



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
FACOLTÀ DI AGRARIA**

Dipartimento di Agronomia Ambientale e Produzioni Vegetali

TESI DI LAUREA IN TECNOLOGIE FORESTALI E AMBIENTALI

**FENOLOGIA DI *IPS TYPOGRAPHUS* (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE, SCOLYTIDAE)
E RICCHEZZA DELLA COLEOTTEROFAUNA LUNGO GRADIENTI ALTITUDINALI DELLE
ALPI MERIDIONALI**

Relatore:

Prof. Massimo Faccoli

Correlatore:

Dott. Edoardo Petrucco Toffolo

Laureando:

Nicolò Moresco

Matricola n. 594371

ANNO ACCADEMICO 2011- 2012

INDICE

RIASSUNTO	pag. 4
ABSTRACT	pag. 5
1. INTRODUZIONE	pag. 6
1.1 I coleotteri scolitidi	pag. 6
1.2 Bioecologia di <i>Ips typographus</i>	pag. 7
1.3 Dannosità e sintomi	pag. 9
1.4 Effetti e previsioni del cambiamento climatico sulle popolazioni di scolitidi	pag. 11
1.5 Incidenza delle variazioni climatiche sulla fenologia di <i>Ips typographus</i> e sulla biodiversità	pag. 12
1.6 Possibilità di controllo	pag. 14
1.7 Obiettivi	pag. 15
2. MATERIALI E METODI	pag. 16
2.1 Inquadramento generale	pag. 16
2.1.1 Aspetti morfologici	pag. 16
2.1.2 Aspetti geologici	pag. 16
2.1.3 Aspetti climatici	pag. 17
2.1.4 Aspetti vegetazionali	pag. 18
2.2 Monitoraggio delle popolazioni entomatiche	pag. 19
2.2.1 Sito di studio	pag. 19
2.2.2 Trappole a feromone	pag. 23
2.3 Smistamento e identificazione del materiale entomologico	pag. 25
2.4 Rilievo delle temperature	pag. 26
2.5 Analisi statistica dei dati	pag. 26
3. RISULTATI	pag. 27
3.1 Fenologia, voltinismo e densità di popolazioni di <i>Ips typographus</i>	pag. 27
3.1.1 Catture di <i>Ips typographus</i> con trappole a feromoni	pag. 27
3.1.2 Inquadramento termico delle stazioni	pag. 28
3.1.3 Relazione tra temperatura e fenologia di <i>Ips typographus</i>	pag. 31
3.2 Analisi della biodiversità della coleotterofauna	pag. 32
3.2.1 Coleotteri scolitidi	pag. 32
3.2.2 Altre famiglie di coleotteri	pag. 37

4. DISCUSSIONE	pag. 40
4.1 Abbondanza di <i>Ips typographus</i> lungo gradiente altitudinale	pag. 40
4.2 Fenologia e voltinismo di <i>Ips typographus</i> nell'area di studio	pag. 41
4.3 Abbondanza della coleotterofauna lungo gradienti altitudinali	pag. 45
4.3.1 Scolitidi (Coleoptera Scolytidae)	pag. 45
4.3.2 Coleotterofauna associata ad <i>Ips typographus</i>	pag. 46
4.4 Prospettive future	pag. 47
RINGRAZIAMENTI	pag. 48
BIBLIOGRAFIA	pag. 49

RIASSUNTO

Fra i parassiti forestali il coleottero scolitide *Ips typographus* è uno dei più temuti in tutta Europa. Nonostante siano state registrate numerose infestazioni su tutto l'arco alpino, le conoscenze riguardanti alcuni aspetti della biologia dell'insetto sono ancora poco chiari.

Tramite l'uso di trappole a feromone e termometri registratori, dislocati lungo un versante nel territorio dell'Altipiano dei Sette Comuni (VI), si è voluto indagare la fenologia, il voltinismo e la densità delle popolazioni di *Ips typographus* e la ricchezza della coleotterofauna ad esso associata.

Sulla base dei risultati ottenuti si è inoltre valutata l'importanza delle variazioni termiche e i probabili effetti del cambiamento climatico sulla bioecologia e distribuzione di *I. typographus* e di coleotteri forestali ad esso associati lungo un gradiente altitudinale.

I risultati del presente lavoro, condotto nella primavera-estate 2011, ha permesso di stabilire che nell'anno di studio le popolazioni di bostrico tipografo indagate erano monovoltine al di sopra dei 1300-1400 m di quota, mentre al di sotto di questa soglia altitudinale, lo scolitide è riuscito a completare 2 generazioni l'anno con, in alcuni casi, la possibilità dell'avvio di una terza generazione a fine estate. Si è dunque potuto osservare una stretta relazione fra l'attività dell'insetto e la temperatura. Fattore quest'ultimo determinante l'epoca di avvio, la lunghezza dei cicli di sviluppo e il numero di generazioni annuali dello scolitide alle diverse altitudini.

I risultati relativi alla biodiversità hanno dimostrato una certa variabilità lungo il gradiente altimetrico senza tuttavia mostrare un particolare modello di distribuzione per quanto riguarda altri scolitidi. Le specie più abbondanti sono risultate essere *Xyloterus lineatus*, *Hylastes spp.* e *Cryphalus abietis*, mentre di particolare interesse per l'entomofauna locale sono state le catture di alcuni esemplari di *Xylechinus pilosus* e *Phthorophloeus spinulosus*, specie rare dell'Europa orientale.

Considerando invece complessivamente la coleotterofauna associata a *Ips typographus*, si è notato un decremento nel numero delle specie solo al di sopra dei 1550 m di quota.

Il monitoraggio mediante l'uso di trappole a feromone, si è rivelato un utile strumento d'indagine della bio-ecologia delle popolazioni entomatiche. Disponendo inoltre di dati termici, un lavoro di questo tipo è in grado di fornire preziose informazioni sul comportamento di pericolosi parassiti forestali, come il bostrico, e allo stesso tempo di acquisire importanti conoscenze sulla biodiversità.

ABSTRACT

The spruce bark beetles *Ips typographus* is one of the most destructive forest pests of Europe. Despite numerous infestations have been recorded across Europe, the knowledge about some aspects of the insect biology are still unclear, especially in a climate change context. The aim of this study was to investigate phenology, voltinism and density of an *Ips typographus* population, and of the associated beetle species, occurring in the Altopiano dei Sette Comuni (VI) (NE Italy). In particular, we aimed to test the importance of temperature changes simulating the effects of climate change on the biology, ecology and distribution of *I. typographus* and associated species along an altitudinal gradient. The study was performed in spring-summer 2011 by the use of pheromone traps set up every 100 m along an altitudinal gradient (from 950 to 1650 m asl). Along the same gradient, recording thermometers were also disposed.

The results indicate that the study population is monovoltine at elevations 1300-1400 m asl, or higher, whereas the species becomes bivoltine at lower elevations. In some cases, a third generation may begin in late summer. A close relationship between insect activity and temperature was found. Temperature affects time of spring flights, length of development cycles and voltinism at different altitudes.

The results relating to the biodiversity of the beetle fauna associated to *I. typographus* did not show particular distribution patterns along the altitudinal gradient. The total number of coleopteran species associated with *Ips typographus* decreased only above 1550 m asl. The most abundant species were *Xyloterus lineatus*, *Hylastes spp.* and *Cryphalus abietis*. The catches of some specimens of *Xylechinus pilosus* and *Phthorophloeus spinulosus*, rare species of Eastern Europe, was of particular interest.

Monitoring through the use of pheromone traps, has proved to be an useful tool to investigate the bio-ecology of the insect populations. This study provides valuable information on the behavior of dangerous forest pests such as bark beetles, and at the same time gives important knowledge about forest biodiversity.

1. INTRODUZIONE

1.1 I coleotteri scolitidi

I coleotteri scolitidi (Coleoptera: Curculionidae Scolytinae) sono una famiglia di piccoli insetti che comprende circa 6000 specie distribuite in oltre 200 generi (Wood & Bright, 1992), morfologicamente fra loro assai simili, ma diversi nei rapporti con l'ospite e con l'ambiente (Faccoli, 1999).

Anche se gli scolitidi, sono maggiormente rappresentati nelle foreste equatoriali e pluviali, le 331 specie presenti nella regione paleartica centro-occidentale (Pfeffer, 1995), di cui almeno 129 riscontrabili anche sul territorio nazionale (Abbazzi *et al.*, 1995), svolgono un ruolo di primaria importanza nelle dinamiche degli ecosistemi forestali di tutta Europa.

Nel complesso degli scolitidi vi sono entità atte a utilizzare come alimento disparati organi vegetali sia di latifoglie che di conifere. Tuttavia, a parte qualche caso particolare (Browne, 1961; Bright, 1967; Hill, 1975), la maggior parte delle specie è fleofaga o xilomicetofaga (Faccoli, 1999).

Nel primo caso, lo scolitide utilizza come sede riproduttiva i tessuti floematici e del cambio. Gli adulti, giunti sugli alberi idonei alla colonizzazione penetrano nella corteccia praticando un foro d'entrata in corrispondenza del quale viene scavata una piazzola, detta camera nuziale o vestibolo, in cui di norma avviene l'accoppiamento. In un secondo momento, le femmine fecondate scavano delle gallerie, di diametro costante e sgombre da residui, all'interno delle quali vengono deposte le uova. Le larve scavano invece delle gallerie caratterizzate da diametro crescente all'aumentare delle dimensioni degli individui e contenenti escrementi e rosura. Raggiunta la maturità, le larve scavano una camera pupale nella quale si conclude la metamorfosi. L'insieme delle gallerie materne e larvali prende il nome di sistema riproduttivo, che secondo le specie può assumere diverse forme (Fig. 2).

I neo-adulti prima di avviare il loro ciclo riproduttivo, trascorrono un breve periodo di alimentazione necessario per la maturazione delle gonadi. Le specie poligame si nutrono direttamente nel substrato nelle quali si sono sviluppate, utilizzando i resti di floema lasciati dalle larve, mentre le specie monogame si spostano alla ricerca di nuovi e freschi substrati, quali i germogli o i rametti della medesima specie ospite. Al momento della riproduzione i maschi delle specie poligame penetrano per primi nell'albero ospite e più tardi sono raggiunti dalle femmine. Nelle specie monogame avviene il contrario (Balachowsky, 1949; Chararas, 1962).

Nel caso dei xilomicetofagi, grazie a complesse simbiosi fungine e batteriche, gli insetti riescono a svilupparsi nei tessuti legnosi più interni, molto poveri di sostanze nutritive.

Le femmine scavano in profondità nel legno lunghe gallerie che si ramificano o dilatano a formare vere e proprie camere entro le quali verranno deposte le uova. Essendo il legno alimento assai povero, le larve si nutrono dei funghi simbiotici introdotti nell'albero dalla madre. Al termine dello sviluppo larvale i nuovi adulti emergono dai sistemi riproduttivi ripercorrendo a ritroso le gallerie scavate dagli individui della generazione parentale.

In questo modo, nutrendosi del micelio fungino presente, oltre a completare la maturazione delle gonadi, s'imbrattano delle spore che poi trasporteranno in un nuovo albero ospite (Balachowsky, 1949; Chararas, 1962).

Fra le specie fleofaghe, *Ips typographus* (Linnaeus) è lo scolitide più temuto nelle foreste di conifere della regione paleartica (Christiansen & Bakke, 1988), dove attacca le formazioni di abete rosso. Anche nelle foreste delle Alpi e prealpi italiane negli ultimi anni l'insetto ha causato gravi danni (Ambrosi, 1981; Ambrosi & Angheben, 1986; Ambrosi *et al.*, 1990; Lozzia, 1993; Faccoli, 1999).

Le devastanti pullulazioni di bostrico tipografo, nome comune di *Ips typographus*, oltre a causare serie conseguenze a livello economico, sono in grado di imporre cambiamenti radicali nei ritmi e nella composizione delle foreste (Faccoli, 1999).

1.2 Bioecologia di *Ips typographus*

Il bostrico tipografo (Fig.1), uno scolitide di circa 4-5 mm di lunghezza presente in quasi tutte le peccete europee, sverna allo stadio adulto nella lettiera o sotto la corteccia delle piante colonizzate durante l'estate.

In primavera, quando le temperature medie dell'aria raggiungono i 18°C, l'insetto sfarfalla sciamando nei boschi alla ricerca di alberi idonei alla colonizzazione.

Solitamente attacca piante di medio e grosso diametro con esclusione della parte più alta dove i tessuti corticali sono troppo sottili per accoglierlo. Durante il volo i pionieri, ossia i maschi che per primi giungono sull'ospite, vengono attirati dalle miscele di composti terpenoidici volatili, contenenti tra l'altro α -pinene ed etanolo, emessi dalle piante in stato di sofferenza.



Fig.1 Adulto di *Ips typographus*.

Una volta individuato un potenziale albero ospite, la completa colonizzazione di quest'ultimo avviene grazie a dei feromoni di aggregazione emessi dai pionieri al fine di richiamare altri maschi e femmine.

Al momento della colonizzazione degli alberi, i maschi penetrano sottocorteccia praticando un foro d'entrata sotto il quale è scavata una piazzola detta camera nuziale, o vestibolo, in cui di norma avviene l'accoppiamento (Faccoli, 1999).

Dopo l'accoppiamento le femmine, da una a tre, iniziano lo scavo del sistema riproduttivo nel floema (Fig. 2).



Fig.2 Sistema riproduttivo di *Ips typographus*.

Nel caso della presenza di due femmine le gallerie materne sono orientate a costituire un sistema di tipo longitudinale doppio (Fig. 2), cioè con due gallerie opposte lunghe fino a 15 cm e disposte in senso parallelo all'asse maggiore del fusto (Stergulc & Frigimelica, 1996); nel caso vi siano invece tre femmine, allora il sistema viene definito "ad ipsilon" (Y), con due gallerie dirette verso l'alto e una verso il basso.

Lungo le gallerie "gallerie materne" le femmine depongono su entrambi i lati le uova, fino ad un massimo di circa 100 per femmina.

Le larve neonate si alimentano del floema, scavando a loro volta delle gallerie, dette gallerie larvali, che seguono una direzione ortogonale rispetto a quelle materne.

La metamorfosi delle larve in adulto avviene all'interno di camere, le celle pupali, poste alla fine delle gallerie larvali. Prima di abbandonare la pianta ospite, i neo-adulti trascorrono ancora un breve periodo sottocorteccia alimentandosi dei resti del floema che consentono loro di raggiungere la maturità sessuale.

L'intero processo di sviluppo dura in media dalle 7 alle 8 settimane, terminando con lo sfarfallamento dei nuovi adulti. Quest'ultimi andranno alla ricerca di un sito idoneo allo svernamento, oppure di altri alberi ospiti dove avviare una nuova generazione.

L'insetto, a seconda dell'ambiente e dell'altitudine, può infatti compiere una o due generazioni l'anno. Non sono comunque rari i casi, soprattutto a bassa quota e con temperature favorevoli, in cui gli adulti di seconda generazione siano in grado di riprodursi in tarda estate, avviando una terza generazione che determina la comparsa di larve destinate a trascorrere l'inverno sotto corteccia, spesso soccombendo ai rigori invernali.

In casi di elevate densità di infestazione delle cortecce, dopo circa un mese dall'inizio della colonizzazione, l'alta concentrazione di adulti e larve determina l'avvio di "generazioni sorelle" ovvero di covate prodotte da femmine "riemergenti" che dopo aver cominciato l'ovideposizione su una pianta l'abbandonano per andare ad esaurire la loro fecondità su un altro ospite.

1.3 Dannosità e sintomi

In un ecosistema naturale, caratterizzato da una certa complessità strutturale e fisiologica, la presenza di *Ips typographus* può considerarsi un fattore di equilibrio e biodiversità.

L'attività di sviluppo a carico di individui deboli e deperienti, rende questa specie un importante agente di selezione naturale. Tuttavia, l'azione del bostrico si esplica in modo incisivo e spesso devastante anche in soprassuoli arborei generalmente stabili ma che divengono temporaneamente sofferenti – e quindi idonei ad essere colonizzati dall'insetto – per svariati fattori, quali siccità, danni da neve, vento o incendi. In tali circostanze, che con maggior frequenza interessano le peccete delle alpi meridionali, le popolazioni dell'insetto crescono in modo esponenziale fino a distruggere vasti consorzi forestali, e infine – per scarsità di cibo e fortissima competizione intraspecifica – attaccando anche piante sane.

In molte foreste alpine, ma anche in quelle del centro e nord Europa, l'uomo è spesso intervenuto modificando pesantemente la struttura, la densità e la composizione del popolamento allontanando il bosco dalla sua naturalità. E' il caso delle numerose peccete di origine artificiale, situate spesso in habitat ben lontani dall'optimum dell'abete rosso, la conifera più importante della regione meso- endalpica, che si colloca soprattutto nelle fasce altimontana e subalpina (Del Favero, 2004).

Analizzando inoltre le caratteristiche fisiologiche del genere *Picea*, si osserva come queste piante siano generalmente adatte a condizioni di buona umidità atmosferica ed edafica, e che crescano vigorose in climi con abbondanti precipitazioni e limitata evapotraspirazione (Gellini & Grossoni, 1996).

Pertanto, laddove la specie viene a trovarsi in ambienti caratterizzati da suoli troppo drenati, lunghi periodi siccitosi e inverni miti, si generano le condizioni adatte alla manifestazione epidemica del bostrico.

L'effetto delle infestazioni è spesso devastante, determinando la completa distruzione di vaste aree del bosco; in alcuni casi si può anche verificare una successione del popolamento forestale con l'ingresso di nuove specie vegetali. Più raramente si avvia una fase di regressione con semplificazione del grado di biodiversità ambientale (Masutti & Zangheri, 2001).

L'attacco del bostrico, con la distruzione del floema e dell'inoculo di agenti fungini, determina la morte della pianta nel giro di poche settimane. Gli effetti sono molto evidenti già all'inizio dell'estate. Le chiome degli alberi colpiti sono riconoscibili in quanto assumono una colorazione rossastra andando in contro a defogliazione (Fig. 3), mentre i fusti presentano migliaia di fori di penetrazione da cui esce spesso rosura e resina.



Fig. 3 Arrossamento delle chiome di abete rosso in seguito all'attacco di *Ips typographus*.

Per quanto riguarda il materiale ottenibile da piante bostricate, bisogna considerare il possibile peggioramento qualitativo causato da funghi agenti di azzurramento associati allo scoltide (*Ophiostoma polonicum*).

1.4 Effetti e previsioni del cambiamento climatico sulle popolazioni di scoltidi

Fin dagli anni 80' è emerso con sempre maggiore evidenza che il cambiamento climatico può avere importanti conseguenze sui fattori biotici di disturbo degli ecosistemi forestali (Ayres & Lombardero, 2000).

Gli effetti evidenziati si manifestano sia al livello di individuo sia a quello di specie, ad esempio con uno sviluppo più veloce o con un'espansione dell'areale (Walther *et al.*, 2002; Root *et al.*, 2003; Hickling *et al.*, 2006). Allo stesso modo possono verificarsi effetti negativi come tassi di mortalità più elevati, fecondità più bassa, restrizioni dell'areale nel caso di specie che trovano barriere fisiche alla loro espansione.

Gli insetti, grazie ai rapidi cicli di sviluppo, all'alto potenziale riproduttivo, alla elevata capacità di adattamento fisiologico, sono organismi che possono rispondere in modo diretto e veloce ai cambiamenti climatici (Crozier & Dwyer, 2006). Trattandosi però di sistemi complessi, nei quali si devono considerare le interazioni con le altre specie sia antagoniste sia piante ospiti, le previsioni sono di difficile attuazione, l'incertezza è aumentata dal fatto che

mancano dei modelli biologici che possano aiutare a descrivere le risposte degli organismi alle mutate condizioni (Battisti & Faccoli, 2007).

Benché la nostra penisola, grazie alla varietà degli ambienti e delle relative fitocenosi, rappresenti uno dei territori europei più ricchi di specie (Masutti, in Abbazzi *et al.*, 1995), gli studi sia bioecologici sia sistematici sono pochi e riferiti a poche specie. Se si considerano gli scolitidi, la carenza di studi è imputabile alla scarsità di specialisti, alle piccole o piccolissime dimensioni di questi insetti e al generale disinteresse dedicato in passato alle foreste italiane (Faccoli, 1999).

Sebbene in Europa la maggior parte delle pubblicazioni scientifiche relative agli scolitidi interessino *Ips typographus*, gran parte di esse sono state realizzate da autori centro-europei e solo poche sono state riferite ad ambienti simili al nostro (Faccoli, 1999); questo risulta molto importante visto che la varietà di ambienti in cui l'insetto è presente genera differenze circa la biologia della specie, i ritmi di sviluppo (Christiansen & Bakke, 1998) e i fattori di mortalità. Si possono fare alcuni esempi degli elementi che mostrano la notevole plasticità della specie: lo svernamento, che può avvenire come larva o come adulto (Austarå *et al.*, 1977), sotto le cortecce o nella lettiera alla base delle piante (Christiansen & Bakke, 1998), il numero di generazioni/anno, che varia da 1 a 3 (Wild, 1953; Thalenhorst, 1958; Anilla, 1969; Austarå *et al.*, 1977).

1.5 Incidenza delle variazioni climatiche sulla fenologia di *Ips typographus* e sulla biodiversità

Negli ultimi decenni il susseguirsi di eventi climatici anomali ha spesso rappresentato una delle cause principali dell'avvio di vaste infestazioni di coleotteri scolitidi.

L'innalzamento delle temperature, frequentemente associato a lunghi periodi di siccità, determina in genere lo spostamento verso nord delle specie più termofile, con aumenti dell'intensità delle infestazioni nei settori meridionali dei loro areali.

E' importante considerare gli effetti a carico delle piante ospiti, l'indebolimento delle quali può favorire l'attacco degli organismi patogeni; a tale riguardo, risulta molto significativa la segnalazione di forti attacchi, seppur localizzati, da parte di *Ips duplicatus* nel corso degli ultimi anni in Europa centrale. L'areale di questa specie è tipicamente paleartico comprendendo in Europa la Scandinavia e alcune parti dell'Europa nord orientale e centrale ed è stata sporadicamente segnalata sulle Alpi (Holusa & Grodzki, 2008).

Anche nell'arco alpino sono sempre più evidenti gli effetti del cambiamento climatico sugli ecosistemi forestali.

Recenti studi sulle popolazioni di *Ips typographus* sulle Prealpi Giulie (Faccoli, 2009), hanno evidenziato una correlazione negativa esistente tra i danni dello scolitide e l'entità delle precipitazioni nel periodo primaverile nell'anno precedente l'infestazione.

La diminuzione dei regimi pluviometrici di circa 200 mm (-22%), accompagnata da un incremento medio delle temperature di quasi 2°C (+13%), registrate dal 1922 e dal 1962, nel periodo di marzo-luglio, rappresenta un dato allarmante.

Il cambiamento climatico agisce anche in modo più diretto sulla biologia e fenologia dei parassiti forestali. Sempre nelle Prealpi orientali, l'innalzamento della temperatura primaverili ha determinato un anticipo dei voli di bostrico tipografo di almeno un mese negli ultimi dieci anni. Di conseguenza anche lo sviluppo della seconda generazione ha subito un progressivo anticipo, fornendo il tempo necessario all'avvio di una possibile terza generazione. Quest'ultima potrebbe essere ulteriormente favorita da temperature relativamente calde che sempre più frequentemente caratterizzano l'ultima parte dell'estate e l'inizio dell'autunno.

Dal momento che fenomeni analoghi si stanno verificando in molte foreste nord-europee è dunque plausibile pensare che diverse popolazioni di *Ips typographus* stiano diventando bivoltine laddove prima le temperature consentivano all'insetto di portare a termine non più di una generazione all'anno.

Le variazioni climatiche possono avere effetti diretti importanti anche agendo per esempio sulla sopravvivenza di alcuni stadi di sviluppo degli insetti forestali.

La mortalità invernale del bostrico è strettamente dipendente dalle temperature minime invernali ma anche dallo stadio di sviluppo considerato. Generalmente la mortalità si concentra principalmente sulle forme pre-immaginali, per lo più larve di vari stadi, derivate dall'avvio di una seconda generazione interrotta prima dell'arrivo dell'inverno (Faccoli, 2009). Inverni più miti potrebbero quindi favorire una maggiore sopravvivenza, all'opposto un aumento della quota di individui che affronta l'inverno allo stadio larvale potrebbe determinare un aumento della mortalità.

I cambiamenti sia a livello di singole specie possono avere importanti conseguenze a livello di comunità, in questo caso le previsioni diventano ancora più difficili visto che le risposte e le possibili interazioni si moltiplicano. Nel caso dell'espansione di alcune specie è stata evidenziata una risposta ritardata dei parassitoidi e predatori specifici. Alcuni autori

prevedono un perdita della biodiversità a livello regionale e locale e una progressiva dominanza delle specie generaliste (Rosa Menéndez, 2007).

1.6 Possibilità di controllo

Il fatto che *Ips typographus* compia la quasi totalità del suo ciclo vitale sottocorteccia rende di difficile applicazione le comuni tecniche di lotta agli insetti; il tempo utile per intervenire si riduce infatti ai pochi giorni nei quali gli adulti sfarfallano alla ricerca di piante ospiti (Mills, 1991).

Per limitare le infestazioni sono stati sperimentati numerosi metodi di cattura (Bakke *et al.*, 1977; Bakke, 1985; Weslien, 1989), ma un controllo efficace risulta ancora difficile. Bisogna sottolineare il fatto che molti studi sono stati condotti in foreste centro-nord europee e in contesti molto diversificati tra loro.

Per quanto riguarda la realtà alpina, caratterizzata fortemente da una selvicoltura di tipo naturalistico, i principali metodi di controllo del parassita sono essenzialmente di tipo preventivo.

Le attuali tecniche di controllo del bostrico tipografo possono essere riassunte in quattro principali categorie che comprendono la bonifica forestale, tagli fitosanitari, alberi esca e trappole a feromone.

Quest'ultime, innescate con dei feromoni di aggregazione specifici, permettono la cattura degli insetti in volo.

Le trappole, presenti in varie tipologie, sono pertanto in grado di alleggerire la popolazione del parassita limitandone i danni a carico del soprassuolo. Non sono comunque in grado di evitare l'insorgenza di devastanti pullulazioni qualora non vengano eseguiti i comuni interventi di igiene forestale (Faccoli, 1999).

L'uso di trappole a feromone si rivela inoltre particolarmente utile per quanto riguarda il monitoraggio delle popolazioni di scolitidi. Le informazioni che si possono ottenere riguardo la fenologia della specie, i picchi di sfarfallamento e i cicli di sviluppo, permettono di impostare interventi di gestione fitosanitaria di largo respiro (Faccoli, 1999). Di qui l'importanza di valutare eventuali cambiamenti nella fenologia e colonizzazione di ambienti ad altitudini più elevate per essere preparati ad affrontare eventuali cambiamenti nelle strategie di difesa.

1.7 Obiettivi

I principali obiettivi del presente studio hanno interessato l'analisi di due aspetti cruciali dei possibili effetti del cambiamento climatico sulla bio-ecologia e distribuzione di specie di insetti forestali. In particolare si è voluto indagare come variazioni termiche legate al cambiamento climatico, simulate sperimentalmente lungo un gradiente altitudinale delle Alpi meridionali, possano incidere su:

1. Fenologia, voltinismo e densità di popolazioni di insetti dannosi alle foreste alpine;
2. biodiversità, intesa come composizione e complessità, delle faune coleotterologiche associate a tali popolazioni di insetti fitofagi.

Per la conduzione di tale studio si è utilizzata l'associazione *I. typographus* e abete rosso quali specie modello.

2. MATERIALI E METODI

2.1 Inquadramento generale

Lo studio svolto nella primavera-estate 2011, è stato condotto in collaborazione con i Servizi Forestali della Provincia di Vicenza nel territorio dell'Altipiano dei Sette Comuni (VI).

2.1.1 Aspetti morfologici

L'altopiano di Asiago è un massiccio montuoso che si innalza a nord della pianura vicentina, occupando un'area di 446,68 kmq; il versante meridionale è definito da una serie omogenea di vette sui 1300-1500 m di quota. La cerchia montuosa, delimitata ad ovest dalle profonde incisioni della Valdastico con la Val Torra e a est dal Canale del Brenta, si interrompe sul lato occidentale in corrispondenza dell'Altopiano di Tonezza mentre sul quello orientale si trova il Massiccio del Grappa. A nord l'Altopiano è delimitato da prima da una catena intermedia costituita da vette sui 1500-1700 m, dal Monte Erio alle Melette di Gallio e di Foza, ed infine una serie settentrionale dei Duemila, che incombe sulla Valsugana e la Valle del Brenta. Tra queste due catene si estende un ulteriore altopiano che viene denominato genericamente Zona Alta.

Da ovest verso est l'altitudine dei Duemila inizia con i 2033 m di Cima Larici e i 2037 m di Cima Portule, fino ai 2336 m di Cima Dodici, la più alta di tutte, per continuare con i 2106 m dell'Ortigara e scemare poi lentamente fino ai 1633 m del Monte Lisser.

Tutti questi rilievi, sia a sud che a nord si dispongono in modo tale da abbracciare la vasta conca centrale, leggermente ondulata e caratterizzata da estese praterie, prati e pascoli. In questa zona l'altitudine media oscilla tra i 1000 m e i 1150 m.

L'ampio avvallamento prativo che accoglie i principali paesi e le contrade, è profondamente solcato da due notevoli valli che scendono dal complesso sommitale: la Valdassa e la Val Frenzéla.

2.1.2 Aspetti geologici

La costituzione geologica di natura carbonatica comune a tutto l'Altipiano, unitamente all'elevata udometria della regione prealpina, hanno favorito l'evoluzione di un intenso carsismo, con tutti i fenomeni geo-morfologici e idrologici connessi.

Nella Zona Alta, sono abbondanti le doline ed i campi solcati, mentre a sud il fenomeno è meno evidente, ma si manifesta attraverso lo sviluppo di un'articolata circolazione sotterranea, che rende piuttosto rare e preziose le sorgenti.

L'elevata permeabilità del substrato contribuisce ad acuire le condizioni di deficit idrico che si verificano nella stagione estiva e che risultano particolarmente deleterie per le formazioni forestali.

La composizione dominante del substrato geologico è rappresentata dai calcari pelagici del Mesozoico, in particolare delle formazioni del Giurassico e del Cretaceo.

Significative eccezioni sono costituite da alcuni affioramenti di Dolomia del Triassico, costituente lo zoccolo basale dell'altopiano, dello spessore di 600/800 metri.

Nelle aree cacuminali, la mitezza dei rilievi, specie nella conca centrale e nella cinta nord e sud, è dovuta agli strati superficiali del Biancone. I suoi calcari cretacei di origine organogena dal caratteristico colore bianco latte e minutamente stratificati sono molto friabili se esposti alla degradazione meteorica. In particolare nel settore meridionale del territorio, queste rocce formano spesso delle coperture detritiche ordinate che generano dei suoli estremamente incoerenti soggetti ad erosioni e scoscendimenti. Negli interstrati i letti di argilla scura permettono la lenta cessione dei minerali e l'immagazzinamento di acqua con notevoli vantaggi per la fertilità costituzionale.

Gli strati del Biancone, spessi non più di 300 metri, coprono le formazioni giurassiche del Rosso Ammonitico e dei Calcari grigi.

Per quanto riguarda i tipi di suolo, prevalgono quelli rendzinici riferibili ai RENDZIC LEPTOSOLS (profilo A-C) condizionati da fattori quali: acclività o accidentalità delle stazioni, natura del substrato, copertura forestale, pascolo e distruzione causata dalla Grande Guerra.

I tipi di suolo a CALCARIC PHAEOZEMS (profilo A-AC-C), sono invece frequenti sui substrati a Biancone (Piano di Riassetto e dei Beni silvo-pastorali del Comune di Gallio, 2003-2012, Dott. For. Maurizio Novello e Fabio Dallasega).

2.1.3 Aspetti climatici

L'altopiano dei Sette Comuni è caratterizzato da un clima temperato-fresco di montagna rientrante nella variante esomesalpica della sub regione esalpica centro-orientale (Del Favero, 2004).

Questa zona geografica di transizione tra i distretti climatici esalpici e mesalpici, si caratterizza per il brusco abbassamento delle temperature, spesso dovuto a fenomeni d'inversione termica (tipico negli altopiani), mentre le precipitazioni restano abbondanti (Del Favero, 2004).

Le temperature registrate nel periodo 1957-1992 alla stazione dell'Aeroporto di Asiago (1050 m s.l.m.) rivelano una temperatura media annua di 7°C. Gli inverni sono freddi con temperature medie del mese di Gennaio di circa -2,5°C, e situazioni di spiccata continentalità nelle conche e nelle piane della parte più settentrionale del territorio dove le minime toccano facilmente i -30°C (Piana di Marcesina). L'estate è relativamente calda con temperature medie di 16°C registrate nel mese di Agosto.

Le precipitazioni apportano annualmente circa 1500-1800 mm, concentrati soprattutto tra Maggio e Giugno (160-170 mm). Per tanto l'Altopiano dei Sette Comuni è interessato da un regime pluviometrico di tipo subequinoziale.

Grazie a nebbie e piogge orografiche l'aridità estiva è solitamente un'eccezione. In realtà durante l'ultimo decennio è aumentata la frequenza delle estati eccezionalmente calde e si è parimenti ridotta l'entità delle precipitazioni.

Ruolo importante per il territorio è la neve, spesso molto abbondante già al di sopra dei 1000 m di quota, condiziona lo sviluppo dei popolamenti forestali causando non di rado schianti nelle peccete secondarie e artificiali.

2.1.4 Aspetti vegetazionali

Le particolari condizioni climatiche, tra cui l'inversione termica, determinano negli altopiani dei bruschi cambiamenti nella vegetazione forestale, soprattutto a livello della fascia montana la più estesa nella variante esomesalpica.

Salendo lungo i rilievi che circondano la conca centrale dell'Altopiano dei Sette Comuni, nella fascia submontana prevalgono ancora gli orno-ostrieti che già a partire dai 700 metri di quota lasciano il posto alle faggete. A ridosso delle aree cacuminali dei rilievi più bassi e non oltre i 1400-1500 m, il faggio viene progressivamente sostituito dagli abieteti, spesso arricchiti con l'abete rosso.

Quest'ultima specie è molto frequente in questo territorio, ma la sua gran diffusione è dovuta anche all'azione dell'uomo. Molte di queste zone furono, infatti, cruento teatro di battaglie durante il primo conflitto mondiale. Questo portò ad una radicale riduzione dei boschi che

successivamente, negli anni fra i due conflitti mondiali, furono ricostruiti, anche per motivi sociali, impiegando soprattutto l'abete rosso.

Nelle parti marginalmente interessate dai fenomeni d'inversione termica, che negli altipiani si configurano generalmente con i versanti esposti a sud, s'incontrano soprattutto degli abietifaggeti in cui l'abete rosso è solo marginale. Viceversa, dove l'inversione termica è più spinta si formano piuttosto dei piceo-abieteti, senza il faggio perché limitato dalle gelate tardive.

Nelle piane interne o al di sopra dei 1500 m di quota, dove le rigide temperature invernali rendono pressoché impossibile la presenza dell'abete bianco, troviamo numerose peccete pure. Solo a quote superiori l'abete rosso diviene meno esclusivo cedendo il posto al larice e al pino mugo, conifera tipica delle alte quote e dei substrati carbonatici (Del Favero, 2004). Infine, laddove le condizioni edafiche e climatiche lo permettono, risulta rilevante la presenza dell'acero di monte (*Acer pseudoplatanus* L.), del frassino maggiore (*Fraxinus excelsior* L.) e del sorbo degli uccellatori (*Sorbus aucuparia* L.); molto più sporadica è la partecipazione del sorbo montano (*Sorbus aria* (L.) Crantz), maggiociondolo (*Laburnum anagyroides* Medik.), pioppo tremulo (*Populus tremula* L.), pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.) e pino nero (*Pinus nigra* Arnold).

2.2 Monitoraggio delle popolazioni entomatiche

2.2.1 Sito di studio

L'area sottoposta a monitoraggio ricade all'interno del Comune di Gallio (VI) interessando il versante esposto a sud che dai 950 m di Valderonchi sale fino ai 1681 m del Monte Longara (Fig. 4).

Lungo tale versante, sono state individuate 8 stazioni, una ogni 100 m di dislivello. In ognuna di esse, scelta all'interno di una pecceta naturale o secondaria, è stato condotto, mediante trappole a feromone, il monitoraggio delle popolazioni entomatiche oggetto di studio.

Alcune delle formazioni forestali indagate sono situate all'interno di particelle comprese nell'attuale Piano di Riassetto e dei Beni silvo-pastorali del Comune di Gallio (2003-2012, Dott. For. Maurizio Novello e Fabio Dallasega), ciò dà la possibilità di avere alcune informazioni utili sullo stato dei soprassuoli (Fig. 4).

Le formazioni boschive in cui si trovano le stazioni 1-2 e 3, ad esposizione sud e sud-ovest, ricadono all'interno della tipologia forestale delle peccete secondarie montane (Del Favero, 2004). Il soprassuolo è dominato dall'abete rosso, di introduzione artificiale, sebbene

vi sia una chiara tendenza ad una progressiva partecipazione delle latifoglie e una pressoché assente rinnovazione della conifera.

La particella 42, in corrispondenza della stazione 1, occupa il versante acclive che cinge la Valderonchi. Il substrato friabile (sfasciumi di Biancone) e l'elevata pendenza determinano un suolo instabile, ma allo stesso tempo favoriscono la presenza di una grande varietà di soprassuoli. In particolar modo nella stazione 1, l'abete rosso si comporta da specie pioniera secondaria andando a sostituire progressivamente il pino silvestre e il larice laddove il suolo denota una maggior stabilità ed evoluzione.

In questo contesto la biodiversità arborea ed arbustiva è molto alta ed oltre alle specie sopracitate troviamo una buona presenza dell'acero di monte, del frassino maggiore, del faggio, del sorbo degli uccellatori; oltre a nocciolo (*Corylus avellana*), Caprifoglio (*Lonicera alpigena*), *Lonicera xylosteum*, *Dafne mezereum* e lampone (*Rubus ideaus*).

Salendo di quota, nei versanti esposti a sud, grazie ai fenomeni d'inversione termica il faggio riesce a trovare ancora delle buone condizioni vegetative determinando una zona di tensione con l'abete rosso. In questi ambienti risulta molto evidente l'azione dell'uomo volta a favorire la presenza della *Picea*. L'effetto è già visibile all'altezza della stazione 4 (1233 m) dove i soprassuoli si compongono di faggete coniferate spesso intervallate da vere e proprie peccete secondarie di origine artificiale (particella 40) che precludono l'ingresso di altre specie (Fig. 4).

Salendo ulteriormente di quota, il repentino cambiamento delle condizioni climatiche ed edafiche rendono problematica la sopravvivenza del faggio e dell'abete bianco, ma allo stesso tempo non garantiscono ancora l'optimum all'abete rosso.

Questa situazione si riscontra già nella stazione 5 posta lungo la Valle di Campomulo, dove la roccia affiorante e il suolo poco sviluppato determinano la povertà edafica della stazione. Il popolamento, ricadente all'interno della particella 15 (Fig. 4), si presenta stentato, deperente e lacunoso, con sottobosco a vegetazione nitrofila. Il tipo forestale è la pecceta secondaria montana (2003-2012, Dott. For. Maurizio Novello e Fabio Dallasega).

Nel limite superiore della fascia montana e per tutta quella altimontana, il bosco si intervalla frequentemente al pascolo senza un limite netto e ben delineato. Sui versanti esposti a sud est della particella 11, in cui ricadono le stazioni 6 e 7, la rinnovazione è presente per piccoli gruppi nelle chiarie, ma si mantiene comunque scarsa, il piano dominante è costituito da fustaie coetanee di abete rosso in forma adulta con una copertura regolare scarsa.

Oltre i 1600 m, in prossimità della stazione 8 sul versante esposto ad ovest del Monte Longara, la presenza all'interno del soprassuolo di radure tutt'ora pascolate, causa l'aumento del numero di soggetti di *Picea* caratterizzati da portamento ramoso e rastremato (Novello & Dallasega).

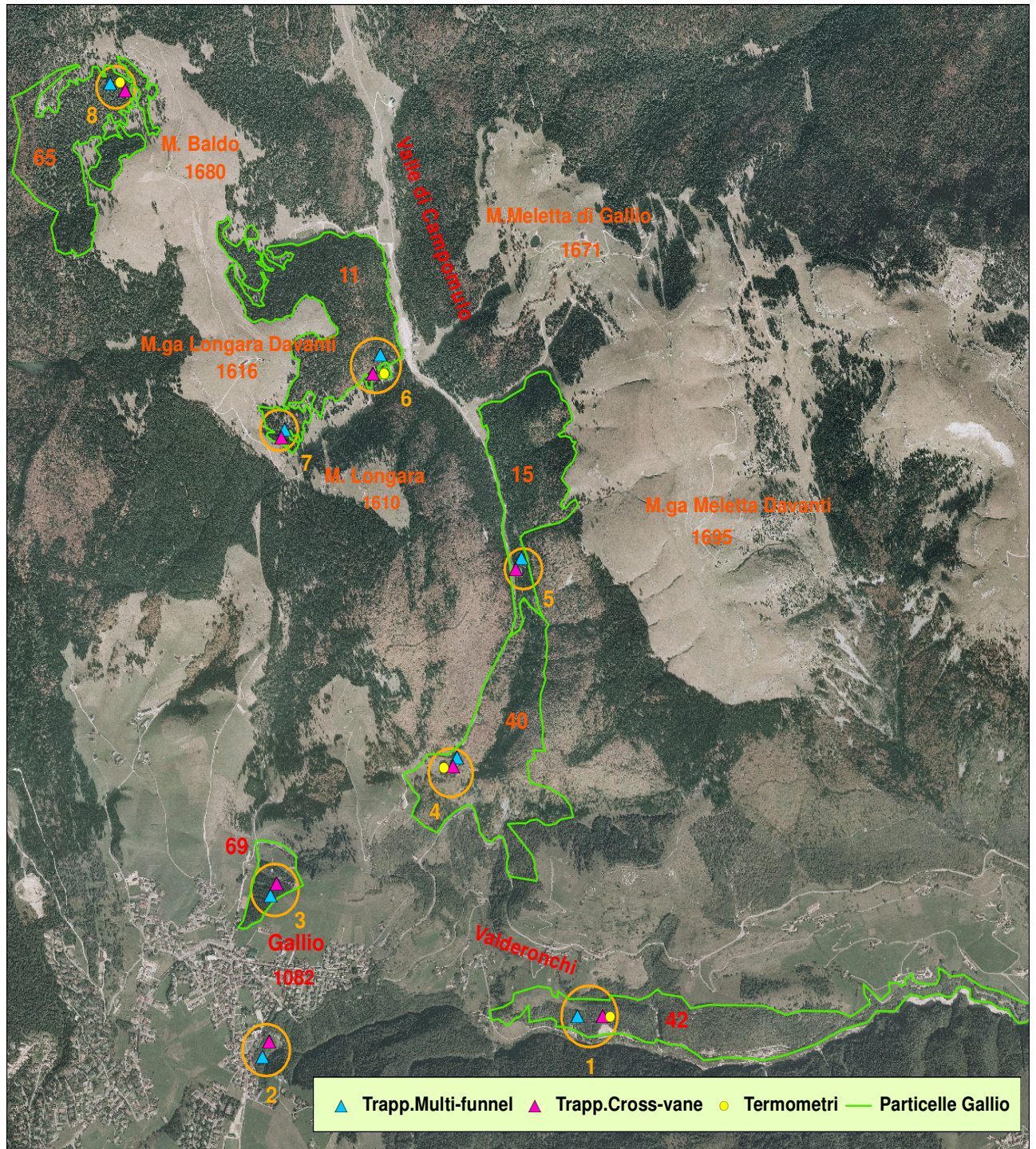


Fig. 4 Planimetria delle particelle forestali (Piano di Riassetto e dei Beni silvo-pastorali del Comune di Gallio, 2003-2012, Dott. For. Maurizio Novello e Fabio Dallasega) e delle 8 stazioni.

2.2.2 Trappole a feromoni

Lo studio della fenologia di *I. typographus* e dei coleotteri associati è stata effettuata mediante l'uso di trappole a feromoni abitualmente usate per la cattura massale o il monitoraggio di scolitidi.

A seconda dell'obiettivo sono state utilizzati due tipi di trappole. Per lo studio della biodiversità delle faune associate ad *I. typographus* sono state utilizzate trappole di tipo "cross-vane" (Fig. 5), costituite da due fogli in plexiglass trasparente sottile incrociati perpendicolarmente, sovrastate da un coperchio protettivo e completate inferiormente da un imbuto di raccolta collegato ad un contenitore dove venivano convogliate le catture (Fig. 7).

Per lo studio dei voli di *I. typographus* si è invece utilizzato il modello Multi-funnel (Fig. 6) costituito da dodici imbuti in PVC nero disposti uno sopra all'altro sovrastati superiormente da un coperchio protettivo mentre nella parte inferiore l'ultimo imbuto è collegato direttamente ad un contenitore cilindrico per la raccolta degli insetti catturati.

In entrambi i tipi di trappola il contenitore cilindrico, destinato alla raccolta degli insetti, contiene una bustina di insetticida, per evitare la fuga degli insetti catturati o eventi di predazione (Fig. 7).



Fig. 5 Trappola del tipo cross-vane.



Fig. 6 Trappola del tipo Multi-funnel.

Al momento dell'installazione, le trappole sono state innescate con erogatori di sostanze volatili attrattive, nel caso della multifunnel è stato utilizzato il feromone specifico di aggregazione di *I. typographus* (Ipsowit[®] prodotto da Witasek, Austria), mentre per quanto riguarda le cross-vane si è ricorsi a degli attrattivi generici: α -pinene ed etanolo (Serbios[®]) (Fig.8).

Entrambi sono stati sostituiti una sola volta a metà del periodo di monitoraggio.



Fig. 7 Contenitore cilindrico destinato alla cattura degli insetti contenente una bustina di insetticida.



Fig. 8 Erogatore di etanolo usato nella trappola del tipo cross-vane.

In ognuna delle stazioni descritte nel precedente capitolo, è stata installata una coppia di trappole, una per tipo, poste a circa quaranta metri una dall'altra. L'esatto posizionamento, in termini di altitudine, delle 16 trappole totali (Tab.1), è stato possibile mediante l'uso di un GPS (GARMIN-*Forrunner 305*).

Tab. 1 Elenco delle 8 stazioni individuate lungo il versante Valderonchi – Monte Longara, altitudine di ogni trappola e formazione forestale prevalente.

STAZIONE	Tipologia forestale	Trappola cross-vane m S.l.m.	Trappola Multi-funnel m S.l.m.
1	pecceta di sostituzione	963	933
2	pecceta secondaria montana	1071	1053
3	pecceta secondaria artificiale	1151	1160
4	pecceta secondaria / faggeta montana peccetosa	1233	1239
5	pecceta secondaria montana / Piceo-faggeto	1318	1330
6	pecceta secondaria montana	1476	1451
7	pecceta secondaria altimontana	1538	1551
8	pecceta secondaria altimontana	1653	1649

Le trappole cross-vane e multi-funnel sono state esposte ed attivate rispettivamente il 13 e il 26 Aprile 2011.

Il controllo e lo svuotamento delle trappole è avvenuto con cadenza settimanale a partire dal 10 Maggio 2011, data del primo rilevamento, e condotto ininterrottamente fino al 23 Agosto 2011.

2.3 Smistamento e identificazione del materiale entomologico

Gli insetti catturati sono stati raccolti in vasetti di plastica. Le catture di *Ips typographus* sono state conteggiate il giorno stesso del controllo. Gli altri coleotteri sono stati invece conservati sotto alcool etilico a 90° e smistati e determinati in laboratorio. L'identificazione degli insetti rinvenuti si è spinta a livello specifico per gli scolitidi e a livello di famiglia per gli altri coleotteri.

2.4 Rilievo delle temperature

In data 26 Aprile 2011 sono stati esposti quattro termometri registratori (Fig. 11) presso le stazioni 1 (933 m), 4 (1239 m), 6 (1476 m) e 8 (1649 m) (Fig. 9 e 10). I dispositivi sono stati legati ad un ramo di abete rosso, ad un'altezza di circa 2 metri e in prossimità della trappola del tipo cross-vane presente in quella stazione.

La rimozione dei termometri è avvenuta contemporaneamente con quella delle trappole il 23 Agosto 2011.



Fig. 9 Tipo di termometro registratore impiegato durante il monitoraggio delle temperature.

2.5. Analisi statistica dei dati

I dati ottenuti sono stati elaborati calcolando la temperatura media giornaliera, settimanale e mensile. Le stesse elaborazioni sono state fatte per le minime e le massime giornaliere. I dati degli scolitidi catturati nelle trappole del tipo cross-vane sono stati analizzati mediante l'indice di diversità di Shannon-Wiener (H'), per evidenziare differenze tra le stazioni, inoltre sono stati fatti dei confronti a coppie mediante test t.

I dati delle catture complessive nelle medesime trappole sono stati invece analizzati con l'indice di complessità di Margaleff.

3. RISULTATI

3.1 Fenologia, voltinismo e densità di popolazioni di *Ips typographus*

3.1.1 Catture di *Ips typographus* con trappole a feromoni

Le catture osservate nel corso del monitoraggio delle popolazioni di *I. typographus* condotto da maggio a fine agosto 2011 nelle 8 stazioni indagate, oscillano da un minimo di 82 (stazione 4) ad un massimo di 2320 (stazione 5) insetti totali per trappola.

Le stazioni poste a quote inferiori, ad eccezione della prima, sono quelle caratterizzate dal minor numero di insetti catturati. Dalla stazione 5, caratterizzata dal valore più alto, le catture diminuiscono poi progressivamente salendo di quota fino alla stazione 8 dove nuovamente sono stati catturati un ridotto numero di individui (Tab. 2).

Tab. 2 Catture totali di *I. typographus* avute da maggio a fine agosto 2011 nelle 8 stazioni monitorate.

STAZIONE	m S.l.m.	n° insetti
1	933	1964
2	1053	100
3	1160	170
4	1239	82
5	1330	2320
6	1451	1498
7	1551	916
8	1649	177

Per quanto attiene all'andamento temporale delle catture, in Fig. 10, è possibile vedere come, nel complesso, in ogni stazione vi siano sempre due principali picchi di volo, accompagnati da catture minori probabilmente dovute alla comparsa di generazioni sorelle (o adulti riemergenti). In particolare, il primo picco di volo, che indica lo sfarfallamento della generazione svernante e l'avvio dell'attività primaverile, non avviene contemporaneamente in tutte le stazioni, ma a metà maggio per la stazioni 1 e 5 e alla fine dello stesso mese per le altre stazioni, probabilmente più fresche.

Il secondo picco invece, indicante la fine della prima generazione, si registra con il controllo del 5 luglio (Fig. 10). E' interessante notare come in tutte le stazioni il secondo picco sia presente, questo può dipendere da dinamiche di popolazioni differenti alle diverse quote, come verrà analizzato più dettagliatamente quando verranno considerate le stazioni singolarmente e successivamente nella discussione. L'elevato numero di individui catturati

anche a quote elevate (6, 7) lascia supporre che si tratti effettivamente di insetti di popolazioni locali. A partire dalla terza settimana di agosto, in tutte le stazioni, si nota infine un volo di riemergenti; si tratta con ogni probabilità di insetti adulti di seconda generazione che abbandonano le piante in cui si sono sviluppati, volando alla ricerca di idonei luoghi di svernamento, la distanza tra questa ripresa dei voli e il secondo picco, non ci deve far escludere che vi sia una parte della popolazione che compia tre generazioni

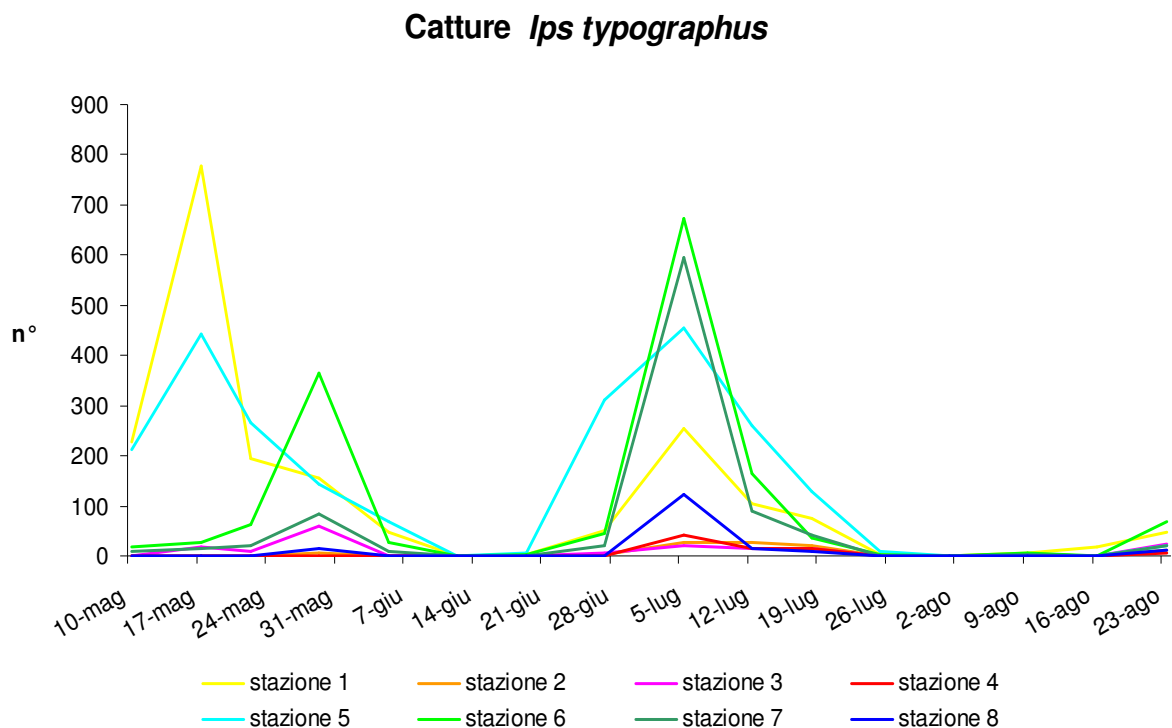


Fig.10 Andamento temporale delle catture di *I. typographus* osservate con trappole a feromoni installate nelle 8 stazioni indagate.

3.1.2 Inquadramento termico delle stazioni

L'analisi dei dati termici registrati nelle quattro stazioni di rilevamento (Tab. 3) – stazione 1 (933 m), 4 (1239 m), 6 (1451 m) e 8 (1649 m) – mostra che le tre temperature, ovvero la media mensile e la media delle minime e delle massime riferite allo stesso periodo, hanno andamento simile nelle varie stazioni.

Considerando più in dettaglio i singoli valori termici registrati nelle quattro stazioni, emergono dei risultati particolarmente interessanti. Nonostante i termometri registratori siano

stati collocati circa ogni 200 m di quota, si osserva che la differenza delle temperature medie mensili tra le stazioni 1 e 4 e la stazioni 6 e 8 non sono particolarmente elevate, mentre tale differenza è molto più evidente tra la stazione 4 e 6 (Tab. 3). Nel mese di agosto, in corrispondenza di un progressivo aumento delle temperature, i valori tendono addirittura a coincidere tra le due stazioni più basse e le due più alte; mentre, nello stesso periodo, la differenza media tra le due stazioni estreme (933 m e 1649 m) è di 3.8°C.

Discorso pressoché analogo può essere fatto per le massime mensili, anche se in questo caso la differenza tra le singole stazioni è più evidente e rimane tale durante l'intero periodo di monitoraggio. Se si confrontano le due stazioni estreme si ha una differenza media di 6,1°C (Tab. 3).

Per quanto riguarda le minime mensili si nota sempre una differenza marcata tra la stazione 4 e 6, ma diversamente da prima si osservano valori più bassi nelle stazioni poste a quota inferiore (1 e 4) rispetto a quelle di quota superiore (6 e 8) (Tab. 3).

Bisogna inoltre sottolineare una differenza media di temperatura minima alquanto modesta (soli 2,3 °C) tra la stazione più bassa (933 m) e quella a quota più elevata (1649 m) (Tab. 3). Molto probabilmente questo è spiegabile con i fenomeni legati all'inversione termica alquanto frequenti nelle valli alpine. L'aria più fredda e pesante ristagna nelle ampie conche e vallate determinando temperature minime che spesso sono più basse di quelle che si hanno lungo i soleggiati versanti di quote superiori.

Tab. 3 Medie mensili delle temperature minime, medie e massime, espresse in °C, relative alle 4 stazioni monitorate.

Mese	Stazione 1			Stazione 4			Stazione 6			Stazione 8		
	Min	Med	Max	Min	Med	Max	Min	Med	Max	Min	Med	Max
26-30/aprile	5,18	8,31	13,22	4,67	6,54	9,42	1,91	4,28	6,82	2,03	3,59	6,2
maggio	6,32	11,94	18,15	7,12	11,39	16,24	3,34	8,21	12,66	4,27	7,84	11,77
giugno	10,14	14,09	18,35	10,12	13,31	16,89	7,43	11,02	14,03	7,77	10,37	13,03
luglio	10,81	15,12	20,63	11,03	14,43	18,33	7,97	11,91	15,42	8,65	11,46	14,64
agosto	12,36	16,85	22,77	13,14	16,65	20,85	9,38	13,56	17,5	10,63	13,55	16,92

Il grafico in Fig. 11 conferma ulteriormente quanto detto. La media delle minime giornaliere, dell'intero periodo di monitoraggio (aprile-agosto) è infatti più bassa nella

stazione 1 rispetto alla stazione 4 e allo stesso modo la stazione 6 registra un valore inferiore di quasi 1°C rispetto alla stazione 8.

Situazione diversa se vengono prese in considerazione la media delle massime e delle medie giornaliere sempre con riferimento all'intero periodo di rilevamento (aprile-agosto). Con l'aumento della quota è infatti apprezzabile un decremento regolare dei valori termici, stimabile in circa 1°C per le massime e 0,6°C per le medie ogni 200 metri di quota, ovvero dislivello che separa una stazione da quella successiva lungo il gradiente (Fig. 11).

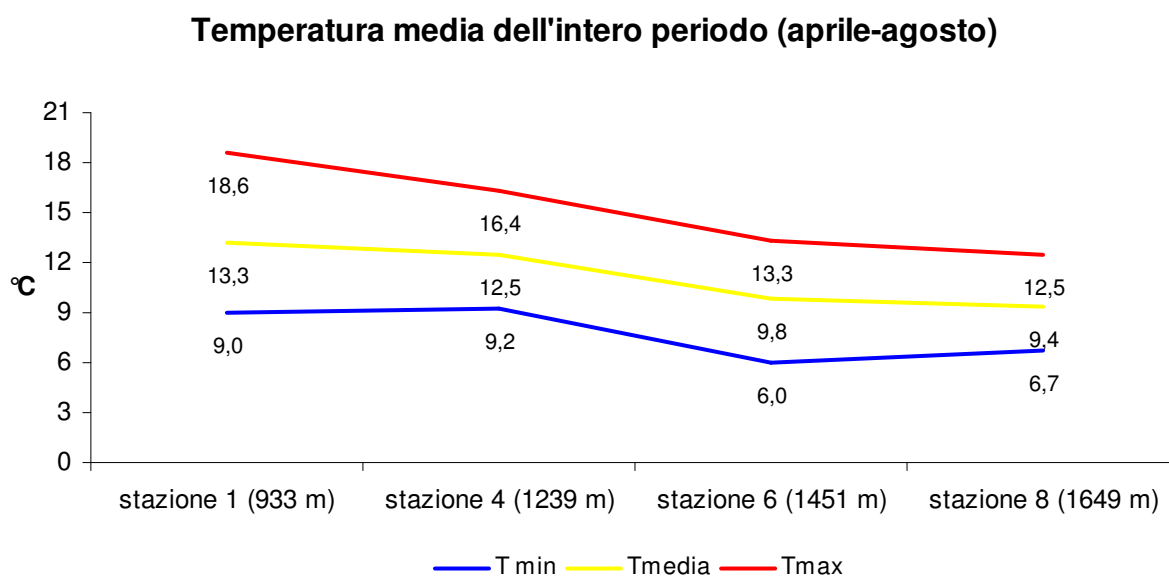


Fig. 11 Andamento termico lungo la quota nell'intero periodo di monitoraggio (aprile-agosto).

Se si analizzano i valori di temperatura medi settimanali si possono avere delle informazioni utili sull'andamento termico nel corso del periodo in cui si è svolto il monitoraggio. Nell'ultima settimana di aprile e per tutta la prima decade di maggio c'è stato un rapido aumento delle temperature in tutte e quattro le stazioni (Fig. 12). L'innalzamento, anche se in modo più moderato, si protrae fino alla metà di giugno.

Le temperature si mantengono quindi abbastanza stabili fino all'ultima settimana di luglio, l'aumento è infatti piuttosto contenuto e quasi mai superiore al grado centigrado.

Infine, si assiste ad un ulteriore progressivo incremento delle temperature medie per tutto il mese di agosto facendo registrare i valori più alti dell'intero periodo di monitoraggio.

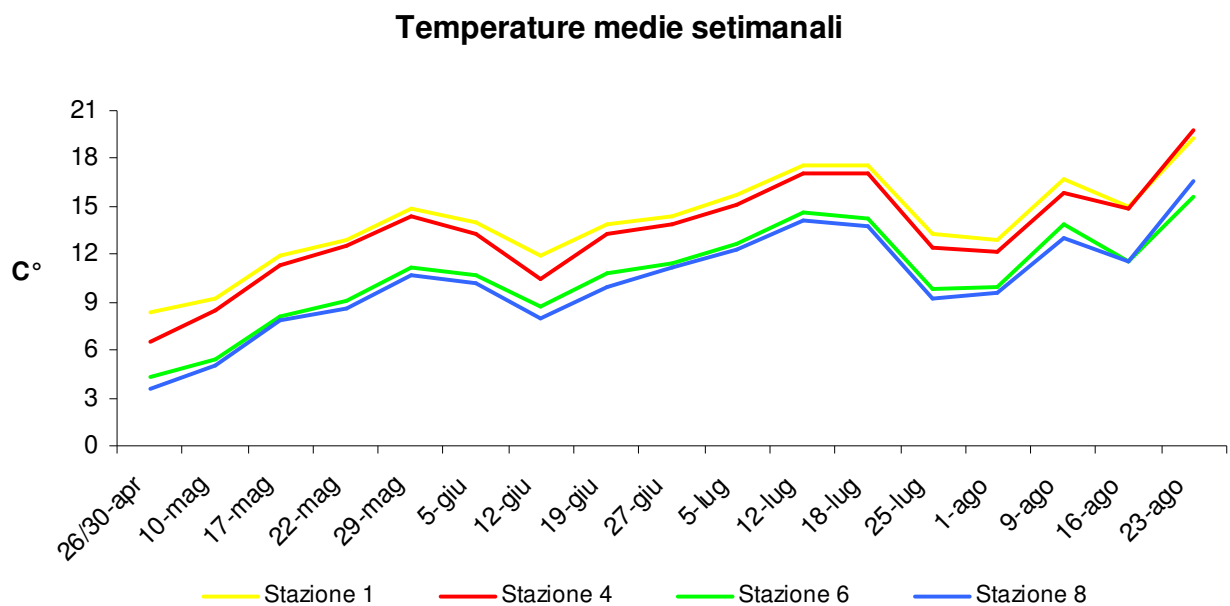


Fig. 12 Andamento delle temperature medie settimanali nelle 4 stazioni indagate mediante termometri.

3.1.3 Relazione tra temperatura e fenologia di *Ips typographus*

Fra i risultati del presente lavoro emerge una fenologia delle popolazioni di *Ips typographus* differente in relazione alla stazione considerata, e quindi alla quota, come di seguito illustrato.

Stazione 1. Il volo della generazione svernante avviene a metà maggio, in corrispondenza di un rapido aumento delle temperature. La temperatura media settimanale è ancora piuttosto bassa, circa 12 C°, ma la media delle T massime è di circa 18,5 C° (Fig. 13), soglia indicata in letteratura per il volo primaverile del bostrico (Annala, 1969), che viene superata in quattro giorni su otto.

Il secondo picco di catture avviene dopo circa sette settimane dal primo. Anche il secondo picco avviene in corrispondenza di un rapido aumento delle temperature prima del brusco calo di oltre 4 gradi osservato fra fine luglio e gli inizi di agosto. Infine, a partire dalla seconda decade di agosto, si osserva una modesta comparsa di nuovi adulti che si spostano in

volo o a cercare idonee sedi di svernamento o addirittura nuovi alberi ospite dove iniziare una terza generazione. A queste quote *I. typographus* è quindi quasi esclusivamente bivoltino, da non escludere che una parte della popolazione sia polivoltina (3 generazioni) (Fig. 13).

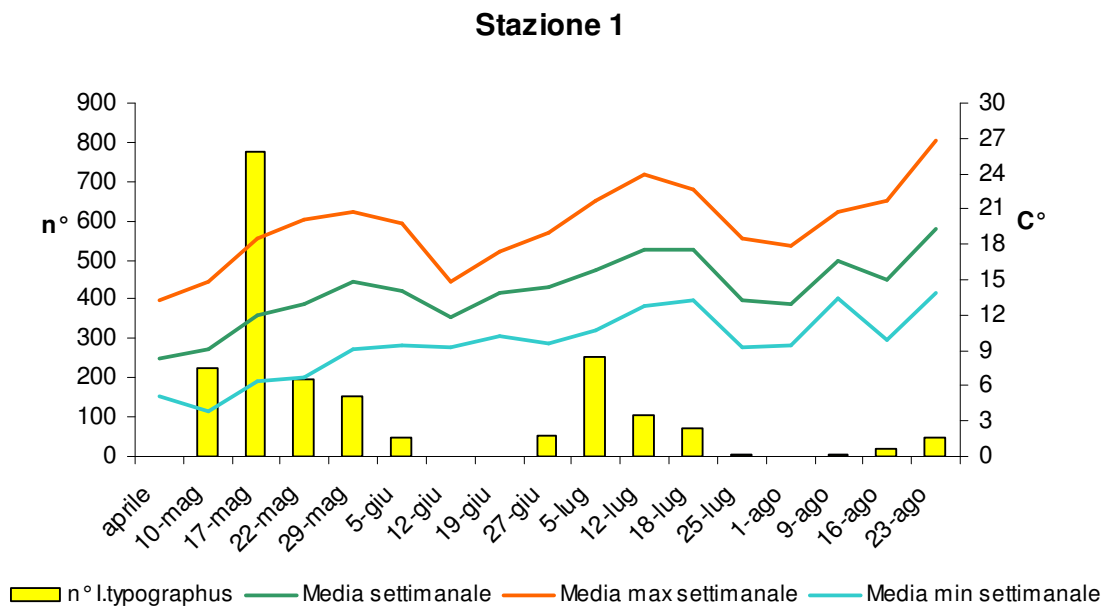


Fig. 13 Numero di *Ips typographus* catturati nella stazione 1 e andamento delle temperature.

Stazione 4. Il numero di *I. typographus* catturati è risultato essere di appena 82 insetti (Tab. 2) oltretutto concentrati nei primi tre rilevamenti di luglio e nell'ultimo di agosto.

Data la scarsa presenza degli scolitidi e la loro totale assenza nel periodo tardo primaverile-estivo, non è possibile costruire un grafico utile all'interpretazione della fenologia.

L'apparente assenza dell'insetto è dovuta probabilmente all'età e alla composizione della formazione forestale. Le trappole infatti sono state posizionate all'interno di una pecceta secondaria ancora molto giovane e di ridotta estensione, situata in un ambiente ancora favorevole al faggio.

Stazione 6. Il primo picco di volo avviene nell'ultima settimana di maggio ed in ritardo di circa due settimane rispetto alla prima stazione (Fig. 14).

In questo caso il picco della generazione svernante coincide proprio con la settimana in cui si sono registrate, in riferimento ai mesi di maggio e giugno, le temperature medie e massime più alte.

Anche se la temperatura media è ancora di soli 11,5 °C, le massime toccano per quattro giorni consecutivi (dal 24 maggio al 27 maggio) valori vicini ai 17,5 °C.

Il secondo picco avviene dopo cinque settimane dal primo e come nelle altre stazioni in corrispondenza di un repentino aumento delle temperature prima del calo di fine luglio. A differenza delle quote inferiori, gli individui catturati in luglio rappresentano tuttavia dei riemergenti di prima generazione e non l'avvio di una seconda generazione. La distanza temporale fra i due picchi (fine maggio ed inizio luglio) di sole cinque settimane è infatti insufficiente a garantire il completamento dello sviluppo della prima generazione, che in condizioni favorevoli richiede almeno 7-8 settimane (Fig. 14). La notevole entità delle catture di luglio, superiori a quelle di maggio, lascia inoltre supporre che tali catture estive siano costituite in parte, come visto, da riemergenti e in parte addirittura da svernanti tardivi che hanno dovuto attendere le calde giornate di luglio per superare la soglia termica di 18° per poter sfarfallare (Fig. 16). Infine, nella seconda settimana di agosto ed in modo molto più marcato nell'ultima dello stesso mese, si osserva la comparsa di alcuni adulti che con ogni probabilità rappresentano individui di prima generazione alla ricerca di luoghi di svernamento, di solito la lettiera. A queste quote *I. typographus* sembra quindi mostrare popolazioni monovoltine, con fenologia ritardata di almeno 15 giorni rispetto alle quote inferiori.

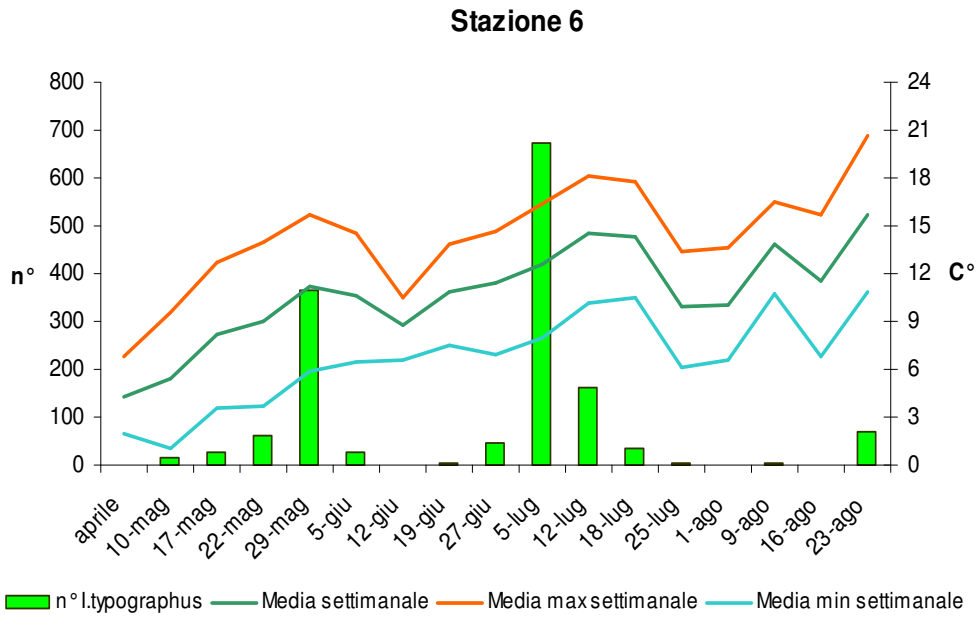


Fig. 14 Numero di *Ips typographus* catturati nella stazione 6 e andamento delle temperature.

Stazione 8. A circa 1650 m di quota, nell'ultima settimana di maggio è stato catturato un esiguo numero di insetti. Tali valori possono essere dovuti sia allo sfarfallamento di adulti svernanti favorito da un rapido aumento delle temperature – le catture infatti coincidono con i valori massimi settimanali avuti nel periodo tardo primaverile-estivo (Fig. 15) – sia, come già accennato, alla cattura di insetti provenienti da quote inferiori grazie alle brezze di valle. Tuttavia, le temperature medie settimanali di soli 10,7 °C e le massime giornaliere di poco superiori ai 16 °C, e per soli tre giorni (24-26-27 maggio), assieme alla perfetta coincidenza con i picchi riscontrati a quote più basse (Fig. 14 e 15), lasciano supporre che in questa stazione le condizioni climatiche siano troppo rigide per *I. typographus* (Fig. 15).

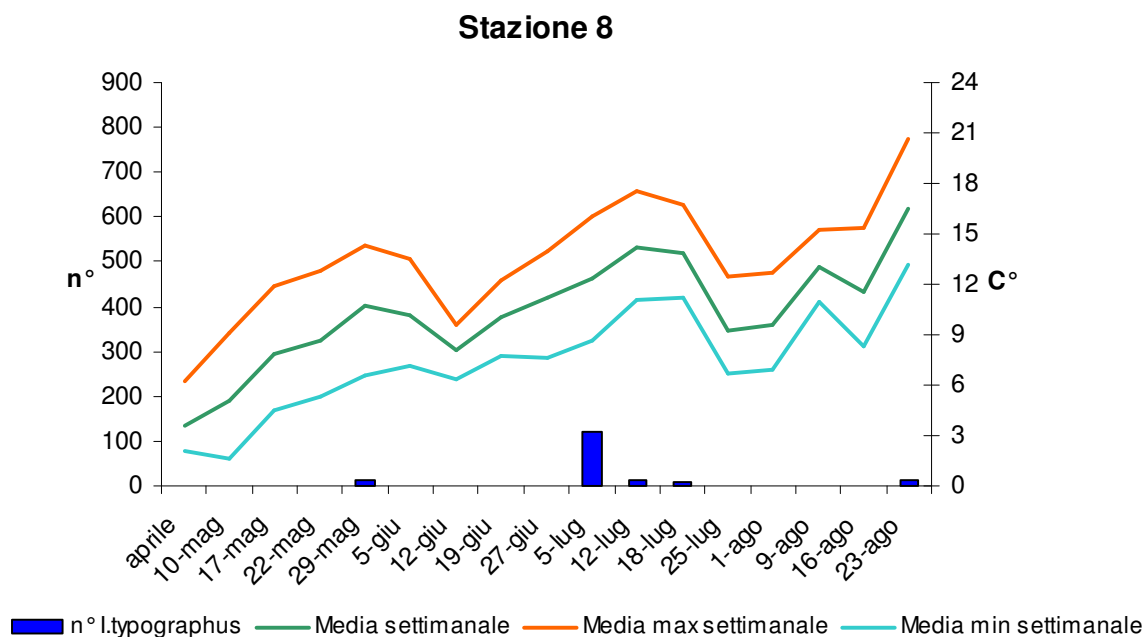


Fig. 15 Numero di *Ips typographus* catturati nella stazione 8 e andamento delle temperature.

3.2 Analisi della biodiversità della coleotterofauna

3.2.1 Coleotteri scolitidi

Tra le famiglie di coleotteri rinvenute con trappole del tipo cross-vane installate nelle 8 stazioni, come prevedibile, gli scolitidi sono risultati essere i più numerosi sia come numero di individui che numero di specie. Complessivamente, in tutte le stazioni, sono stati rinvenuti circa 640 esemplari distribuiti in 10 specie (Tab. 4).

Tutte le specie rinvenute sono infeudate all'abete rosso, e spesso associate, o "satelliti", di *I. typographus*. Fra queste, quelle rilevate in maggior numero sono state *Xyloterus lineatus*, *Cryphalus abietis* e specie appartenenti al genere *Hylastes*, tutte presenti in ogni stazione seppur con densità differenti lungo il gradiente. In particolare, *Xyloterus lineatus* ha fatto registrare un numero di catture relativamente basso in tutte le stazioni, eccetto che nella 5 dove il numero sale repentinamente a 368 insetti catturati. Discorso abbastanza analogo per le catture degli scolitidi appartenenti al genere *Hylastes*. Anche in questo caso il numero di insetti catturati in tutte le stazioni risulta piuttosto basso rispetto alla stazione 5 con 68 catture. Per ultimo, *Cryphalus abietis* mostra una scarsa presenza in tutte le stazioni, con un numero

di insetti catturato sempre inferiore a 4, ma che sale a 10 e 23, rispettivamente nelle stazioni 5 e 6.

Dryocoetes autographus e *Xylechinus pilosus* sono stati trovati in numero molto modesto, ma tuttavia presenti in cinque stazioni su otto (Tab. 4). Sporadiche, ma di rilevante importanza ecologica, le catture delle altre specie: *Pityogenes chalcographus*, *Ptyophthorus spp.*, *Hylurgops palliatus*, *Hylurgops glabratus* e *Phthorophloeus spinulosus* (Tab. 4).

Per quanto riguarda la distribuzione numerica di specie fra le stazioni si va dal valore minimo delle stazione 1 (3 specie) al valore massimo della stazione 3 (7 specie); nelle altre stazioni vi è una situazione omogenea con un numero di specie compreso fra 4 e 6 (Tab. 4).

I valori dell'indice di Shannon-Wiener (H') (Tab. 4) mostrano una notevole variabilità tra stazioni, passando dai valori più bassi registrati nelle stazioni 1 e 6 al valore più elevato nella stazione 3. Il test t, i cui valori sono riportati in Tab. 5, si differenziano statisticamente dalle altre la stazione 1 e la stazione 3, nel caso delle altre stazioni i confronti a coppie hanno mostrato una vasta gamma di situazioni intermedie.

Tab. 4 Numero di individui e specie di scolitidi determinate in ogni stazione.

stazione	<i>Xyloterus lineatus</i>	<i>Dryocoetes autographus</i>	<i>Hylastes spp.</i>	<i>Cryphalus abietis</i>	<i>Xylechinus pilosus</i>	<i>Pityogenes chalcographus</i>	<i>Ptyophthorus spp.</i>	<i>Hylurgops palliatus</i>	<i>Phthorophloeus spinulosus</i>	<i>Hylurgops glabratus</i>	n° specie per stazione	indice di Shannon-Wiener (H')
1	20	0	1	2	0	0	0	0	0	0	3	0,47
2	2	0	1	3	1	0	0	0	0	0	4	1,28
3	4	1	3	3	2	1	0	0	1	0	7	1,81
4	6	2	12	1	0	0	3	0	0	0	5	1,29
5	368	9	67	10	0	0	0	1	0	0	6	0,63
6	42	2	1	23	1	0	0	0	2	0	6	0,99
7	10	1	0	4	1	0	1	0	1	0	6	1,3
8	19	0	1	1	4	0	0	0	0	1	5	0,89
tot	471	15	86	47	9	1	4	1	4	1		

Tab. 5 Vengono riportati i valori della *t* di student con il corrispondenti gradi di libertà e la significatività * per i confronti a coppie.

Stazione	1	2	3	4	5	6	7	8
1	-	(4.47-8)*	(10.83-19)*	(11.22-44)*	(3.63-23)*	(10.78-36)*	(8.49-27)*	(6.07-48)*
2		-	(2.52-13)*	(0.08-9)	(3.70-7)*	(1.58-7)	(0.13-11)	(2.30-6)
3			-	(3.96-23)*	(10.20-15)*	(6.88-16)*	(3.46-29)*	(5.49-63)*
4				-	(11.28-24)*	(4.69-31)*	(0.09-8)	(4.98-49)*
5					-	(16.69-68)*	(7.68-18)*	(4.86-26)*
6						-	(3.60-16)*	(1.50-67)
7							-	(8.26--2)*
8								-

3.2.2 Altre famiglie di coleotteri

Nelle medesime trappole sono stati inoltre catturati altri 297 coleotteri appartenenti a 9 famiglie diverse.

Nel complesso, si tratta di insetti in qualche modo legati agli scolitidi (predatori, parassitoidi, commensali) o comunque presenti in ambienti di pecceta.

Di questi gli *Staphylinidae*, presenti in tutte le stazioni, sono la famiglia di coleotteri più numerosa, con 80 insetti catturati (Tab. 6); molto comuni in ambiente forestale, includono anche specie predatrici di scolitidi.

In buon numero, e catturati in quasi tutte le stazioni, sono anche alcune specie appartenenti alle famiglie *Scarabeidae*, *Elateridae* e *Curculionidae* (Tab. 6). Coleotteri piuttosto comuni in ambiente forestale, ma che non presentano generalmente un particolare legame con gli scolitidi.

Sono inoltre state catturate altre specie di coleotteri di notevole interesse forestale, ma rilevate in modo sporadico ed in numero molto limitato lungo il gradiente altitudinale (Tab. 6). Fra queste, ad esempio, vi è il Cleridae comune predatore di scolitidi *Thanasimus formicarius*, catturato in un unico esemplare nella stazione 5.

Tra i pochi cerambicidi si può ricordare la cattura di due esemplari di *Tetropium castaneum*, tipico sfruttatore di *Picea abies*; mentre per quanto riguarda i curculionidi alcuni individui del genere *Pissodes*.

Tab. 6 Catture totali e numero di specie rilevate nelle 8 stazioni mediante trappole del tipo cross-vane nel periodo aprile-agosto 2011.

stazione	n°specie Scolytidae	n°specie Staphylinidae	n°specie Scarabaeidae	n°specie Elateridae	n°specie Curculionidae	n°specie Anobiidae	n°specie Cerambycidae	n°specie Cleridae	n°specie Carabidae	n°altre specie	n°specie per stazione	indice di Margaleff
1	3	3	1	2	1	2	0	0	0	2	14	2,01
2	4	1	0	3	2	1	0	0	0	4	15	2,17
3	7	2	1	3	2	3	1	0	0	0	19	2,79
4	5	2	2	2	1	1	0	0	0	1	14	2,01
5	6	2	3	3	3	0	1	1	1	0	20	2,94
6	5	2	4	4	2	4	0	0	1	0	22	3,25
7	6	1	3	0	3	2	0	0	0	0	15	2,17
8	5	3	3	1	1	0	0	0	0	0	13	1,86
n°individui	640	80	66	70	51	13	6	1	2	8		

Dal punto di vista della biodiversità, le stazioni con il più alto numero di specie sono quelle poste a media altitudine: la stazione 6 (22 specie), la 5 (19 specie) e la 3 (19 specie) (Tab. 6).

Le prime due stazioni dove l'abete rosso tende a formare dei popolamenti puri, relegando le poche piante di faggio al piano dominato; mentre nella stazione 3 si trova invece una pecceta secondaria di origine artificiale.

Il numero di specie tende poi a diminuire con l'aumento della quota; il valore più basso viene registrato alla stazione 8 nelle trappole poste all'interno di una pecceta subalpina.

La biodiversità è relativamente modesta anche nelle stazioni di bassa quota. Nella stazione 1, 2 e 4, rispettivamente 14, 16 e 14 specie (Tab. 6), l'abete rosso non è più esclusivo, ma diviene rilevante la mescolanza con le latifoglie. Nella stazione 1 l'abete rosso sta lentamente sostituendo, in un ripido versante, il pino silvestre, conifera spiccatamente pioniera; mentre nelle altre due la *Picea* non è mai la sola specie dominante del popolamento, eccetto nelle formazioni di origine artificiale.

I valori dell'indice di Margaleff (Tab. 6) mostrano una diversità contenuta tra le prime cinque stazioni, mentre nella stazione 6 si osserva un valore più alto. Nelle ultime due stazioni si nota infine un decremento dei valori.

4. DISCUSSIONE

4.1 Abbondanza di *Ips typographus* lungo gradiente altitudinale

Considerando l'ammontare delle catture totali dell'intero periodo di monitoraggio è di particolare interesse la variazione che si osserva lungo il gradiente altitudinale. Se dalla stazione 5, si nota un trend con un progressivo calo delle catture fino alla stazione di quota più elevata, attribuibile a fattori climatici, lo stesso non si può dire per le stazioni poste a quote inferiori. Infatti, all'elevato numero di catture ottenute nella stazione 1 non corrispondono valori altrettanto alti nelle stazioni comprese tra i 1050 e 1250 m.

In questa situazione diventano probabilmente prevalenti i fattori stazionali. Nelle stazioni poste al di sotto dei 1300-1400 m di quota, la relativa rarefazione dell'insetto è giustificata dalla minor presenza dell'ospite. Nei popolamenti forestali troviamo una maggior partecipazione delle latifoglie, soprattutto faggio, mentre le giovani formazioni di abete rosso, il più delle volte di origine artificiale, non occupano grandi estensioni.

Al di sopra dei 1400 m, dove i soprassuoli si compongono essenzialmente di peccete, anche secondarie, la progressiva diminuzione delle catture è invece spiegabile con l'abbassamento delle temperature. Condizioni climatiche troppo rigide ed una stagione estiva molto breve limiterebbero fortemente la capacità di sopravvivenza dell'insetto. Al di sopra di una certa altitudine, il bostrico avrebbe dunque a disposizione poche settimane per sfarfallare, riprodursi e completare lo sviluppo, pertanto molti individui si troverebbero ad affrontare i rigori invernali sottoforma di adulti immaturi o addirittura di larve o pupe, stadi più sensibili alle basse temperature. Recenti studi sulle Alpi Orientali hanno infatti dimostrato come le popolazioni possano subire una mortalità invernale pari al 50% degli individui, concentrata soprattutto sulle forme pre-immaginali (Faccoli, 2002).

Sembra dunque confermata l'ipotesi secondo la quale al di sopra dei 1600 m, in questo caso in corrispondenza della stazione 8, l'ammontare delle catture sia determinato solo in minima parte da adulti appartenenti a popolazioni locali. La maggior parte degli insetti rinvenuti nelle trappole, sarebbe il risultato delle brezze di valle che risalendo lungo il versante favoriscono la dispersione di adulti di popolazioni presenti a quote inferiori. Una conferma è data dalla perfetta coincidenza con i picchi di volo riscontrati a quote più basse (stazione 6 e 7) (Fig. 10).

Possiamo concludere che la presenza e la densità di *Ips typographus* dipende da un insieme di fattori che interagiscono tra loro e che in base alle diverse situazioni possono

divenire il fattore limitante. Certamente i dati ottenuti sono poco chiari anche per il fatto che il lavoro è stato condotto su di un unico gradiente altitudinale e in condizioni stazionali non molto omogenee tra loro. Oltre alla quota ci sono quindi altre variabili che influenzano le catture come, ad esempio, la composizione dei boschi.

Le stazioni 1 e 5 si sono dimostrate l'ambiente più favorevole allo sviluppo dell'insetto, dal punto di vista climatico vi sono condizioni ottimali, inoltre i soprassuoli formati da peccete mature sono la situazione ideale per forti attacchi da parte del bostrico. Oltre all'aspetto vegetazionale, anche altri fattori influiscono sulla distribuzione e abbondanza delle popolazioni di *Ips typographus* in queste stazioni. Molto probabilmente, la causa del maggior numero di catture è la densità del soprassuolo e la morfologia del territorio.

Nonostante siano stazioni poste a quote diverse, entrambe sono caratterizzate da una densità regolare ma scarsa, spesso lacunosa e soprattutto poste in zone di basso versante che costeggiano le valli che dalla conca centrale dell'Altipiano risalgono fino alla Zona Alta. In tali condizioni, la libera circolazione dell'aria all'interno del popolamento e la risalita di correnti lungo il fondovalle, agevolano il movimento degli insetti nonché l'efficacia e volatilità della miscela feromonica.

4.2 Fenologia e voltinismo di *Ips typographus* nell'area di studio

Le trappole a feromone catturano l'insetto in volo, quindi i due picchi più la ripresa delle catture a fine stagione (Fig. 10) corrispondono ai momenti in cui la maggior parte degli insetti è in attività alla ricerca di siti idonei alla riproduzione. Il numero di picchi, il periodo in cui avvengono e la distanza tra picchi successivi sono informazioni utili per comprendere la biologia dell'insetto. Il primo picco di volo, indicante lo sfarfallamento della generazione svernante, avviene generalmente in tarda primavera, quando con l'aumento delle temperature viene raggiunta una determinata soglia. Come riportato da più autori, gli adulti di *Ips typographus* interrompono la diapausa invernale quando la temperatura media dell'aria raggiunge i 18°C (Abgrall & Schevester, 1987; Ambrosi & Angheben, 1986; Anderbrandt, 1986; Anilla, 1969; Bakke *et al.*, 1977; Lindelöw & Weslien, 1986).

Sebbene, confrontando i valori di temperatura media settimanale con i picchi di cattura (Fig. 13, 14 e 15), nelle tre stazioni monitorate con i termometri (tralasciando la stazione 4 per i motivi già espressi), la temperatura media dell'aria non raggiunga i 18°C, si assiste ugualmente all'inizio dell'attività dell'insetto. Questo può essere spiegato dal fatto che in

realtà bastano anche solo pochi giorni sufficientemente caldi per avere una risposta dell'insetto. E questi giorni caldi non sono visibili considerando le medie settimanali.

Un'altra possibile spiegazione potrebbe essere legata ad una minore soglia termica richiesta dalle popolazioni meridionali di *Ips typographus*, quali sono quelle italiane, per riprendere l'attività riproduttiva. Anche in altri studi inerenti le relazioni fra la temperatura e l'attività riproduttiva dell'insetto sono emerse differenze fra le popolazioni meridionali e quelle centro-nord europee (Führer & Coeln, 1999). Osservazioni simili sono state condotte anche su altre specie di scolitidi ad ampio areale, quali *I. acuminatus* su pino silvestre (Colombari, 2011). Un altro aspetto di importanza spesso sottovalutata è legato al fatto che normalmente viene considerata la temperatura media dell'aria mentre gli scolitidi si trovano sotto le cortecce dove l'andamento delle temperature è sicuramente diverso se non altro per la riduzione dell'escursione termica fra giorno e notte (Faccoli, 1999).

Considerando l'epoca di comparsa della generazione svernante, si è notato che il primo picco è venuto a coincidere con l'ultima settimana di maggio, eccetto che nella stazione 1 e 5 nella quali si è avuto un anticipo di circa due settimane. I motivi possono ancora una volta essere ricondotti ai fattori climatici di cui si è parlato ampiamente nel sottocapitolo precedente, con il raggiungimento anticipato, rispetto alla quote più elevate, della soglia termica indispensabile affinché l'insetto inizi l'attività.

Escludendo i due casi appena descritti, ci si attenderebbe comunque una maggior eterogeneità almeno tra le stazioni intermedie alle due appena descritte, ovvero la stazione 2-3 e 4. Molto probabilmente il ritardo delle catture, oltretutto molto modeste, può essere giustificato dalla provenienza di insetti da popolazioni situate in siti più idonei alla specie e dispersi solo in un secondo momento dalle brezze di valle.

Al di sopra dei 1400 m di altitudine, cioè dalla stazione 6, sono le basse temperature che ritardano l'uscita degli adulti di *Ips typographus* dai rifugi invernali a fine maggio.

Non bisogna comunque dimenticare che in alcune circostanze i comuni fenomeni d'inversione termica osservabili nelle valli alpine riducono le differenze di temperature medie registrabili alle diverse quote (Faccoli, 1999). Per tanto è plausibile pensare che anche a quote relativamente alte il bostrico possa iniziare la sua attività in concomitanza o solo con un leggero ritardo rispetto alle popolazioni della stessa specie presenti ad altitudini inferiori, aspetto importante per il completamento delle successive fasi di sviluppo.

Dal periodo di sfarfallamento degli adulti della prima generazione dipende la presenza o meno della seconda generazione (Faccoli, 1999).

Tale evento, che normalmente viene registrato da un secondo picco delle catture, si presenta in tutte le stazioni la prima settimana di luglio (Fig. 10) ed in corrispondenza di un rapido aumento delle temperature, ma con significati diversi a seconda della stazione e altitudine considerata.

Nella stazione 1 e 5 il tempo intercorso tra il primo ed il secondo picco di volo, circa sette settimane, è sicuramente sufficiente affinché l'insetto porti a compimento lo sviluppo della prima generazione e ne avvii una seconda. Mentre a quote superiori ai 1400 m, vale a dire dalla stazione 6, la distanza temporale fra i due picchi (fine maggio ed inizio luglio) di sole cinque settimane è insufficiente a garantire il completamento dello sviluppo della prima generazione, che in condizioni favorevoli richiede almeno 7-8 settimane.

Gli individui catturati in luglio, a quote superiori i 1350 m, rappresentano dunque dei riemergenti di prima generazione e non l'avvio di una seconda. Inoltre, l'alto numero delle catture di luglio, superiori a quelle di maggio, è la conferma che tali catture estive siano costituite in parte da riemergenti e in parte addirittura da svernanti tardivi che hanno dovuto attendere le calde giornate di luglio per superare la soglia termica di 18° per poter sfarfallare.

Almeno per quanto concerne le stazioni poste sotto i 1400 m di altitudine, è di notevole importanza il fatto che l'inizio della seconda generazione venga avviata entro la prima metà di luglio. Generazioni estive avviate così presto, con ogni probabilità daranno nuovi adulti completamente sviluppati già nelle prime settimane di settembre (Faccoli, 1999). Al contrario, avvii tardivi della seconda generazione estiva constringeranno la popolazione ad affrontare l'inverno sottoforma di larve o pupe, stadi questi poco resistenti alle basse temperature (Anilla, 1969).

Per quanto riguarda il tempo di sviluppo della prima generazione, ovvero il tempo intercorso tra il primo e il secondo picco, ancora una volta troviamo delle divergenze con gli studi condotti sulle popolazioni centro-nord europee. Secondo numerosi lavori presenti in letteratura (Wermelinger & Seifert, 1999), le somme termiche complessive per *Ips typographus* per completare la prima generazione sono pari a circa 600 (T_{min}), 900 (T_{med}) e 1200°C (T_{max}). Valori questi al di sopra di quelli riscontrati nella stazione 1 posta a circa 950 m di quota (Tab. 7).

Tab. 7 Durata della prima generazione. Legenda: n° giorni: tempo trascorso fra la comparsa degli adulti svernanti e quelli della prima generazione; Σ Tmin(C°), Σ Tmed(C°) e Σ Tmax(C°): somme rispettivamente calcolate sulla base delle temperature minime, medie e massime giornaliere del periodo compreso fra la comparsa degli adulti svernanti e quelli della prima generazione.

	Σ Tmin(C°)	Σ Tmed(C°)	Σ Tmax(C°)	n° giorni
Stazione 1	461,4	688,2	936,3	49

Sarebbe un'ulteriore riprova del fatto che le popolazioni di bostrico tipografo delle Alpi sudorientali siano caratterizzate da alcuni aspetti biologici abbastanza diversi da quelli che contraddistinguono le popolazioni centro-nord europee.

Altro aspetto di divergenza riguarda il voltinismo. A seguito della brevità del periodo estivo nei paesi centro-nord europei *Ips typographus* compie una sola generazione/anno (Anilla, 1969; Austarå *et al.*, 1977). Si è visto che in Italia invece, a quote non troppo elevate, lo scolitide compie quasi sempre due generazioni all'anno (Ambrosi & Angheben, 1986; Lozzia, 1993).

La presenza di due picchi di volo, di cui il secondo piuttosto presto nel corso della stagione estiva, indicano che le popolazioni di *Ips typographus* nell'Altipiano dei Sette Comuni, indagate in questo studio, possono considerarsi bivoltine, sicuramente fino a quote di 1300-1400 m (Stazione 5) mentre a quote superiori la breve stagione estiva non consente allo scolitide di portare a termine più di una generazione all'anno.

Si riscontra, infine, in tutte le stazioni la ripresa delle catture nell'ultimo periodo di monitoraggio, ossia a partire dalla seconda metà di agosto. La ricomparsa di insetti in questo periodo dell'anno indica molto spesso il volo di femmine riemergenti che determinano l'avvio di generazioni sorelle su di un altro ospite.

Tuttavia, l'intervallo tra il secondo picco e la ricomparsa dello scolitide, mai inferiore alle 5/6 settimane in tutte le stazioni, rappresenta un periodo di tempo al limite per permettere il completo sviluppo di una generazione. Alle basse quote, questo fa ipotizzare che una quota della popolazione, seppur ridotta per quanto riguarda il numero, dia inizio ad una terza generazione, mentre per le stazioni di quota superiore si tratterebbe sicuramente di adulti alla ricerca di luoghi adatti allo svernamento.

Le eccezionali temperature di agosto e settembre, che hanno contraddistinto a livello globale, la tarda estate 2011 come uno dei periodi più torridi degli ultimi 150 anni, hanno creato con

buona probabilità le condizioni ottimali affinché l'insetto porti a termine un'ulteriore terza generazione.

4.3 Abbondanza della coleotterofauna lungo gradienti altitudinali

4.3.1 Scolitidi (Coleoptera Scolytidae)

Salendo di quota sono numerosi i cambiamenti che s'incontrano, dalla diminuzione della pressione, dall'aumento della radiazione UV incidente, dalla precipitazione come neve o pioggia, dalla turbolenza atmosferica, oltre che dall'aumento della velocità del vento. Sono tutti fattori che influenzano in maniera diretta l'ambiente e di conseguenza la vita delle specie animali e vegetali in esso presenti.

Sembrerebbe dunque scontato pensare come l'altitudine influenzi la presenza e la numerosità delle specie di artropodi e come la densità di popolazione di specie di insetti fitofagi cambi in modo costante e regolare lungo un gradiente altitudinale. Tuttavia sono molteplici e spesso di difficile comprensione le variabili di natura abiotica e biotica in grado di influenzare la vita sulla terra.

Dal presente studio, è emerso che l'abbondanza e distribuzione delle specie appartenenti alla famiglia degli scolitidi non segue un preciso andamento altitudinale (Fig. 17).

I risultati dei test statistici di Shannon-Wiener (H') (Tab. 4) e del t test (Tab. 5), mostra infatti una notevole variabilità tra stazioni senza delineare una distribuzione precisa delle specie lungo il versante indagato mediante trappole a feromone.

Questo permette di stabilire che con l'aumentare della quota il numero di specie e di individui non diminuisce come per effetto di un peggioramento delle condizioni ambientali come del resto si potrebbe ipotizzare.

Ciò si può interpretare con il fatto che le condizioni per l'ecosistema pecceta, rimangono tutto sommato costanti lungo il gradiente altitudinale, vale a dire dalla stazione 1 (circa 950 m S.l.m.) alla stazione 8 (circa 1650 m S.l.m.).

Si denota invece un certo andamento per quanto riguarda la densità lungo il gradiente altitudinale delle specie appartenenti alla famiglia degli scolitidi. In sostanza si vede un effetto quota sulle catture, sebbene alterato alle quote inferiori. Come quest'ultima anche le due specie rilevate in maggior numero *Xyloterus lineatus* ed *Hylastes spp.*, hanno registrato un numero particolarmente alto di catture alla stazione 5.

Molto probabilmente, in questo ambiente, la presenza di peccete secondarie montane tra i 1300-1400 m S.l.m., rappresenta l'ambiente ottimale per queste due specie di scolitidi che

assieme al bostrico tipografo sono le più comuni e frequenti nell'arco alpino italiano. La maggior biodiversità che si riscontra può essere dovuta effettivamente al fatto che le formazioni forestali a queste quote dimostrano il loro particolare effetto ecotonale "accogliendo" l'entomofauna tipica di quote superiori o inferiori dove sono però presenti ecosistemi molto semplificati, o degradati.

Tra le specie meno frequenti, interessanti e di particolare pregio per l'entomofauna dell'Altipiano dei Sette Comuni sono le catture di *Xylechinus pilosus* e *Phthorophloeus spinulosus*. Entrambi sono legati alle conifere dell'Europa centrale e settentrionale fino alla Siberia, la loro presenza sulle Alpi è il risultato dell'ultima era glaciale.

4.3.2 Coleotterofauna associata ad *Ips typographus*

Analizzando in generale la coleotterofauna associata ad *Ips typographus*, ossia l'insieme delle catture delle trappole del tipo cross-vane nell'intero periodo di monitoraggio, queste discostano sotto alcuni aspetti da quelle degli scolitidi.

Il decremento del numero di specie che si osserva salendo di quota, a partire dai 1550 m di quota della stazione 7, consente ad esempio di stabilire che la diversità e l'abbondanza delle comunità di coleotteri associate all'abete rosso si riducono considerevolmente all'aumentare di una certa soglia altimetrica (Tab. 6).

Dalla stazione 7, infatti, i cambiamenti ambientali sono visibili anche a livello vegetazionale. Nelle peccete troviamo con sempre maggiore frequenza soggetti di abete rosso dalle chiome strette e dai fusti rastremati, mentre la rinnovazione è concentrata nelle microstazioni più fertili.

I valori del test di Margaleff (Tab. 6) mostrano inoltre situazioni intermedie ed un leggero calo del numero di specie anche alle quote più basse.

La minor biodiversità che si osserva nella stazione 1,2 e 4 è però giustificabile dagli stessi motivi che sono alla base del modesto numero di catture di bostrico nelle medesime stazioni. A queste quote infatti, la maggior partecipazione delle latifoglie nei soprassuoli forestali, nonché la minor estensione delle peccete, oltretutto molte delle quali di origine artificiale, riduce fortemente l'ambiente idoneo agli insetti legati all'abete rosso. Le trappole cross-vane sono inoltre innescate con feromoni che sono specifici per la coleotterofauna delle peccete.

4.4 Prospettive future

Lo studio sulla fenologia di *Ips typographus* ha dimostrato ancora una volta come i complessi cicli biologici di questa specie, ma in generale di moltissimi insetti forestali siano direttamente dipendenti i fattori ambientali. In particolar modo, la temperatura e la durata della stagione estiva sembrerebbero essere gli elementi di maggior importanza nella bioecologia delle popolazioni di questo parassita dell'abete rosso.

Nel quadro dei recenti cambiamenti climatici è ormai chiaro che gli insetti forestali possono rispondere in modo diretto e veloce all'aumento della temperatura grazie a rapidi cicli di sviluppo, all'alto potenziale riproduttivo, alla elevata capacità di adattamento fisiologico alle mutate condizioni ambientali (Battisti e Faccoli, 2007). Tra le specie in grado di cogliere tale occasione sono quelle specie, come *Ips typographus*, caratterizzate dall'alto potenziale di crescita, polivoltinismo e assenza di diapausa invernale.

In questo caso, il surriscaldamento globale potrebbe ad esempio accelerare i cicli di sviluppo dell'insetto. Se fino ad ora le popolazioni di bostrico tipografo nelle Alpi sudorientali può considerarsi specie bivoltina solo al di sotto dei 1400 m di altitudine, non è da escludere che in un recente futuro questa soglia altimetrica possa essere progressivamente alzata. Ad ogni modo, l'aumento delle temperature consentirà allo scolitide di avere a disposizione una stagione estiva più lunga per completare lo sviluppo e affrontare l'inverno in uno stadio più resistente. Ciò significa la riduzione del periodo di tempo passato come larva o pupa determinando un aumento della sopravvivenza per una minore esposizione ai fattori di mortalità (Bernays, 1997).

Se entro il 2100 le temperature aumenteranno mediamente di circa 5,8°C, come sostenuto nei recenti rapporti IPCC (Houghton *et al.*, 2001), sarà molto facile assistere ad una crescita demografica delle popolazioni di molti parassiti forestali che riusciranno ad espandere in maniera considerevole il loro areale causando seri sconvolgimenti nei delicati equilibri ecosistemici.

RINGRAZIAMENTI

L'autore è riconoscente ai Servizi Forestali di Vicenza e alla Comunità Montana "Spettabile Reggenza dei Sette Comuni" per la gentile collaborazione prestata alla realizzazione del presente lavoro.

BIBLIOGRAFIA

Abbazzi P., Colonnelli E., Masutti L. & Osella G., 1995: Coleoptera Polyphaga (Curculionoidae). In: Checklist delle specie della fauna italiana, fascicolo 61. Calderini Bologna.

Abgrall J.F. & Schvester D., 1987: Observation sur le piégeage de *Ips typographus* L. après Chablis, Revue Forestière Française, XXXIX: 359-377.

Ambrosi P., 1981: Bostrico in tentazione. Terra Trentina, 1: 12-15.

Ambrosi P. & Angheben D., 1986: Osservazioni sul ciclo biologico dell' *Ips typographus* L. nei boschi della Val di Fiemme (TN). Esperienze e Ricerche, 15:191-202.

Ambrosi P., Angheben D. & Salvadori C., 1990: Tecniche di difesa e di controllo delle popolazioni di Scolitidi in boschi di conifere. Monti e Boschi, 3:22-26.

Anderbrant O., 1986: A model for the temperature and density dependent reemergence of the bark beetle *Ips typographus*. Ent. Exp Appl., 40: 81-88.

Anilla E., 1969: Influence of the temperature upon the development and voltinism of *Ips typographus* L. (Coleoptera, Scolytidae). Ann. Zool. Fenn., 6: 161-207.

Austarå Ø., Pettersen H. & Bakke A., 1977a: Bivoltinism in *Ips typographus* L. (Coleoptera, Scolytidae). Ann. Zool. Fenn., 6: 161-207.

Austarå Ø., Pettersen H. & Bakke A., 1977b: Bivoltinism in *Ips typographus* L. in Norway, and winter mortality in second generation. Medd. Nor. Inst. Skogforsk., 33: 269-281.

Ayres M.P. & Lombardero M.J., 2000: Assessing the consequences of global change for forest disturbance from herbivores and pathogens. Sci. Tot. Environm., 262: 263-286.

Bakke A., 1985: Deploying Pheromone-baited traps for Monitoring *Ips typographus* populations. *Z. Ang. Ent.*, 99: 33-39.

Bakke A., Austarå Ø. & Pettersen H., 1977: Seasonal flight activity and attack pattern of *Ips typographus* in Norway under epidemic conditions. *Medd. Nor. Inst. Skogforsk.*, 33: 253-268.

Bakke A., Froyen P. & Skattebol L., 1977: Field response to a new pheromonal compound isolated from *Ips typographus*. *Naturwissenschaften*, 64:98.

Balachowsky A., 1949: Faune de France n°50: Coléoptères Scolytides. Librairie de la Faculté des Sciences. Lechevalier, Paris: 1-320.

Battisti A. & Faccoli M., 2007: Gli insetti forestali nel quadro dei cambiamenti climatici. *Atti Accademia Nazionale Italiana di Entomologia Anno LV*, 2007: 49-51.

Bernays E.A., 1997: Feeding by lepidopteran larvae is dangerous. *Ecol. Entomol.*, 22: 121-123.

Bright D.E., 1967: A review of the genus *Cactopinus*, with descriptions of two new species and a new genus (Coleoptera: Scolytidae). *Can. Ent.*, 99: 917-925.

Browne F.G., 1961: The biology of Malayan Scolytidae and Platypodidae. *Malayan Forest Records*, 22: 1-255.

Chararas C., 1962: Scolytides des Conifères. Lechevalier ed., Paris: 1-556.

Christiansen E. & Bakke A., 1988: The spruce bark beetle of Eurasia. In: *Dynamics of forest Insect Populations. Patterns, Causes, Implications.* ed. BERRYMAN A.A., 479-503. New York: Plenum Press.

Colombari F., 2011: Life-history traits promoting outbreaks of the pine bark beetle *Ips acuminatus* (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) in the south-eastern. *Eur J Forest Res.* in press.

Crozier L. & Dwyer G., 2006: Combining populationdynamic and ecophysiological models to predict climate induced insect range shifts. *Am. Nat.*, 167: 853-866.

Del Favero R., 2004: I boschi delle regioni alpine italiane: tipologia, funzionamento, selvicoltura. Cleup Padova.

Faccoli M., 1999: Bioecologia di coleotteri scolitidi, *Ips typographus* e specie di recente interesse per la selvicoltura italiana, Tesi di dottorato, Università degli studi di Bologna: 118 pp.

Faccoli M., 2002: Winter mortality in sub-corticolous populations of *Ips typographus* (Coleoptera Scolytidae) and its parasitoids in the South-eastern Alps. *J. Pest Science*, 75: 62-68.

Faccoli M., 2009: Effect of Weather on *Ips typographus* (Coleoptera Curculionidae) Phenology, Voltinism and Associated Spruce Mortality in the Southeastern Alps. *Env. Entomol.*, 38: 307-316.

Führer E. & Coeln M., 1999: Spruce bark beetle: a major hazard to forests in Austria. Anew tool for remote monitoring of bark beetle development. *Can. Ent.*, in press.

Gellini R. & Grossoni P., 1996: Botanica forestale. Vol. I – Gimnosperme. CEDAM, Padova: 1-266.

Hickling R., Roy B.R., Hill J.K., Fox R. & Thomas C.T., 2006: The distributions of a wide range of taxonomic groups are expanding polewards. *Glob. Ch. Biol.*, 12: 450-455.

Hill D.S., 1975: Agricultural insects pest of the tropics and their control. Cambridge University Press, Cambridge: 1-516.

Holusa j. & Grodzki W., 2008: Occurrence of *Ips duplicatus* (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) on pines (*Pinus* sp.) in the Czech Republic and southern Poland – Short Communication. *Journal of forest science*, 54, (5): 234–236.

Houghton, J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, D. Xiaosu, K. Maskell & C.A. Johnson, 2001. *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. – Cambridge University Press, Cambridge, 892 pp.

Lindelöw Å. & Weslien J., 1986: Sex-specific emergence of *Ips typographus* L. (Coleoptera: Scolytidae) and flight behaviour in response to pheromone sources following hibernation. *Can. Ent.*, 118: 59-67.

Lozzia G.C., 1993: Outbreaks of *Ips typographus* (L.) (Coleoptera, Scolytidae) in spruce stands of Northern Italy. *Bollettino di Zoologia Agraria e di Bachicoltura*, 25: 173-182.

Masutti L. & Zangheri S., 2001: *Entomologia generale e applicata*. Padova: CEDAM.

Menéndez R., 2007: How are insects responding to global warming?. *Nederlandse Entomologische Vereniging. Tijdschrift voor Entomologie* 150: 355–365, Figs 1–3.

Mills N.J., 1991: Searching strategies and attack rates of parasitoids of the ash bark beetle (*Leperismus varius*) and its relevance to biological control. *Ecol. Ent.*, 16: 461-470.

Novello M. & Dallasega F., 2003: *Piano di Riassetto Forestale (2003-2012) – Beni Silvopastorali del Comune di Gallio*.

Pfeffer A., 1995: Zentral- und westpaläarktische Borken- und Kernkäfer (Coleoptera: Scolytidae, Platypodie). *Pro Entomologica*, ed. Naturhistorisches Museum Basel, 1-310.

Root T.L., Price J.T., Hall K.R., Schneider S.H., Rosenzweig C., Pounds J.A., 2003: Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature*, 421: 57-60.

Stergulc F. & Frigimelica G., 1997: Insetti e funghi dannosi ai boschi in Friuli-Venezia Giulia. Regione Autonoma FVG, Direzione Regionale delle Foreste e dei Parchi – Servizio Selvicoltura: 1-364.

Thalenhorst W., 1958: Grundzüge der Populationsdynamik des grossen Fichtenborkenkäfers *Ips typographus* L. SchrReihe forstl. Fak. Univ. Göttingen, 21: 1-126.

Walther G-R., Post E., Convey P., Menzel A., Parmesan C., Beebee T.J.C., Fromentin J-M., Hoeghuldberg O. & Bairlein F., 2002: Ecological responses to recent climate change. *Nature*, 416: 389-395.

Wermelinger B. & Seifert M., 1999: Temperature-dependent reproduction of the spruce bark beetle *Ips typographus*, and analysis of the potential population in Main. *Envir. Ent.*, 14: 826-833.

Weslien J., Bakke A., Bejer B., Eidmann H.H., Narvwrud K., Nikula A. & Ravn H.P., 1989: Estimating risks for spruce bark beetle *Ips typographus* (L.) damage using pheromone-baited traps and trees. *Scand. J. For. Res.*, 4: 87-99.

Wild M., 1953: Die Entwicklung des grossen Fichtenborkenkäfers *Ips typographus* L. im Hochschwarzwald (1000-1200 m.ü.M.) und ihre Abhängigkeit von Klima 1947-1950. *Ber. Naturf. Ges. Freiburg Br.*, 43: 121-176.

Wood S.L. & Bright D.E. Jr, 1987: A catalog of Scolytidae and Platypodidae (Coleoptera), part I: bibliography. *Great Basin Naturalist Memoirs*, 11. Brigham Young University, Provo, Utah.