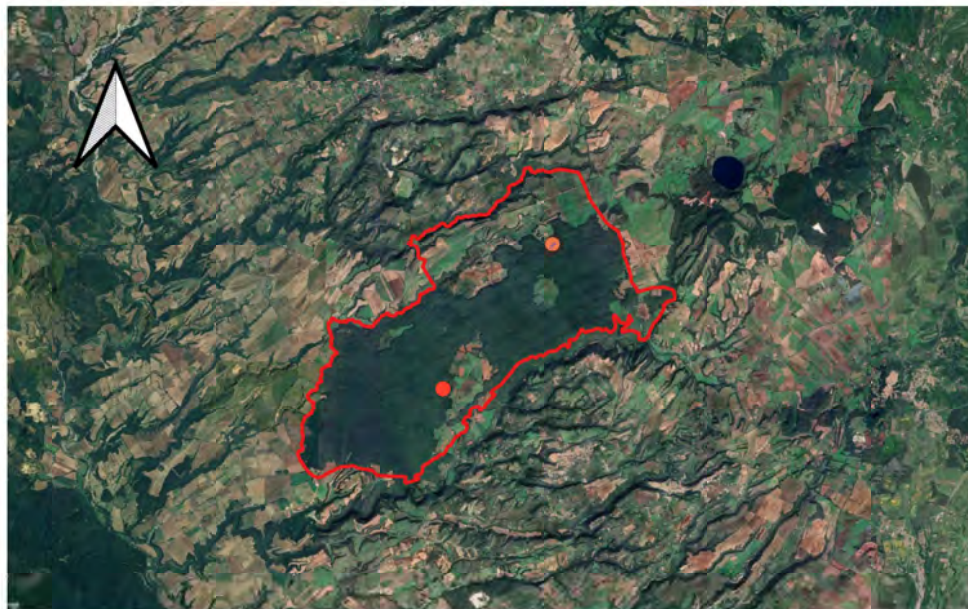


Fig. 3.22 – Individuazione (punti rossi) delle due aree di monitoraggio, all'interno della Selva del Lamone

La prima area è situata nella parte nord-est della riserva e affaccia sul sentiero n. 2.

La sua esposizione a nord determina un clima con estate poco aride e inverni lunghi, con temperature basse fino al mese di maggio.

Il bosco è caratterizzato dalla dominanza di *Q. cerris*, con presenza minima di *A. monspessulanum* e di *Q. pubescens* (Vizzarri et al., 2013). La copertura arborea non è molto elevata e allo stesso tempo non è presente neanche un folto sottobosco (Fig. 3.23).



Fig. 3.23 – Prima area di monitoraggio

La seconda area è situata nella sezione sud-ovest della riserva, nella località Lacione della Mignattara.

Il Lacione della Mignattara, dove ricade l'area di monitoraggio, è il più grande della Riserva, ha un diametro di quarantacinque metri, ma nei periodi di massimo riempimento raggiunge anche i cinquantacinque metri. Gli alberi bordano il bacino ma non crescono al suo interno (Fig. 3.24) (Carotenuto e Politi, 2012).



Fig. 3.24 - Lacione della Mignattara in un periodo di massimo riempimento (Carotenuto e Politi, 2012)

La sua posizione a ovest della riserva determina un clima che dal temperato, tipico di tutta la Riserva, sfuma gradualmente al mediterraneo. Le temperature, quindi, saranno più elevate nei mesi di luglio e agosto, con un periodo di siccità, seguito poi dai mesi di ottobre e novembre che porteranno precipitazioni abbondanti. Questo va a caratterizzare la flora presente: una predominanza di *Q. cerris*, con presenza sporadica di *Q. ilex* e *P. latifolia* (Carotenuto e Politi, 2012).

A differenza dell'altra area di monitoraggio, in questa zona la copertura arborea è molto elevata, data da una densità maggiore di alberi e con la presenza di un fitto sottobosco.

3.6 Rilevamenti in campo

Nei due siti precedentemente descritti, il giorno 20/03/2025, sono state selezionate 10 piante per direzione cardinale, in totale 40 piante, al fine di applicare la metodologia di monitoraggio delle ovature, descritta da Fraval et al., (1978). Sono state, inoltre, controllate la parte basale

delle piante e le rocce che si trovavano ai piedi di queste (Fig. 3.25). Di ogni ovatura è stata registrata la grandezza e la posizione (altezza) sull'albero.

Successivamente al Lacione della Mignattara, il giorno 28/05/2025, nel periodo di presenza in campo delle larve, è stato condotto il monitoraggio di questo stadio di sviluppo, utilizzando l'ombrello entomologico sulle quaranta piante precedentemente stabilite (Fig. 3.26). Tre branche di ogni pianta sono state percosse con un bastone, al fine di far cadere le larve presenti sul telo bianco dell'ombrello. Questo conteggio è stato effettuato per confrontare il numero di larve registrato con le ovature precedentemente contate (Fig. 3.27).

Nel primo sito di monitoraggio non è stato possibile effettuare il monitoraggio delle larve perché in quel periodo era inagibile a causa di lavori in corso nell'area.



Fig. 3.25 – Ovatura di *L. dispar* trovata sulla parte basale di un albero



Fig. 3.26 - Esempio di ombrello entomologico utilizzato (da [Ombrello entomologico](#))



Fig. 3.27 - Larva di *L. dispar* trovata lungo il sentiero che porta al Lacione della Mignattara

3.7 Attività di laboratorio

Le ovature, individuate in campo, sono state delicatamente prelevate e portate in laboratorio per essere successivamente processate.

La prima attività condotta è consistita nel conteggio delle uova contenute nelle ovature. A tal fine si è praticata una pulizia delle ovature, che consentisse la rimozione dei peli presenti. Un panno è stato sfregato delicatamente sull'ovatura, consentendo così la separazione dei peli dalle uova.

Successivamente le uova sono state poste all'interno di una piastra Petri, avendo cura di mantenere separate le uova delle varie ovature. La peluria residua sulla carta assorbente è stata, invece, buttata (Fig. 3.28, 3.31). Una volta in piastra, attraverso l'utilizzo di uno stereoscopio, è stato effettuato il conteggio (Fig. 3.29). La conta è stata svolta manualmente, con l'aiuto di una pinzetta di metallo morbida, per separare le uova. Oltre al conteggio generale si è svolta anche una separazione tra le uova fecondate e quelle non fecondate. Le uova fecondate si riconoscono perché più scure, mentre quelle non fecondate evidenziano un colore traslucido, quasi trasparente (Fig. 3.30).



Fig. 3.28 – Uova di *L. dispar* pulite, poste in piastra Petri



Fig. 3.29 – Uova di *L. dispar* viste sotto la lente dello stereoscopio

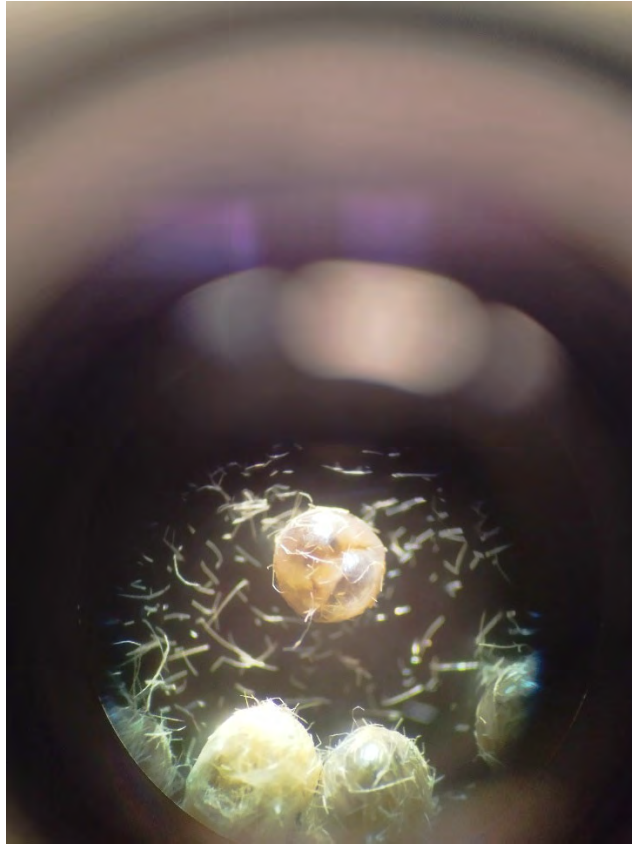


Fig. 3.30 – Uovo di *L. dispar* fecondato, visto sotto la lente dello stereoscopio

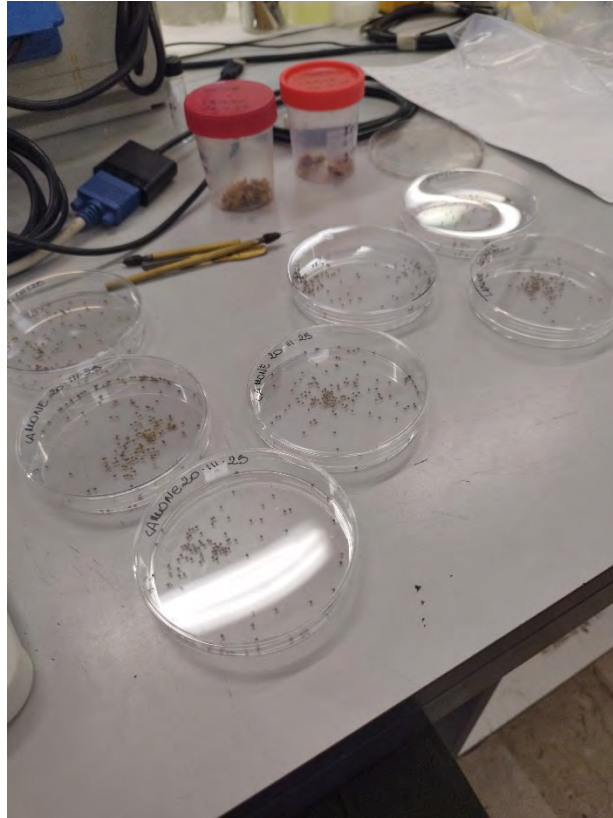


Fig. 3.31 – Uova di *L. dispar* pulite in piastra Petri

Una volta contate le uova, la piastra Petri, che le conteneva, è stata posta in armadi di crescita alla temperatura di 25 °C per favorire la fuoriuscita delle larve di *L. dispar* o dei parassitoidi oofagi nel caso delle uova colonizzate.

4. RISULTATI E DISCUSSIONE

Come detto nel secondo capitolo, questo studio si focalizza principalmente sul monitoraggio della popolazione di *Lymantria dispar* all'interno della Riserva Naturale Regionale Selva del Lamone e sulla ricerca di eventuali parassitoidi oofagi del lepidottero.

Le attività di monitoraggio hanno evidenziato la totale assenza di ovature di *L. dispar* nel primo sito, mentre nel secondo sono state trovate 5 ovature, di cui solo una databile 2025 (Fig. 4.32, 4.33, 4.34).



Fig. 4.32 – Vecchia ovatura di *L. dispar*



Fig. 4.33 – Vecchia ovatura di *L. dispar*



Fig. 4.34 – Ovatura fresca di *L. dispar*

L'altezza dell'unica ovatura rinvenuta sulle 40 piante è risultata al di sotto dei 2 m. Ciò induce a pensare che la popolazione si trovi, attualmente, nella fase di latenza. In questa fase della gradazione, infatti, l'80% delle ovature è posizionato al di sotto dei due metri, con almeno cinquecento uova per ovatura.

Per quanto riguarda le analisi in laboratorio sulle ovature per la ricerca di eventuali parassitoidi oofagi, dall'unica ovatura del 2025 sono state contate 872 uova. Tutte le uova hanno portato allo sgusciamiento di larve di *Limantria* con nessuna presenza di parassitoidi (Fig. 4.35, 4.36). Come atteso dalle vecchie ovature non sono nate larve, né di *Limantria* né di ipotetici parassitoidi (Fig. 4.37). All'interno di queste due ovature sono stati rinvenuti due piccoli artropodi, con antenne più lunghe del corpo, di identificazione ignota (Fig. 4.38).



Fig. 4.35 – Larve di *L. dispar* fuoriuscite dall'ovatura del 2025



Fig. 4.36 – Larve di *L. dispar* fuoriuscite dall'ovatura del 2025 osservate allo stereoscopio

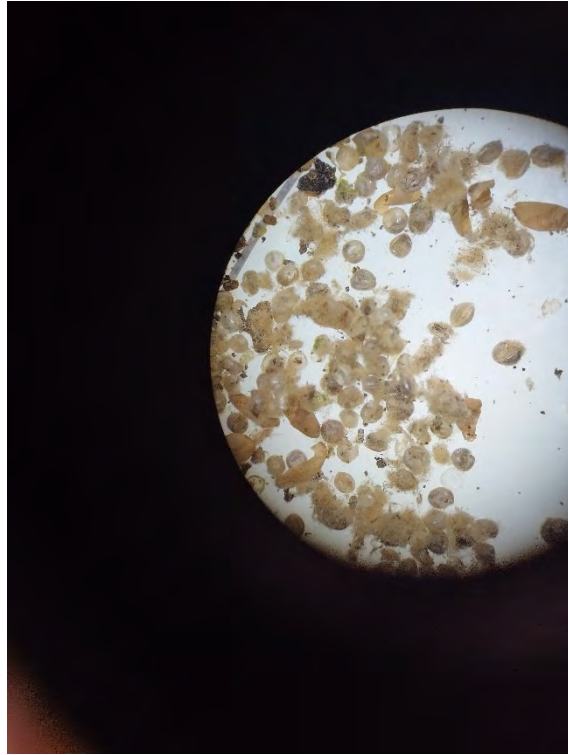


Fig. 4.37 –Uova di *L. dispar* vuote, provenienti da una vecchia ovatura

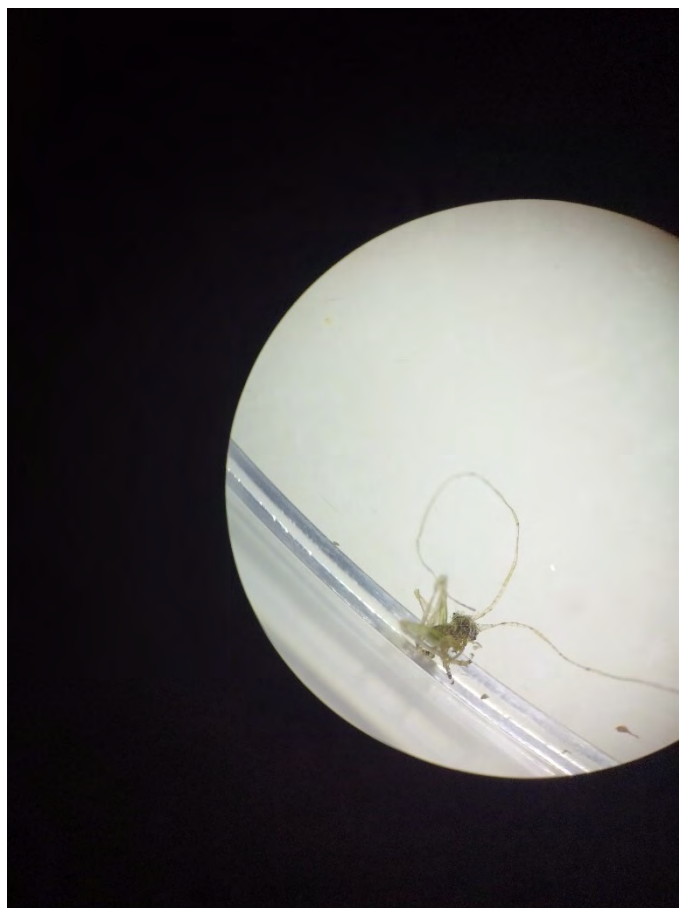


Fig. 4.38 – Piccolo artropode di identificazione ignota trovato in una vecchia ovatura di *L. dispar*

I risultati del monitoraggio offrono un'indicazione chiara del fatto che le popolazioni di *Limantria* all'interno della Riserva Naturale della Selva del Lamone si trovino attualmente in fase di latenza. Questa condizione, in cui la densità dell'insetto è molto bassa, è solitamente mantenuta grazie all'azione organismi antagonisti, tra cui parassitoidi oofagi. L'assenza di questi ultimi nell'unica ovatura raccolta durante il monitoraggio potrebbe indicare una riduzione della loro azione di controllo nei confronti del lepidottero. Sebbene un singolo dato non sia sufficiente per trarre conclusioni definitive e possa fornire un'indicazione fuorviante, l'evidenza solleva l'ipotesi di un possibile aumento della popolazione del fillofago nelle

prossime stagioni. Questa potenziale crescita sarebbe coerente con le cicliche dinamiche di popolazione di *L. dispar*, che evidenzia picchi di presenza periodici durante i quali si verificano i danni di defogliazione. I dati storici confermano che all'interno della Riserva, a partire dagli anni 2000, si sono verificate due fasi di culmine, di cui una documentata nel 2003 da Paparatti e Speranza (2005). Dato che le gradazioni di *L. dispar* tendono a manifestarsi a intervalli di circa dieci o dodici anni, la successiva fase di alta densità avrebbe dovuto verificarsi tra il 2013 e il 2015. Tuttavia, in quel periodo non sono stati documentati i danni tipici di un culmine di popolazione. L'attuale lacuna di dati relativi agli anni passati sottolinea l'urgente necessità di rafforzare e mantenere le reti di monitoraggio a lungo termine. Solo attraverso un'analisi continuativa sarà possibile comprendere in maniera esaustiva l'andamento delle fluttuazioni di questo insetto, supportando decisioni gestionali efficaci.

Durante il secondo monitoraggio, effettuato al Lacione della Mignattara, sono state contate una ventina di larve del fillofago nelle loro ultime età di sviluppo. La maggior parte è stata trovata su piante di *Q. cerris*, nella parte basale della pianta, o comunque a un'altezza non maggiore dei due metri (Fig. 4.39, 4.40). Sebbene il conteggio delle larve possa fornire un'indicazione qualitativa sulla presenza della popolazione, i pochi riferimenti bibliografici che correlano il numero di ovature con il numero di larve non consentono di avere a disposizione un ulteriore strumento utile a prevedere con precisione l'andamento delle popolazioni del fitofago.

In conclusione, i dati raccolti, pur parziali, confermano l'importanza del monitoraggio a lungo termine del fillofago *Lymantria dispar*. Le informazioni ottenute in questo studio non solo contribuiscono a documentare l'attuale stato della popolazione, ma rappresentano anche un punto di partenza per future ricerche. Queste indagini dovrebbero focalizzarsi in particolare

sulle comunità di parassitoidi oofagi e sul loro ruolo nel controllo delle popolazioni di *Limantria*, fornendo così informazioni importanti per la gestione del defogliatore.



Fig. 4.39 – Larva di *L. dispar* trovata sulla parte basale di *Q. cerris*



Fig. 4.40 – Gruppo di larve di *L. dispar* trovate all'altezza di 2 m su *Q. cerris*

5. BIBLIOGRAFIA

- Akhanaev, Y., Pavlushin, S., Polenogova, O., Klementeva, T., Lebedeva, D., Okhlopkova, O., ... & Martemyanov, V. (2022). The effect of mixtures of *Bacillus thuringiensis*-based insecticide and multiple nucleopolyhedrovirus of *Lymantria dispar* L. in combination with an optical brightener on *L. dispar* larvae. *BioControl*, 67(3), 331-343.
- Andreadis, T. G., & Weseloh, R. M. (1990). Discovery of *Entomophaga maimaiga* in North American gypsy moth, *Lymantria dispar*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 87(7), 2461-2465.
- Boukouvala, M. C., Kavallieratos, N. G., Skourti, A., Pons, X., Alonso, C. L., Eizaguirre, M., Fernandez, E. B., Solera, E. D., Fita, S., Bohinc, T., Trdan, S., Agrafioti, P., & Athanassiou, C. G. (2022). *Lymantria dispar* (L.) (Lepidoptera: Erebidæ): Current Status of Biology, Ecology, and Management in Europe with Notes from North America. *Insects*, 13(9), 854. <https://doi.org/10.3390/insects13090854>
- Carotenuto L., Politi P. (2012). I lacioni della Riserva Naturale Regionale Selva del Lamone. Collana Atlanti Locali, Edizione ARP, Roma.
- Contarini, M., Luciano, P., Pilarska, D., Pilarski, P., Solter, L., Huang, W. F., & Georgiev, G. (2013). Survey of pathogens and parasitoids in late instar *Lymantria dispar* larval populations in Sardinia, Italy. *Bulletin of Insectology*, 66(1), 51-58.
- Della, A., & Nazionale, A. (2009). Biotecniche e nuove frontiere nella difesa degli ecosistemi forestali. *Rendiconti*, 57.
- Fraval, A., Herard, F., & Jarry, M. (1978). Methodes d'échantillonnage des populations de pontes de *L. dispar* (Lep: Lymantriidae) en mamora (Maroc).
- Keena, M. A., Côté, M. J., Grinberg, P. S., & Wallner, W. E. (2014). World distribution of female flight and genetic variation in *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae). *Environmental entomology*, 37(3), 636-649.
- Luciano, P., & Prota, R. III. Indicatori biologici della gradazione (**).
- Luciano, P., & Roversi, P. F. (2001). *Fillofagi delle querce in Italia*. Poddighe.
- Regione Lazio. (1994). Legge Regionale 12 settembre 1994, n. 45. Istituzione della Riserva Naturale Regionale "Selva del Lamone". Bollettino Ufficiale della Regione Lazio, n. 25, suppl. ord.

- Scoppola, A., Lattanzi, E., & Anzalone, B. (1994). La flora del Lamone (alto viterbese). *Ann. Bot. (Roma)*, 52(11), 169-238.
- Speranza, S., & Paparatti, B. (2005). Progetto “LAZIOFOR” programma triennale di studio sui principali lepidotteri defogliatori delle querce in aree boscate della Regione Lazio, Risultati.
- Stojanović, D. V., Randelović, D., Ivetić, J., Pap, P., Zlatković, M., Đilas, M., & Orlović, S. (2024). Improving the Monitoring and Control of Egg Vitality of *Lymantria dispar* Linnaeus 1758 Using an Innovative Device and Procedure for Removing Egg Hairs. *Forests*, 15(8), 1426.
- Toledo, M. (2006). Considerazioni preliminari sui cicli vitali e strategie riproduttive di alcune specie di Dytiscidae nella pianura padana (Coleoptera). *Memorie della Società entomologica italiana*, 85(1), 187-208.
- Tommasini, M. G., Maistrello, L., Vaccari, G., Nannini, R., Bortolotti, P., Caruso, S., ... & Antonelli, A. (2019). Approccio multidisciplinare per contenere la cimice asiatica. *L'INFORMATORE AGRARIO*, 13, 38-43.
- Vizzarri, M., Lombardi, F., Sallustio, L., Chirici, G., Marchetti, M., Bottalico, F., ... & Pizzicannella, E. T. (2013). I Servizi Ecosistemici. *Gazzetta ambiente*, 6.
- Wang, J., Liu, P., Wang, J., Luan, Q., Jiang, X., & Cao, C. (2022). Morphology and distribution of antennal sensilla in an egg parasitoid wasp, *Anastatus disparis* (Hymenoptera: Eupelmidae). *Journal of Insect Science*, 22(6), 6.
- Zankl, T., Schafellner, C., & Hoch, G. (2023). Parasitoids and pathogens in a collapsing *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Erebidæ) population in Lower Austria. *Journal of Applied Entomology*, 147(8), 676-687.

6. SITOGRAFIA

1. [Lymantria dispar – Papilionea](#) consultato il 14/06/2025
2. [Scheda Lymantria dispar.pdf](#) consultato il 14/06/2025
3. [LYMANTRIA DISPAR: CARATTERISTICHE, HABITAT, CICLO VITALE, ALIMENTAZIONE - BIOLOGIA - 2025](#) consultato il 20/06/2025
4. [Microsoft Word - scheda tecnica Lymantria dispar - definitivaG.doc](#) consultato il 20/06/2025
5. [European Lepidoptera and their ecology: Lymantria dispar](#) consultato il 23/06/2025
6. [Lymantria dispar. I danni agli alberi e la difesa biologica](#) consultato il 24/06/2025
7. [Encyrtid wasp \(Ooencyrtus kuvanae \(Howard, 1910\)\)](#) consultato 28/06/2025
8. [Exorista larvarum · iNaturalist Mexico](#) consultato il 28/06/2025
9. [Calosome sycophante \(carabidae france\) · iNaturalist](#) consultato il 28/06/2025
10. [entomophagus fungi \(Entomophaga maimaiga Humber, Shimazu & R. S. Soper, 1988\)](#) consultato il 28/06/2025
11. [Baculovirus \(Alphabaculovirus\) infection cycle. A. Larva ingests food... | Download Scientific Diagram](#) consultato il 29/06/2025
12. [Selva del Lamone](#) consultato il 30/06/2025
13. [Ombrello entomologico](#) consultato il 18/08/2025

14. [Female and male adults of *A. disparis* and their antenna structures.... | Download Scientific Diagram](#) consultato il 5/09/2025

7. RINGRAZIAMENTI

Ringrazio tutti coloro che mi sono stati vicini in questi anni e che mi hanno aiutato ad arrivare a questo momento importante. Soprattutto i miei genitori perché credono sempre in me, mi spronano a dare il meglio e senza di loro non sarei mai riuscita ad arrivare a questo punto. Ringrazio i miei fratelli, sostegno importante e parte essenziale della mia vita. Ringrazio Lorenzo, che mi ha sostenuta e incoraggiata sempre. La mano sempre tesa a cui mi aggrappo quando credo di cadere.

Ringrazio Giorgia, Federica e Sabrina, non avrei potuto desiderare compagne migliori in questo fantastico viaggio.