



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali

Dipartimento di Agronomia Animali Alimenti Risorse naturali e Ambiente

CORSO DI LAUREA IN TECNOLOGIE FORESTALI E AMBIENTALI

**CONFRONTO DELL'EFFICACIA DI FEROMONI SPERIMENTALI
PER IL MONITORAGGIO DI *IPS ACUMINATUS* (Coleoptera:
Curculionidae, *Scolytinae*) NELLA PROVINCIA DI BELLUNO**

Relatore

Prof. Massimo Faccoli

Correlatore

Dott. Valerio Finozzi

Laureando

Giacomo Gasparini

N° matricola: 1220876

ANNO ACCADEMICO 2021-2022

INDICE

RIASSUNTO.....	4
ABSTRACT.....	5
1. INTRODUZIONE.....	6
1.1 Il pino silvestre (<i>Pinus sylvestris</i> L.)	6
1.2 Gli scolitidi	9
1.3 Gli scolitidi del pino silvestre.....	12
1.4 <i>Ips acuminatus</i> (Gyllenhal, 1827)	13
1.5 Misure di monitoraggio e controllo.....	17
1.6 <i>Thanasimus formicarius</i>	20
1.7 Obiettivi.....	21
2. MATERIALI E METODI.....	22
2.1 L'area di studio.....	22
2.2 Tecnica di monitoraggio <i>Ips acuminatus</i>	23
2.3 Cattura e determinazione degli esemplari.....	24
2.4 Analisi statistica.....	27
3. RISULTATI.....	27
3.1 Catture <i>Ips acuminatus</i> 2021.....	27
3.2 Confronto dell'efficacia di feromoni sperimentali Acuwit.....	28
3.3 Impatto degli attrattivi nei confronti di <i>T. formicarius</i>	30
4. CONCLUSIONE.....	31
5. BIBLIOGRAFIA.....	36
6. RINGRAZIAMENTI.....	39

RIASSUNTO

In diverse aree delle Alpi italiane si è notato, nell'ultimo ventennio, un incremento degli attacchi parassitari con conseguente aumento della mortalità e perdita di volume legnoso. Anche nell'alta provincia di Belluno, in particolare nella regione storico-geografica del Cadore, è stata segnalata la presenza di aggressioni fitofaghe, soprattutto da parte del coleottero della corteccia *Ips acuminatus* (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) all'interno di molti popolamenti di pino silvestre (*Pinus sylvestris*). Il cosiddetto bostrico acuminato sfrutta il deperimento di questa specie arborea causando ingenti danni al patrimonio forestale e conseguentemente anche all'assetto idrogeologico dell'intero territorio, oltre all'impatto sulla funzionalità turistico-ricreativa intrinseca delle foreste. Fondamentale risulta quindi essere la gestione ed il controllo delle popolazioni di questa specie di scolitide attraverso l'utilizzo di trappole a feromoni e tramite l'individuazione dei nuclei di alberi colpiti. Lo sviluppo, quindi, di metodi per il monitoraggio, la previsione ed il governo dei focolai di questo coleottero, è una tematica di estrema importanza che, nel seguente lavoro, si intende approfondire. Nello specifico lo studio vuole valutare e confrontare l'efficacia di cattura di quattro diverse tipologie di feromoni sperimentali (Acuwit I, Acuwit II, Acuwit III e Acuwit Standard) con l'obiettivo di migliorare le tecniche di monitoraggio, agevolando, così, il contrasto di *Ips acuminatus*. Dall'analisi dei dati raccolti si è rilevato non solo come l'attrattivo Acuwit I incida nel modo minore la popolazione di *Thanasimus formicarius*, nemico naturale del bostrico acuminato, ma sia anche quello con una maggior efficacia di cattura nei confronti dello scolitide.

ABSTRACT

COMPARISON OF TRAPPING PERFORMANCES OF EXPERIMENTAL PHEROMONE BLENDS FOR THE MONITORING OF *IPS ACUMINATUS* IN NE ITALY.

In the last years, the eastern area of Italian Alps has been interested by an increasingly high number of attacks of the bark beetle *Ips acuminatus* Gyllenhal. This organism affects Scots pine stands causing a rapid death of the plants and producing significant damage to the forest heritage. Therefore, the management and control of the populations of this specie, using pheromone traps and by identifying the nuclei of affected trees, is of high relevance. The development of methods for monitoring, forecasting, and managing the outbreaks of this beetle is an extremely important topic which, in the following study, we intend to deepen. Specifically, the main goal of this thesis is to evaluate and compare the trapping performances of four different types of experimental pheromones produced by the Austrian company Witasek, with the aim of improving monitoring techniques, thus facilitating the contrast of *Ips acuminatus*. The collected data showed that Acuwit I is the most effective pheromone in the capture of *Ips acuminatus* and the one with the least impact on the population of *Thanasimus formicarius*, a useful species as a predator of the bark beetle.

1. INTRODUZIONE

1.1 IL PINO SILVESTRE (*PINUS SYLVESTRIS* L.)

Il pino silvestre (*Pinus sylvestris*) è un albero sempreverde appartenente alla famiglia delle Pinaceae. Si tratta di una specie di primaria importanza in ambito forestale e selvicolturale in quanto considerata tra le principali specie pioniere. Sono, infatti, piante facilmente adattabili a diverse condizioni climatiche e litologiche, in grado di sopravvivere senza eccessive pretese in termini di disponibilità di risorse. È considerata una specie microterma, xerofila e spiccatamente eliofila. Queste caratteristiche hanno reso il pino silvestre la specie del genere *Pinus* più diffusa in Europa: l'areale di distribuzione spazia dall'Asia nord-orientale all'Europa sud-occidentale con un'estensione superiore ai 10.000 Km. In territorio italiano è presente uniformemente sulle Alpi, Prealpi e in buona parte degli Appennini centro-settentrionali. Si sviluppa, generalmente, tra i 500 e 1400 metri, con sporadiche apparizioni ad altitudini maggiori. In ambiente montano forma sia boschi misti, solitamente con abete rosso e abete bianco, sia popolamenti puri, soprattutto là dove la pendenza è elevata e i versanti sono esposti a sud.

È una specie dioica, porta cioè gli organi riproduttivi maschili e quelli femminili su piante distinte. Vi sono, quindi, individui maschi caratterizzati dalla presenza di microsporofilli a forma di coni penduli e gialli, ed esemplari femmina con coni rossastri e globosi, chiamati macrosporofilli. Quest'ultimi divengono, poi, strobili ovali, inizialmente verdi e, successivamente, raggiunta la maturità, marroni. I microsporofilli e macrosporofilli sono portati dalle piante nella chioma, la quale appare piramidale negli individui giovani e contraddistinta da una forma espansa caratteristica negli esemplari adulti. Le foglie sono sempreverdi, aghiformi, color verde glauco e, nella maggior parte dei casi, raggruppate in coppie. Il portamento di tale conifera risulta slanciato e le piante possono raggiungere un'altezza pari a 40 metri se le condizioni stazionali sono favorevoli. L'apparato radicale è

robusto, con lo sviluppo, dove le condizioni del suolo lo permettono, di un profondo fittone che conferisce una buona stabilità alla pianta.



Figura 1.1: Pino silvestre: apparato fogliare ed organi riproduttivi

(Immagine digitale - Agraria.org)

Spesso l'insediamento della rinnovazione è favorito da eventi di disturbo, come il passaggio del fuoco o il rotolamento di massi, permettendo la formazione di pinete pure e monoplane. La capacità di tale specie di colonizzare aree poco fertili con caratteristiche che inibiscono lo sviluppo di altre piante arboree, rende i popolamenti di pino silvestre fondamentali nell'espletamento di tutte quelle funzioni esercitate naturalmente dalla foresta. Molte pinete, infatti, svolgono un ruolo fondamentale nella protezione diretta, fungendo da barriera fisica nei confronti del materiale in caduta, e indiretta, attraverso la

regimentazione delle acque e il consolidamento dei versanti, del territorio e di manufatti artificiali.

I popolamenti alpini di *Pinus sylvestris* fanno parte delle formazioni forestali della regione eso-mesalpica, una variante fredda della sub regione esalpica centro-orientale. Tali aree sono accomunate da substrati geologici calcarei e dolomitici, e da un brusco abbassamento della temperatura che, a sua volta, causa un'improvvisa variazione della componente vegetazionale. Ciò avviene, principalmente, nella fascia montana dove la disponibilità idrica è carente e si ha, perciò, la predominanza del pino silvestre.

Le pinete di questa specie delle Alpi Italiane hanno subito, negli ultimi anni, fenomeni accrescenti di deperimento e mortalità. Già a partire dagli anni '80 del secolo scorso comparvero i primi segnali di declino della vitalità del pino silvestre che vennero, al tempo, attribuiti agli elevati livelli di inquinamento atmosferico. Recenti studi e analisi sullo stato di salute delle pinete alpine hanno rilevato una recessione della specie in esame nelle foreste di media e bassa quota. I principali sintomi del deperimento appaiono essere l'ingiallimento improvviso della chioma, con annesso disseccamento dei rami e della parte terminale del fusto, e la perdita precoce degli aghi più vecchi. Le cause di tale debilitazione, che nei casi più gravi può causare la morte delle piante, sembrerebbero legate all'azione congiunta di numerosi fattori: le variazioni climatiche e gli allegati periodi di siccità prolungata, il sempre minor interesse nella gestione selvicolturale delle pinete montane che causa l'abbandono del territorio e favorisce l'instaurazione di latifoglie xerofile, e le infestazioni crescenti di entità parassite del pino silvestre, tra le quali gli scolitidi.

1.2 GLI SCOLITIDI

Gli scolitidi (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) sono tra gli insetti più importanti all'interno della dinamica forestale in quanto capaci di provocare danni ingenti alla componente arborea, con gravi conseguenze economiche ed ecologiche.

Si tratta di coleotteri fitofagi dalle piccole dimensioni e forma cilindrica in grado di sfruttare le più svariate fonti di energia di origine vegetale. Molti di essi, soprattutto nelle zone a clima temperato, utilizzano come sede riproduttiva e come fonte di nutrimento il floema delle piante e sono, per questo motivo, definiti fleofagi. Altri scolitidi appaiono invece xilomicetofagi e si nutrono, quindi, per lo più, a spese di funghi con cui sono in simbiosi e che vengono "coltivati" dagli adulti all'interno delle gallerie di riproduzione scavate nello xilema. In entrambe i casi la creazione di gallerie sottocorticali o interne al legno causa un'interruzione del flusso floematico con conseguenziale deperimento della pianta attaccata.

Le specie appartenenti a questa famiglia sono caratterizzate dalla presenza di un piccolo rostro sul capo, antenne scavate nella parte posteriore, zampe brevi ed elitre, spesso, con rilievi di particolare morfologia. Le possenti mandibole permettono lo scavo del tessuto legnoso: gli scolitidi sono, infatti, degli ottimi scavatori e, per riprodursi, realizzano un complicato sistema di gallerie sottocorticali nelle quali le femmine predispongono lo sviluppo della prole. All'ingresso delle gallerie materne sono presenti delle camere riservate all'accoppiamento e fecondazione chiamate vestiboli; ai lati delle gallerie le femmine scavano piccole nicchie ovigere all'interno delle quali avviene la deposizione delle uova. A partire da esse hanno inizio le gallerie larvali o di sviluppo. Una volta che le uova si schiudono, le larve apodi permangono sull'albero, nutrendosi dei tessuti viventi sotto la corteccia. Alla fine dello stadio larvale, vengono costruite delle specifiche celle pupali finalizzate allo svernamento delle pupe. Quando queste raggiungono, infine, la maturità, sfarfallano dando vita ad una nuova generazione. In funzione delle condizioni

climatico-ambientali il numero delle generazioni annue può variare; nelle zone alpine orientali generalmente si assiste ad una doppia ovideposizione ogni anno. Lo sviluppo e la conformazione delle gallerie di proliferazione, così come la specie arborea presa di mira, possono consentire l'identificazione dell'insetto responsabile dell'attacco.



Figura 1.2.1: Sistema di gallerie di Ips typographus con pupa, larva e adulto

(Robert Dzwonkowski, Bugwood.org)

Quest'ultimo è spesso indirizzato nei confronti di alberi già indeboliti da coleotteri conspecifici o appartenenti ad altre specie, malattie o sovraffollamento. Gli alberi più sani, infatti, possono produrre linfa, resina o lattice, che spesso contiene una serie di composti insetticidi e fungicidi che possono uccidere, ferire o immobilizzare gli insetti attaccanti. Se l'infestazione è di elevata intensità, tuttavia, gli scolitidi possono sopraffare le difese anche degli alberi più sani causando importanti impatti economici sulla qualità tecnologica del materiale legnoso e, quindi, sull'industria del legname. Appare, perciò, fondamentale la

prevenzione nei confronti di queste aggressioni attraverso il mantenimento di condizioni ottimali del bosco con l'asportazione degli individui più deboli e vulnerabili che potrebbero fungere da innesco per un eventuale attacco. I membri della famiglia in esame, difatti, sono in grado di captare con velocità i substrati ideali in funzione delle sostanze aromatiche emesse dalle diverse specie vegetali arboree. Ciò è dovuto al fatto che le piante più deperite secretano dei richiami odorosi diversi rispetto alle piante sane e vigorose. Quando, poi, i primi individui attaccano ed occupano il substrato prescelto, producono ferormoni di aggregazione che attraggono la rimanente parte di popolazione. L'utilizzo di questi feromoni è spesso impiegato nelle attività di cattura e monitoraggio di molte specie di scolitidi: la tecnica, per esempio, dell'albero-esca consiste nell'impregnare una pianta abbattuta con i feromoni di aggregazione per attrarre gli esemplari presenti che vengono poi eliminati da appositi insetticidi o rimuovendo il log prima dello sfarfallamento della nuova generazione. Un'altra metodologia utile all'alleggerimento dell'infestazione, e al monitoraggio delle popolazioni, è l'uso di trappole attrattive che utilizzano i medesimi feromoni visti in precedenza per una cattura massale degli individui.

A livello mondiale sono oltre 7500 le specie appartenenti a questa famiglia di coleotteri, raccolte in 300 generi, i più diffusi dei quali, in Europa, sono il genere *Tomicus*, *Xyleborus*, *Scolytus*, e *Ips*.

1.3 GLI SCOLITIDI DEL PINO SILVESTRE

Negli ultimi anni, in molti ambienti alpini d'Italia e d'Europa, si è registrato un progressivo incremento di infestazioni a frequenza ed intensità crescenti da parte dei coleotteri scolitidi nei confronti delle popolazioni di pino silvestre. Le condizioni climatiche ogni giorno sempre più avverse, legate all'innalzamento della temperatura media mondiale, causano, infatti, scompensi nei soprassuoli forestali rendendo tali popolamenti maggiormente sensibili e vulnerabili nei confronti di attacchi parassitari da parte di organismi fitofagi.

Alcuni scolitidi risultano potenzialmente molto dannosi alle foreste, in quanto capaci di improvvise pullulazioni che possono causare la morte di piante appena indebolite con conseguenti impatti nell'economia ed ecologia forestale. La distruzione, infatti, del soprassuolo, fa sì che la moltitudine di benefici e servizi che il bosco intrinsecamente fornisce al pianeta e all'uomo (servizi di regolazione, mantenimento, approvvigionamento, servizi socioculturali ecc...) vengano a meno. Per prevenire tali epiloghi risultano necessarie misure precauzionali come i tagli fitosanitari e l'esbosco immediato del materiale più suscettibile.

In particolare, sono i generi *Tomicus* e *Ips* i principali scolitidi corticicoli associati al *Pinus sylvestris*. *Tomicus minor* e *Tomicus piniperda* colonizzano prevalentemente pini deperenti in piedi o tronchi caduti non ancora seccati totalmente. Il primo predilige le zone superiori del fusto per la riproduzione, il secondo, invece, preferisce le porzioni inferiori a corteccia più spessa. Per quanto concerne il genere *Ips* di particolare importanza e attenzione è *Ips sexdentatus*: uno scolitide di dimensioni medio-grandi (4 - 5,5 mm) che scava una fitta rete di gallerie sotto la corteccia della parte bassa del tronco negli individui maggiormente soleggiati o abbattuti di recente. Altra specie di rilievo, ai fini di tale progetto, è *Ips acuminatus*.



Figura 1.3.1: Danno da Ips acuminatus su popolamento di Pinus sylvestris

(François Lieutier, University of Orléans, Bugwood.org)

1.4 IPS ACUMINATUS (GYLLENHAL, 1827)

Ips acuminatus (Gyllenhal), comunemente noto come bostrico acuminato, è uno scoltide corticicolo di fondamentale importanza per quanto riguarda il pino silvestre.

Il corpo degli individui maturi ha forma cilindrica e colorazione variabile tra il rossiccio-marrone e il marrone scuro. Si tratta della specie appartenente al genere *Ips* più piccola in Europa, misura infatti dai 2,2 ai 3,5 mm e le femmine sono generalmente di dimensioni maggiori rispetto ai maschi. Il torace presenta zampe rosso-giallastre e pronoto allungato e più scuro rispetto alle elitre. Quest'ultime sono lucenti e presentano, sulla superficie anteriore, strie scure a punteggiatura grossa e interstrie lisce a punti spazati. Sulla declività elitrale vi sono tre denti per lato la cui morfologia permette una facile distinzione

tra i sessi. Negli individui maschili il dente inferiore è bicuspidato, mentre nelle femmine tutti i denti sono a punta singola.



Figura 1.4.1: Adulto femmina di *Ips acuminatus* Gyll.
(Pest and Diseases Image Library, Bugwood.org)

Il bostrico acuminato è una specie paleartica diffusa sulla totalità della fascia euroasiatica: esso può essere rinvenuto dalle pinete giapponesi fino a quelle mediterranee anche se predilige i popolamenti dell'Europa orientale e della Siberia. La specie prevalentemente attaccata è il pino silvestre, soprattutto gli esemplari adulti con corteccia fine, ma, raramente, possono essere interessate anche altre piante quali *Picea abies*, *Abies nordmanniana*, *Larix decidua*, *Pinus nigra*, *Pinus strobus*, *Pinus uncinata* e, in Cina, il *Pinus armandii*. Questo scolitide trova condizioni ottimali di sviluppo tanto in popolamenti radi quanto nelle tagliate ed in aree percorse da incendio. Si tratta di una specie poligama e monovoltina, anche se, in specifiche condizioni climatiche favorevoli, può presentare una seconda generazione. Tale coleottero, infatti, sciama abitualmente tra aprile e maggio ma, in alcuni ambienti particolarmente ottimali, può esservi un secondo picco di volo

(sciamatura estiva) tra giugno e agosto. *Ips acuminatus* colonizza la parte medio-alta del fusto, dove la corteccia è più sottile, e pressoché tutte le branche principali dell'individuo attaccato. La pianta, generalmente matura e debilitata, viene inizialmente colpita dai maschi i quali scavano nel legno la cosiddetta "camera nuziale" o "vestibolo" dove, dopo aver attirato dalle 2 alle 7 femmine attraverso una miscela di ormoni di aggregazione, avviene l'accoppiamento. Dopodiché ogni individuo femmina inizia a scavare nell'alburno delle gallerie (gallerie materne) con andamento longitudinale alle fibre del legno. Tali gallerie, che possono raggiungere gli 11 cm di lunghezza, e lungo le quali vengono create le nicchie ovigere destinate alla deposizione, vanno a costituire un caratteristico sistema a forma di stella. Per evitare che la presenza di rosura generata dallo scavo crei un ambiente asfittico vengono, inoltre, effettuati dei fori di aereazione. Ogni femmina è in grado di deporre dalle 35 alle 58 uova e, in ogni nicchia ovigera, viene deposto un singolo uovo. Le larve neonate, apodi, bianche e col capo brunastro, iniziano a nutrirsi del floema scavando, perpendicolarmente alla galleria materna, brevi "gallerie larvali" al termine delle quali viene aperta una cella in cui, la larva stessa, si impupa. La fase pupale dura 10-15 giorni e dà origine agli adulti immaturi, facilmente riconoscibili per la colorazione chiara delle elitre. I neo-adulti sfarfallati permangono ulteriormente all'interno del tronco per un periodo durante il quale si sviluppano e raggiungono la maturità sessuale scavando gallerie di nutrizione ad andamento irregolare. Entro la fine di giugno viene completato il processo di sviluppo sessuale e raggiunta la colorazione definitiva degli adulti. La generazione estiva, ovvero la seconda, produrrà individui che supereranno l'inverno sottocorteccia allo stadio adulto all'interno di gallerie di svernamento.



Figura 1.4.2: Sistema di gallerie "a stella" tipico di Ips acuminatus Gyll.

(Stanislaw Kinelski, Bugwood.org)

Le piante attaccate, nell'immediato, non mostrano sintomi evidenti: l'unica caratteristica anomala visibile è la presenza di fori sul tronco dai quali fuoriesce una rosura a bianco-brunastra. Col passare del tempo, tuttavia, si nota un progressivo disseccamento e arrossamento, inizialmente, dei getti terminali e, poi, via via, di tutta la chioma. Le gallerie scavate da *Ips acuminatus*, infatti, intaccano il sistema di trasporto della linfa degli alberi colonizzati, causandone un rapido decesso. Oltre a ciò, il materiale legnoso attaccato subisce un danno meccanico causato dalla presenza di funghi simbiotici del genere *Ophiostoma*, agenti di azzurramento, di cui *Ips acuminatus*, essendo una specie fleomicetofaga, è vettore. In particolare, *Ophiostoma brunneo-ciliatum* e *Ophiostoma ips* sono funghi patogeni che inibiscono le difese della pianta rendendola maggiormente vulnerabile agli attacchi dello scoltide. L'azione combinata del bostrico e dei funghi causa un'importante svalutazione economica del legno poiché, quest'ultimo, assume una

colorazione anomala che intacca il valore estetico del materiale. A partire da pochi alberi l'infestazione può, poi, diffondersi, causando la morte di gruppi di pini o, addirittura, di interi popolamenti. Solamente dall'inizio degli anni Settanta, tuttavia, *I. acuminatus* ha subito un aumento d'interesse selvicolturale; a partire da quel periodo, infatti, nelle pinete di vari stati europei come Francia, Spagna e Svizzera, si sono verificate gravi pullulazioni del bostrico acuminato. Ciò è avvenuto anche in Italia dove sono stati documentati attacchi di una certa entità in Friuli-Venezia Giulia (Stergulc e Frigmelica 1996), in Valtellina (Lozzia e Rigamonti 2002), in Trentino e in Alto Adige a partire dal 1995 (Salvadori e Ambrosi 1997), e in Calabria dai primi anni 2000 a carico del pino loricato (Frisullo et al., 2003; Tranfaglia et al., 2004). Dal 2005, inoltre, anche numerose pinete della provincia di Belluno, e in particolare del Cadore, hanno manifestato ingenti danni al soprassuolo. Sono state molteplici, infatti, le pullulazioni di *Ips acuminatus* documentate in vari comuni bellunesi come San Vito, Vodo, Borca e Cortina che, a fronte dell'incremento in dimensioni e numero, hanno reso necessario un'analisi più approfondita delle dinamiche di popolazione di tale scoltide.

1.5 MISURE DI MONITORAGGIO E CONTROLLO

Lo studio riguardante le dinamiche riproduttive e di popolazione della specie risulta essere di fondamentale importanza nelle previsioni relative alla sua evoluzione e nel fornire suggerimenti per predisporre efficaci piani di contenimento. La difesa nei confronti degli attacchi di *I. acuminatus* si basa su differenti tecniche e strategie quali l'utilizzo di trappole a cattura massale o piante-esca associate a feromoni di aggregazione, l'impiego di antagonisti naturali e il taglio fitosanitario. Quest'ultima metodologia, che è la più frequente e diffusa, prevede l'asportazione del materiale che diventerebbe fonte d'inoculo, come piante oggetto di schianti, piante deperienti o materiale tagliato di fresco e non

scortecciato. Oltre a ciò, il taglio fitosanitario deve eliminare gli individui colonizzati dall'insetto, tagliando prima che gli adulti sfarfallino, prevenendo, così, una diffusione dell'infestazione. È importante che la rimozione del materiale interessi le ramaglie e la sezione apicale del tronco in quanto, come descritto precedentemente, il bostrico acuminato predilige le zone a corteccia più sottile. Nell'autunno del 2007, nella provincia di Belluno, si è intervenuti con un taglio fitosanitario mirato all'abbattimento e rimozione di tutte le piante colpite da *Ips acuminatus* nel corso dei due anni precedenti. Tale attività ha previsto l'esbosco con elicottero, ed eliminazione per cippatura, di oltre 4500 piante distribuite in 47 nuclei di infestazione. Il taglio, che ha interessato anche alcune piante sane presenti all'interno o lungo i margini dei nuclei di infestazione, si è dimostrato estremamente positivo in quanto ha ridotto di quasi l'80% il danno registrato nell'anno successivo, e ha avviato alla conclusione una pullulazione che durava da almeno 3 anni.

L'abbandono delle aree montane degli ultimi decenni ha causato una diminuzione delle attività di pulizia forestale, favorendo l'insediamento di molte entità parassitarie. Il mantenimento di una buona condizione fitosanitaria delle pinete, infatti, risulta essere un'efficace tecnica preventiva nei confronti delle infestazioni del bostrico acuminato. La sua diffusione è, inoltre, agevolata dal mancato rispetto delle esigenze ecologiche e pedoclimatiche del pino silvestre; è necessario evitare, quindi, l'impianto di popolamenti in aree poco adatte.

Numerosi sono gli antagonisti naturali nei confronti di *Ips acuminatus*, ma il contributo di tali specie risulta essere poco efficace in caso di gravi pullulazioni. Tra i predatori si ricordano il coleottero Cleride *Thanasimus formicarius* L., il coleottero Rizofagide *Rhizophagus depressus* (F.) e i ditteri Dolicopodidi del genere *Medetera*. Tra i parassitoidi ci sono gli imenotteri *Rhopalicus tutela* (Walker) e *Rhopalicus brevicornis* Thomson. Sono presenti, inoltre, alcuni nematodi come *Contortylenchus acuminati* Rühm., *Parasitorhabditis acuminati* (Fuchs) e *Parasitaphelencus* sp.

Si sono documentati esiti favorevole anche nell'utilizzo degli alberi-esca: piante disposte in zone colpite da *Ips acuminatus*, posizionate in primavera ed asportate a giugno prima della

sciarmatura degli adulti. In alternativa le piante-esca possono essere trattate con piretroidi o altri principi attivi a lunga persistenza ottenendo l'immediata eliminazione degli insetti colonizzanti.

L'utilizzo di trappole a feromoni per la cattura di entità patogene è una tecnica biotecnologica ad elevata efficienza utile per la cattura massale della specie target. Esse utilizzano feromoni di varie tipologie per attirare gli insetti all'interno di una barriera fisica che impedisce, agli organismi intrappolati, l'uscita. Gli attrattivi sono costituiti da sostanze odorose caratteristiche di alcuni insetti e sono progettati per attirare membri della stessa specie. Possono essere impiegati sia feromoni sessuali, che vengono rilasciati dalle femmine e attraggono solo i maschi, sia feromoni di aggregazione: sostanze chimiche che inducono gli individui di una medesima specie ad affluire e a concentrarsi nei pressi della sorgente di emissione del feromone. Nei coleotteri scolitidi i feromoni di aggregazione svolgono un ruolo di fondamentale importanza. Infatti, con l'arrivo contemporaneo di migliaia di individui presso lo stesso albero, aumenta la possibilità di sopraffare i meccanismi di difesa della pianta e la probabilità di accoppiamento di membri di sesso opposto. Negli anni scorsi, al fine di controllo e lotta nei confronti del bostrico acuminato nella provincia di Belluno, si è impiegato il feromone denominato Acuwit® Standard di Witasek. Si tratta di un prodotto da tempo in commercio e dalle discrete prestazioni composto da (S)-Ipsdienolo + cis-verbenolo. Quest'ultimo è un prodotto naturale ricavabile da varie specie erbacee e facente parte di un gruppo di alcoli monoterpici biciclici stereoisomerici spesso utilizzati come componenti attivi dei feromoni degli insetti. L'ipsdienolo, invece, è un alcol terpenico prodotto dai maschi degli scolitidi del genere *Ips*. Lo sfruttamento di quest'ultime tecniche garantisce non solo un abbassamento del numero degli scolitidi, ma fornisce un notevole aiuto nel monitoraggio del ciclo biologico della specie di interesse.

1.6 THANASIMUS FORMICARIUS

Thanasimus formicarius è un insetto appartenente all'ordine dei coleotteri e alla famiglia Cleridae. Si tratta di uno dei principali, nonché più diffusi, predatori di molti scolitidi della corteccia, tra cui anche *Ips acuminatus*. Le forti mandibole di cui è costituito, infatti, gli permettono di rompere il duro corpo di molti scarabeidi di cui si nutre. La livrea che lo contraddistingue è inconfondibile: il capo è nerastro mentre l'addome e la parte superiore delle rigide elitre sono bruno-rossastro. Quest'ultime, verso la parte anteriore, sono rosse e scendendo verso quella posteriore diventano nere con disegni bianchi. Le antenne possono essere dentellate o terminare con una forma clavata piuttosto evidente. Grazie ai suoi colori particolari e alla forma del suo corpo, il Cleride formicario può facilmente mimetizzarsi, così da essere invisibile a prede e predatori.



Figura 1.6.1: Adulto di Thanasimus formicarius

(Scott Bauer, USDA Agricultural Research Service, Bugwood.org)

Le femmine adulte depongono le uova sotto la corteccia prevalentemente di conifere deperienti o, in alcuni casi, morte. La deposizione avviene tra aprile e giugno e le uova vengono posizionate in prossimità delle gallerie materne degli scolitidi. Le larve, dal colore rosso acceso e dal lento sviluppo, si nutrono, così come gli adulti, di uova, larve, pupe e immaturi di coleotteri della corteccia. Il cleride formicario è estremamente vorace, arriva a ingerire anche tre scolitidi al giorno e, quando inizia ad alimentarsi con una determinata preda, continua fin quando non ha terminato l'intero pasto.

All'interno dei raccoglitori esaminati in sede di progetto, oltre agli esemplari di *Ips acuminatus*, sono molti gli individui di *Thanasimus formicarius* che sono stati rinvenuti. Ciò è dovuto alla forte attrazione di tale specie a particolari componenti dei feromoni di aggregazione prodotti dal genere *Ips*, in particolare ipsdienolo e ipsenolo.

1.7 OBIETTIVI

Come descritto in precedenza, negli ultimi anni, diverse pinete collocate all'interno di alcuni comuni della provincia di Belluno sono state colpite da intense pullulazioni del coleottero scolitide *Ips acuminatus*. In particolare, le zone di Borca di Cadore, Vodo di Cadore, San Vito di Cadore e Cortina d'Ampezzo, hanno documentato importanti aggressioni parassitarie, tali da divenire oggetto di studi relativi le dinamiche di popolazione, allo scopo di predisporre delle adeguate strategie di contenimento. Le finalità associate al presente lavoro di tesi sono:

- 1) L'analisi dell'efficacia di cattura di quattro tipologie di feromoni austriaci (Acuwit I, Acuwit II, Acuwit III, Acuwit S.) nei confronti di *I. acuminatus*
- 2) Lo studio dell'impatto delle trappole a feromoni sul coleottero cleride *Thanasimus formicarius*.

2. MATERIALI E METODI

2.1 L'AREA DI STUDIO

L'area oggetto di analisi è localizzata nella Valle del Boite nei comuni di Borca di Cadore, Vodo di Cadore, San Vito di Cadore e Cortina d'Ampezzo. Lo studio ha riguardato pinete di *Pinus sylvestris* situate a quote comprese tra i 920 m s.l.m. e i 3264 m s.l.m. della cima del Monte Antelao. Il territorio di riferimento presenta una pendenza media del 35% ed è orientato in direzione NO-SE, così che la maggioranza delle pinete è esposta a SO. Esso è, quindi, caratterizzato da un'elevata radiazione incidente e da una presenza consistente di ghiaioni calcarei e dolomitici che comportano una forte aridità stagionale. Proprio in questi versanti, popolati da pinete prive di interesse economico e produttivo ma fondamentali per la loro funzione paesaggistica e protettiva, sono stati segnalati numerosi attacchi da parte di *Ips acuminatus*. I popolamenti vegetali presenti sono influenzati dai dati termometrici, che mostrano una temperatura media annuale di circa 8 °C, e dal regime pluviometrico che appare, invece, scarso e discontinuo. La valle non presenta corsi d'acqua perenni e le precipitazioni si attestano attorno ai 1150 mm annui. Quest'ultime hanno carattere equinoziale, con due massimi alternativamente principale e secondario in maggio ed in ottobre, e un minimo invernale. L'evoluzione vegetativa delle pinete risulta essere, quindi, difficoltosa, a causa degli inaridimenti temporanei del clima e del suolo. Tali caratteristiche rendono irregolare la rinnovazione e si ripercuotono sullo stato sanitario delle pinete stesse. In funzione dei fattori climatico-ambientali e pedologici è possibile riconoscere formazioni forestali tra loro differenti: pinete mesalpiche tipiche, pinete primitive di falda detritica, presenti sui corpi franosi derivanti dal disfacimento di substrati silicatici e carbonatici, e pinete primitive di rupe, sviluppate in luoghi

difficilmente raggiungibili, come pareti o terrazzamenti di roccia. Laddove la morfologia del suolo diviene più dolce, si crescono pinete mesalpiche miste con abete rosso, nelle quali, comunque, il pino silvestre appare dominante. Nelle zone in cui la copertura erbacea è elevata, la rinnovazione del *Pinus sylvestris*, che è una specie eliofila, risulta scarsa. Ciò, avviene spesso, in quanto l'area di insidenza della componente arborea di una pineta è, generalmente, ridotta, permettendo l'insediamento di un sottobosco fitto e acidofilo. La rinnovazione è, invece, migliore nelle aree di margine, dove la disponibilità idrica è maggiore e il suolo è più smosso.

2.2 TECNICA DI MONITORAGGIO *IPS ACUMINATUS*

Il monitoraggio delle popolazioni di *I. acuminatus* nel Cadore, iniziato già a partire dal 2006, viene effettuato attraverso l'impiego di trappole a imbuto sovrapposti (funnel-trap), nere. Si tratta di dispositivi a semplice assemblaggio e pulizia composte da sei imbuto in PVC disposti uno sopra all'altro sovrastati superiormente da un coperchio protettivo, mentre la parte inferiore è collegata direttamente ad un recipiente cilindrico per la raccolta degli insetti catturati. Esse sono ancorate al suolo per mezzo di appositi supporti che permettono un corretto funzionamento anche in condizioni atmosferiche avverse, e attivate mediante feromoni di aggregazione specifici per il bostrico acuminato.



Figura 2.2.1: Trappola Boregaard tra due trappole ad imbuto

(Stanislaw Kinelski, Bugwood.org)

2.3 CATTURA E DETERMINAZIONE DEGLI ESEMPLARI

Nel corso dell'estate 2021 un totale di 20 trappole è stato distribuito tra 5 comuni della provincia di Belluno dove, negli anni precedenti, si erano documentati dei focolai dello scolitide in esame. Più precisamente 10 funnel-trap sono state disposte nel paese di San Vito di Cadore, 2 a Pieve di Cadore, 4 trappole nel comune di Borca di Cadore, 3 a Vodo di Cadore e una a Cortina d'Ampezzo (tabella 2.3.1). Tali dispositivi sono stati, poi, innescati con quattro diverse tipologie di attrattivi sperimentali forniti dalla ditta austriaca Witasek. In particolare, 3 gruppi di 5 trappole sono state attivate con i feromoni sperimentali denominati Acuwit I, Acuwit II, e Acuwit III. Un quarto gruppo di 5 trappole è stato infine attivato col prodotto commerciale Acuwit Standard (Figura 2.3.1). Ogni attrattivo è caratterizzato da una specifica composizione chimica, costituita da una miscela tra Ipsenol Racemic, (-)-Ipsenol, (+)-Ipsenol, Ipsdienol Racemic, (+)-Ipsdienol e (S)-cis-Verbenol in diverse concentrazioni (Tabella 2.3.1).

Tabella 2.3.1: Composizione chimica degli attrattivi testati.

COMPOSTI	FEROMONI TESTATI			
	ACUWIT I	ACUWIT II	ACUWIT III	ACUWIT STANDARD
Ipsenol Racemic	3%			3%
(-)-Ipsenol		3%		
(+)-Ipsenol			3%	
Ipsdienol Racemic		3%	3%	3%
(+)-Ipsdienol	3%			
(S)-cis-Verbenol	3%	3%	3%	

Trappole e relativi attrattivi sono stati distribuiti omogeneamente nel territorio in modo tale da rendere i risultati finali indipendenti dalla località di cattura e dalla quota.

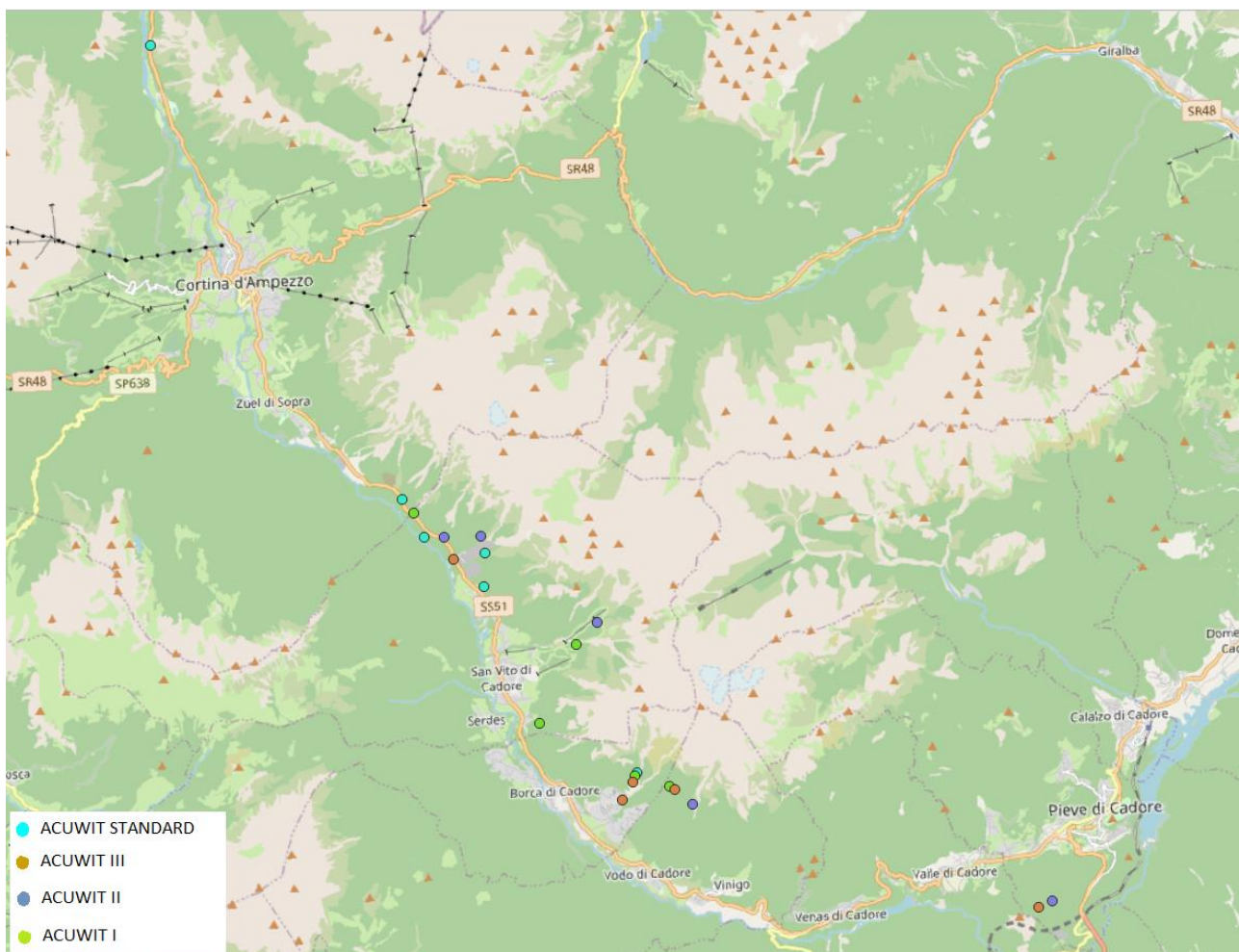


Figura 2.3.1: Distribuzione trappole ed attrattivi nel territorio del Cadore

A partire dal 23/07/2021 fino al 07/10/2021 ogni 15 giorni le trappole sono state controllate svuotando i raccoglitori all'interno di flaconi su cui è stata, poi, riportata la data e un codice identificativo. Le operazioni di montaggio e ispezione delle trappole sono state effettuate in collaborazione con gli operatori del Servizio Fitosanitario Regionale della Regione Veneto. I contenitori sono stati, infine, riempiti con alcol etilico, in modo tale da facilitare la conservazione degli insetti in loro contenuti, e spediti al laboratorio di Entomologia Agraria del Dipartimento DAFNAE dell'Università di Padova. Mediante l'utilizzo di uno stereoscopio si è, successivamente, proceduto all'identificazione degli esemplari di *Ips acuminatus*. Tale operazione è stata facilitata dall'impiego di una chiave dicotomica che ha agevolato il riconoscimento della specie di riferimento dagli altri scolitidi accidentalmente catturati. Durante questa fase si sono, inoltre, conteggiati gli individui del coleottero Cleride *Thanasimus formicarius*. Tutti gli insetti d'interesse sono stati conservati in alcol a 70° in modo tale da poterli, eventualmente, rianalizzare.

Tabella 2.3.2: Numero di trappole ripartite tra comuni e attrattivi

Comune	Numero trappole per feromone Acuwit				Totale
	Standard	I	II	III	
San Vito	3	3	3	1	10
Borca	1	1	0	2	4
Vodo	0	1	1	1	3
Cortina	1	0	0	0	1
Pieve	0	0	1	1	2
				Totale	20

2.4 ANALISI STATISTICA

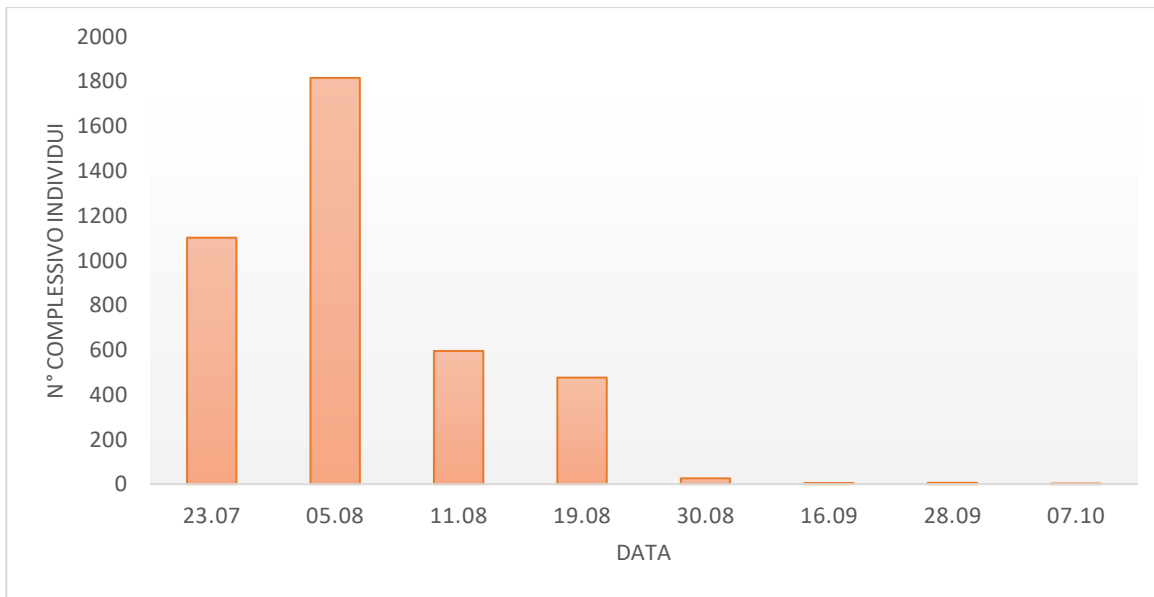
Per verificare la significatività delle differenze tra i dati raccolti si è proceduto con un'analisi statistica, durante la quale le medie di ogni variabile sono state sottoposte a un'ANOVA a una via. Attraverso l'analisi della varianza è possibile verificare la presenza di diversità significativa tra i valori in esame ma non quali medie sono diverse dal resto. Si è reso, quindi, necessario un test statistico a confronto multiplo: il test di Tukey-Kramer (HSD). Quest'ultimo ha permesso il confronto tra le singole coppie di medie di cattura per ogni attrattivo. Per tutti i test si è fissata una significatività pari a $p < 0,05$.

3. RISULTATI

3.1 CATTURE *IPS ACUMINATUS* 2021

Complessivamente si sono catturati 4025 esemplari di *Ips acuminatus*, con una media per trappola di 201,25. È stato il mese di agosto quello che ha registrato il numero di catture più elevato con 2912 individui, cioè il 72,35% del totale delle catture. Il picco principale di volo è avvenuto il 05.08.2021 dove il numero di *Ips acuminatus* conteggiato è stato pari a 1815 (Fig. 3.1.1). Si noti come, a partire dall'inizio di agosto, la curva di distribuzione mostri una netta contrazione con un progressivo declino delle catture fino a ottobre.

Figura 3.1.1: catture di *Ips acuminatus* nel 2021



3.2 CONFRONTO DELL'EFFICACIA DI FEROMONI SPERIMENTALI

L'attrattivo sperimentale Acuwit I ha presentato una notevole maggior efficacia nella cattura di esemplari di *Ips acuminatus* nel corso del 2021 (Fig. 3.2.1). Gli individui catturati da questa tipologia di feromone sono stati 3675, con una media di 735 unità per ognuna delle cinque trappole. Questi valori sono pari al 91% delle catture complessive del bostrico acuminato effettuate durante il seguente progetto. L'attrattivo commerciale Acuwit Standard, impiegato nel monitoraggio degli anni precedenti, è stato caratterizzato da un'efficacia di cattura nettamente minore. Sono, infatti, esclusivamente 147 gli esemplari di *Ips acuminatus* catturati da tale feromone, ovvero il 4% degli individui complessivi. Anche Acuwit II e Acuwit III hanno presentato un esiguo numero di catture pari, rispettivamente, a 164 e 39 unità, e cioè al 4% e 1% del totale.

Figura 3.2.1: catture medie trappola di *Ips acuminatus* per attrattivo.

Lettere diverse indicano una differenza significativa ($p < 0,05$) tra gli attrattivi.

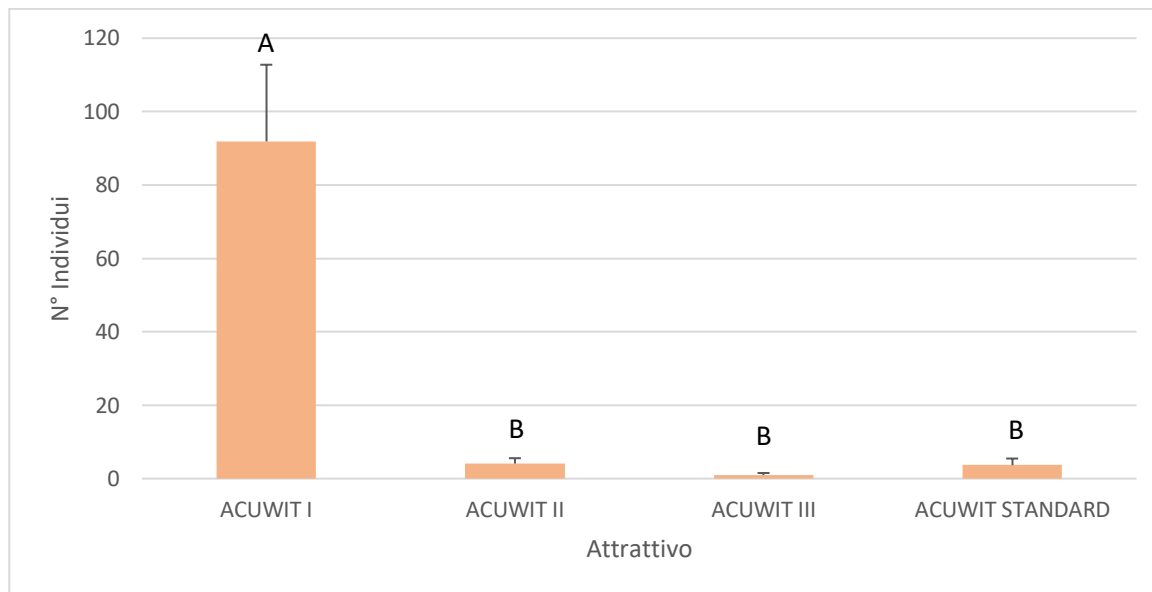


Tabella 3.2.2: numero totale di individui di *I. acuminatus* e *T. formicarius* per attrattivo

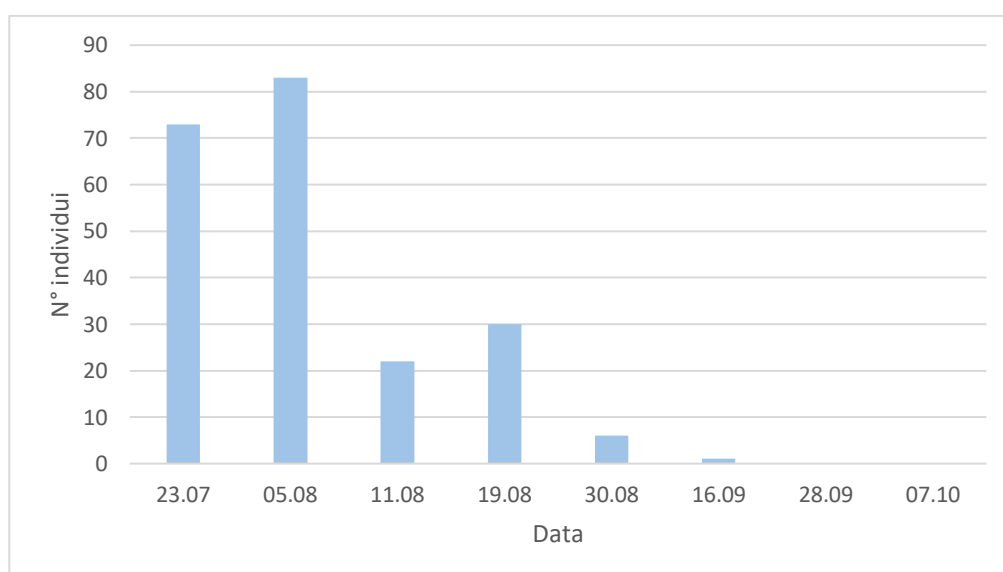
Attrattivo	N° <i>Ips acuminatus</i>	N° <i>Thanasimus formicarius</i>
ACUWIT I	3675	35
ACUWIT II	164	85
ACUWIT III	39	42
ACUWIT STANDARD	147	53
TOT	4025	215

L'analisi statistica della varianza (test ANOVA) e il successivo test di Tukey hanno inoltre rivelato che non sussistono differenze significative tra gli attrattivi Acuwit Standard, Acuwit II e Acuwit III, ma questi mostrano tutte catture significativamente inferiori rispetto ad Acuwit I ($P < 0,05$) (Fig.3.2.1).

3.3 IMPATTO DEGLI ATTRATTIVI NEI CONFRONTI DI *T. FORMICARIUS*

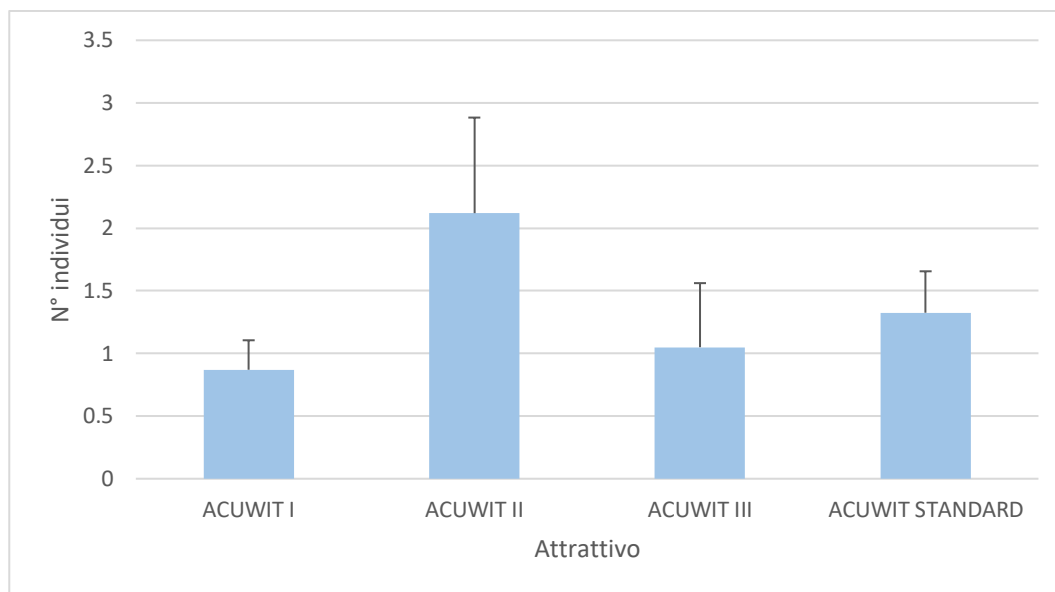
Anche per *Th. formicarius*, come per *Ips acuminatus*, il picco di catture è a cavallo tra fine luglio e i primi giorni di agosto (72,5% delle catture complessive) con un progressivo decremento degli individui nelle settimane successive (Fig. 3.3.1).

Figura 3.3.1: catture di *Thanasimus formicarius* nel 2021



In ognuna delle 20 trappole presenti sono stati catturati almeno 2 individui di *T. formicarius*, con un massimo di 40 unità nella trappola n°5 a Pieve di Cadore. Il totale degli individui catturati è stato pari a 215, con una media di 10,75 per trappola. Mediamente è stato, perciò, catturato 1 *Thanasimus formicarius* ogni 19 *Ips acuminatus*. L'attrattivo Acuwit II è risultato il maggiormente efficace con complessivamente 85 individui catturati, a fronte di Acuwit I con soli 35, benché non vi siano differenze significative tra i 4 feromoni saggiati (Fig. 3.3.2).

Figura 3.3.2: catture medie *Thanasimus formicarius* per attrattivo



4. DISCUSSIONE

Il crescente presentarsi di attacchi parassitari da parte di *Ips acuminatus* nelle pinete alpine, non solo della provincia di Belluno, è da anni ormai fonte di studio e ricerca. Lo scoltide in esame, che aggredisce prevalentemente piante mature di *Pinus sylvestris* indebolite e deperienti, trova nell'attuale situazione climatico-ambientale una condizione ottimale per il proprio sviluppo. L'innalzamento della temperatura media, sia invernale che estiva, accompagnato da sempre più intense e prolungate siccità estive precedute da sempre più scarse precipitazioni nevose, mette a dura prova la sopravvivenza dei popolamenti di pino silvestre debilitando la componente arborea e rendendola maggiormente suscettibile all'aggressione da parte del bostrico acuminato. La performance delle generazioni di quest'ultimo, inoltre, appare ottimizzata da una più elevata temperatura del periodo primaverile-estivo che anticipa la stagione riproduttiva rendendola più lunga e consentendo l'inizio di una seconda generazione.

I dati registrati nel corso del 2021 non sono sufficienti all'approfondimento della fenologia e voltinismo della specie, in quanto lo studio è stato condotto durante il periodo tardo estivo concentrandosi sulla seconda generazione, senza considerare le fasi primaverili del ciclo biologico. I campioni analizzati, infatti, permettono di riconoscere esclusivamente il secondo picco di volo degli adulti di *Ips acuminatus* composto dai figli della prima generazione, emergenti nel mese di Luglio, e dall'inizio della seconda generazione. L'avvio e lo sviluppo di quest'ultima, che generalmente produce nuovi adulti destinati a svernare nel sistema di gallerie (Gehrken 1984), appare sensibilmente condizionato dalla temperatura: la media giornaliera deve rimanere intorno ai 18°C (Bakke 1968; Lekander et al. 1977; Hernandez Perez et al. 2007). In Spagna, dove le condizioni prima descritte sono sovente verificate, *Ips acuminatus* può arrivare a compiere anche tre generazioni annue (Gil e Pajares 1986). I voli registrati nel mese di Agosto, invece, sono dovuti agli esemplari che, molto probabilmente, a causa di condizioni climatiche favorevoli, hanno cercato in volo i luoghi di svernamento. Questi adulti scavano infatti nei rametti periferici della chioma brevi gallerie all'interno delle quali trascorreranno il periodo invernale. A partire da fine Agosto, a causa di un probabile abbassamento delle temperature medie, si nota anche un drastico calo delle catture che cessano definitivamente con l'ultimo individuo rinvenuto il 7 Ottobre nel comune di San Vito di Cadore, a 1033m s.l.m.

Gli effetti di tale coleottero sul patrimonio forestale sono devastanti: l'attacco colpisce il sistema floematico della pianta causandone un repentino disseccamento che sfocia in un generale arrossamento della chioma e la morte dell'individuo. Al fine di contenere la diffusione nell'area alpina, già a partire dal 2006 sono state attentamente sorvegliate e analizzate le infestazioni di *Ips acuminatus* nella provincia di Belluno. Ciò è stato possibile attraverso un continuo monitoraggio delle popolazioni mediante trappole innescate con uno specifico feromone di aggregazione di produzione austriaca (Acuwit®, Witasek®). I risultati del seguente lavoro, testando nuovi differenti attrattivi sperimentali (Acuwit I, Acuwit II, e Acuwit III) sviluppati dalla stessa azienda, mostrano una netta maggior efficacia del feromone Acuwit I rispetto agli altri attrattivi testati. Il 91% del totale di individui catturati è infatti stato rinvenuto all'interno delle trappole innescate con Acuwit

I, in contrasto con l'attrattivo utilizzato nel monitoraggio della specie negli anni precedenti (Acuwit Standard) che ha raccolto solamente il 4% degli scolitidi complessivi. Tali differenze di performance potrebbero essere dovute alla diversa composizione chimica dei feromoni saggiati. Blake (1978) ha identificato come, assieme all'ipsenolo, gli isomeri ottici (S)-ipsdienol e (S)-cis-verbenol sono tra i principali costituenti dei feromoni di aggregazione degli scolitidi del genere *Ips*, mentre gli enantiomeri sembrano sopprimere la risposta dei coleotteri. Effettivamente, l'attrattivo Acuwit I, sembra confermare quanto asserito da Blake, essendo costituito proprio da una miscela di (+)-ipsdienolo, (S)-cis-verbenolo e ipsenolo racemico. Questa caratteristica spiega, inoltre, gli abbondanti rinvenimenti del coleottero *Ips sexdentatus*, un altro pericoloso scolitide che attacca i pini, all'interno delle trappole.

Pertanto, con la finalità di migliorare le tecniche per il monitoraggio e il contenimento di *Ips acuminatus*, è opportuno un adeguamento del protocollo di cattura, attraverso l'impiego di nuovi e più efficienti feromoni, come Acuwit I.

Studi analoghi sono stati condotti anche in altri paesi europei, dove sono stati saggiati attrattivi di ulteriore distinta composizione chimica. Le seguenti pubblicazioni, tuttavia, a differenza del seguente lavoro, sono fondate sul monitoraggio delle popolazioni di bostrico acuminato durante l'intero periodo di volo, compresa anche la prima generazione che, generalmente, è più numerosa rispetto alla seconda. Nella Valle del Boite, infatti, negli anni bivoltini 2007, 2008, 2009 e 2011 la quantità di *I. acuminatus* primaverili catturati è risultata superiore a quella degli *I. acuminatus* estivi, con delle performance di sviluppo della prima generazione negative (ΔG_x), rispettivamente di -71,8%, -78,9%, -86,4% e -55% (dove ΔG_x indica la variazione percentuale della differenza tra le catture degli adulti della generazione estiva e della generazione primaverile) (Foresti 2014).

Nelle pinete della Polonia orientale, nel biennio 2018-2019, si sono testate 6 differenti tipologie di feromoni specifici, di cui 2 sviluppati da Witasek (Sikuvata et al. 2021). Il più efficace nella cattura di *Ips acuminatus* si è dimostrato essere il feromone sperimentale austriaco ACW_2, con 8,6 individui/giorno/trappola, una media di catture di poco

inferiore rispetto a quanto registrato da parte di Acuwit I in Cadore nel corso del 2021, cioè 9,67. ACW_2 era formato da una miscela di (S)-ipfenolo, etanolo e gli isomeri (S)-ipsdienolo e (S)-cis-verbenolo, mentre il feromone commerciale Acuwit (ACW), costituito da ipfenolo racemico, ipsdienolo racemico, etanolo e (S)-cis-verbenolo, ha registrato numero di catture pari solamente a 1,2 individui/giorno/trappola. Interessante è notare la correlazione tra ACW e i tre attrattivi Acuwit II, Acuwit III e Acuwit Standard che, a differenza di ACW_2 e Acuwit I, presentano come costituente l'ipsdienolo racemico. È probabile che questo composto, in associazione con altri, abbia effetti inibitori, o comunque di scarsa attrazione, nei confronti di *Ips acuminatus*. Differenti sono, invece, i risultati documentati nel 2019-2020 in Repubblica Ceca dove il confronto tra 8 diverse miscele ha evidenziato l'elevata efficacia dell'attrattivo Pheagr-IAC con una media di 19,11 individui/giorno/trappola (Knizek et al. 2022). Tale feromone presentava una composizione simile a ACW_2 usato in Polonia (ipfenol, ipsdienol e cis-verbenol) con l'aggiunta di 2-metil-3-buten-2-olo, che è un alcol del pino e forte attrattivo del bostrico acuminato, sebbene Sikuvata et al. (2021) aveva attribuito quest'ultimo composto alla scarsa efficacia di cattura dell'attrattivo che lo conteneva. Anche lo studio Isaia et al. (2006) condotto in Romania ha confermato l'elevata efficienza degli elementi chimici precedentemente citati; l'utilizzo dell'attrattivo V4pl (ipfenolo + cis-verbenolo + ipsdienolo + Glicole polietilenico) ha registrato la cattura di 13,25 individui/giorno/trappola, valore notevolmente superiore ai dati precedentemente noti in letteratura per le pinete nazionali (Mihalciuc et al. 2006; Mihalciuc et al. 2008). Il PEG, che è un polietere sintetico e idrofilo, è stato aggiunto per fornire stabilità alla miscela.

I dati raccolti relativi ad Acuwit I nella provincia di Belluno, oltre a confermare e supportare gli studi precedenti sull'importanza della composizione chimica nello sviluppo di nuovi attrattivi, hanno dimostrato un'efficacia di cattura molto più elevata rispetto alle altre esche testate nella medesima località negli anni scorsi. Nel 2009, infatti, nella regione del Cadore si è saggiato un nuovo attrattivo sperimentale di produzione spagnola, formato principalmente da acetato, alcoli e nitriti a lunga catena, che ha registrato un'efficacia circa 7,5 volte più forte rispetto agli attrattivi austriaci Acuwit

precedentemente impiegati (Ferraro 2010). Quest'ultimi erano utili nello studio dell'andamento temporale di *Ips acuminatus*, ma, a causa della ridotta capacità attrattiva che li caratterizzava, non adatti al suo controllo. Le catture documentate dalla miscela spagnola, durante tale indagine, sono state di 3,9 individui/giorno /trappola, cioè il 40% di quelle registrate nel 2021.

Nel presente studio si è, inoltre, indagato l'impatto dei feromoni sperimentali nei confronti della specie predatrice *Thanasimus formicarius*. L'elevata voracità di questo coleottero può avere un impatto significativo sulla densità delle popolazioni degli scolitidi, tra cui il bostrico acuminato. È, innanzitutto, interessante notare come la fenologia di *T. formicarius* (grafico 3.4.1) segua strettamente quella della sua preda (grafico 3.1.3). La maggior parte degli individui sono, infatti, stati catturati proprio durante lo sfarfallamento estivo di *Ips acuminatus*, tra luglio e agosto. È possibile che una quota di questi individui segua lo scolitide nella sua migrazione verso altri siti di svernamento, come riscontrato nei nemici naturali di *I. typographus* (Wermelinger et al. 2012). Nei dispositivi innescati con Acuwit I la presenza del cleride formicario è apparsa leggermente inferiore alla media degli altri attrattivi. Tale feromone, quindi, non solo ha riscontrato un'elevata efficacia di cattura nei confronti di *I. acuminatus* rispetto agli altri attrattivi testati, ma ha anche registrato un impatto di minor entità verso le popolazioni di *Th. formicarius*. Quest'ultima specie, assieme ad altri antagonisti naturali, è considerata utile nella lotta contro il bostrico acuminato permettendo, nel tempo, il contenimento delle popolazioni dello scolitide e la mitigazione dei suoi danni.

In conclusione, la migliore performance del nuovo feromone Acuwit I potrebbe permettere un idoneo utilizzo di tali attrattivi non solo nel monitoraggio della specie, ma anche nell'attuazione di programmi di prevenzione, valutazione dell'abbondanza, e di controllo delle popolazioni, fondati sulla cattura massale degli individui. Di fondamentale importanza, oltre all'indagine sull'efficacia dei vari tipi di trappole e sul loro posizionamento ottimale, è la continua ricerca della massimizzazione delle capacità

attrattive dei feromoni utilizzati al fine di ottenere stime affidabili riguardanti le popolazioni della specie target e ridurre il rischio di infestazioni ad esse associate.

5. BIBLIOGRAFIA

- Alibardi E., 2013. Monitoraggio delle popolazioni di *Ips acuminatus* (Coleoptera: Curculionidae, Scolytidae) in Cadore nel biennio 2011-2012. Tesi di laurea specialistica in Scienze Forestali e Ambientali, Università degli Studi di Padova.
- Akkuzu E., Sariyildiz T., Kucuk M., e Duman A. 2009. *Ips typographus* (L.) and *Thanasimus formicarius* (L.) populations influenced by aspect and slope position in Artvin-Hatila valley national park, Turkey. *African Journal of Biotechnology*, 8: 877-882.
- Bakke A., 1978. Aggregation pheromone components of the bark beetle *Ips acuminatus*. *Oikos*, 31: 184-188.
- Barkley, Yvonne C. Everything you have always wanted to know about bark beetles, but were afraid of ask. UI Extension Forestry Information Series II, Insects & Diseases No. 26
- Carpaneto G. M., Baviera C., Biscaccianti A. B., e Brandmayr P., 2015. A Red List of Italian Saproxylic Beetles: taxonomic overview, ecological features and conservation issues (Coleoptera). *Fragmenta entomologica*, 47: 53-126.
- Colombari F., 2011. The engraver beetle *Ips acuminatus* in the south-eastern Alps. Life traits and population dynamics. Tesi di dottorato di Ricerca in Scienze delle Produzioni Vegetali, Università degli studi di Padova.
- Colombari F., Faccoli M., Battisti A., 2009. Nemici naturali di *Ips acuminatus* sulle Alpi orientali: diversità e incidenza. XXII Congresso Nazionale Italiano di Entomologia, 123. Ancona-Italia.
- Colombari F., Battisti A., Schroeder L. M., e Faccoli M., 2012. Life-history traits promoting outbreaks of the pine bark beetle *Ips acuminatus* (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) in the south-eastern Alps. *European Journal For Research*, 131: 553-561.
- Faccoli M., Colombari F., Dal Pont C., Finozzi V., D'Ambros E., e Battisti A., 2010. Large outbreaks of *Ips acuminatus* in Scots pine stands of the Italian Alps. *Forest@*, 7: 259-267. - [online] URL: <http://www.sisef.it/forest@/>.

- Faccoli M., 2000. Bioecologia di Coleotteri Scolitidi. Bollettino dell'Istituto di Entomologia "Guido Grandi" Università di Bologna, 54: 77-90.
- Faccoli M., Colombari F., e Finozzi V., 2011. Effectiveness of different trapping protocols for outbreak management of the engraver pine beetle *Ips acuminatus* (Curculionidae, Scolytinae). International Journal of Pest Management, 58: 267-273.
- Ferraro T., 2010. Valutazione dell'efficacia di cattura di sistemi di monitoraggio basati sull'uso di trappole a feromoni per il controllo integrato di infestazioni di *Ips Acuminatus* Gyll. Tesi di laurea in Scienze Forestali e Ambientali, Università degli Studi di Padova.
- Foresti C., 2014. Effetto del riscaldamento globale su popolazioni alpine di bostrico acuminato (*Ips acuminatus*) (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae). Tesi di laurea in Tecnologie Forestali e Ambientali, Università degli studi di Padova.
- Franceschi V. R., Krokene P., Christiansen E., e Krekling T., 2005. Anatomical and chemical defenses of conifer bark against bark beetles and other pests. New Phytologist, 167: 353-375.
- Gehrken U., 1984. Winter survival of an adult bark beetle *Ips acuminatus* Gyll. J. Insect Physiol., 30: 421-429.
- Gil L.A., Pajares J.A., 1986. Los Escolítidos de las Coníferas de la Península Ibérica. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, Spain.
- Hernandez R.A., Perez V.F., Sanchez G.P., Castella J.S., Palencia J.A., Gil J.B., Ortiz A.S., 2007. Ensayos de trampeo de escolitidos perforadores subcorticales en pinare mediante el uso de feromonas 2002-2005. Ecologia, 21: 43-56.
- Isaia G., Manea A., Paraschiv M., 2010. Study on the effect of pheromones on the bark beetles of the scots pine. Bulletin of the Transilvania University of Braşov, 52: 67-72.
- Knizek M., Liska J., Vele A., 2022. Efficacy of synthetic lures for pine bark beetle monitoring. Journal of Forest Science, 68: 19-25.
- Jakoby O., Stadelmann G., Wermelinger B., e Lischke H., 2016. Scolitide dell'abete rosso e cambiamenti climatici. [online] URL: <https://www.waldwissen.net/it/economia-forestale/>.
- Lekander B., Bejer-Peterson B., Kangase E., and Bakke A., 1977. The distribution of Bark Beetles in the Nordic Countries. Acta Entomol. Fenn., 1-36.

- Martin A., Etxebeste I., Perez G., Alvarez G., Sanchez E., Pajares J., 2013. Modifeid pheromone traps help reduce bycatch of barkle-beetle natural enemies. *Agricultural and Forest Entomology*, 15: 86-97.
- Mihalciuc, V., Oprean, I., Vasian, I., 2006. The Effect of Attractants on Pine Bark Beetles. In: Proceedings of the IUFRO Working Party 7.03.10. Workshop “Methodology of Forest Insects and Disease Survey in Central Europe”, Gmunden, Austria.
- Mihalciuc, V., Oprean I., Vasian, I., Manea, A., 2008. The Effect of Attractants on Pine Bark Beetles in 2006-2008 Period of Field Tests Carried On in Romania. In: Proceedings of the IUFRO Working Party 7.03.10. Workshop “Insects and Fungi in Storm Areas”, Štrbské Pleso, Slovakia.
- Mihalciuc, V., Oprean I., Vasian, I., Manea, A., 2010. The effect of attractants on pine bark beetles during 2006-2009 of field tests carried on in Romania. Conference: Biotic Risks and Climate Change in Forests, at: IUFRO Working Party 7.03.10 in Freiburg im Breisgau/ Germany.
- Özcan G. E., 2011. Use of pheromone-baited traps for monitoring *Ips sexdentatus* (Boerner) (Coleoptera: Curculionidae) in oriental spruce stands. *African journal of biotechnology*, 10: 16351-16360.
- Rocca M., 2013. *Ips acuminatus* Gyll. Coleoptera Scolitydae. Biologia, danni e metodi di lotta in Alta Valtellina. Tesi di laurea in Valorizzazione e Tutela dell'Ambiente e del Territorio Montano, Università degli Studi di Milano.
- Regione del Veneto. Portale Patologie Fitosanitarie. s.d. <https://idt2.regione.veneto.it/portfolio/portale-patologie-fitosanitarie>.
- Sukovata L., Jaworski T., e Plewa R., 2020. Effectiveness of different lures for attracting *Ips acuminatus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Agricultural and Forest Entomology*, 23: 154-162.
- Thomaes A., Drumont A., Warzée N., e Grégoire J.C., 2018. Ecology and distribution of *Thanasimus formicarius* (Linnaeus, 1758) and the newly discovered *Thanasimus femoralis* (Zetterstedt, 1828) in Belgium (Coleoptera: Cleridae). *Bulletin de la Societe royale belge d'Entomologie*, 153: 206-214.
- Wermelinger B., Epper C., Kenis M., Ghosh S. e Holdenrieder O., 2012. Emergence patterns of univoltine and bivoltine *Ips typographus* (L.) populations and associated natural enemies. *Journal of Applied Entomology*, 136: 212 – 224.

Vacchiano G. et al., 2008. Il deperimento del pino silvestre nelle Alpi Occidentali - natura e indirizzi di gestione. Arezzo: Compagnia delle Foreste.

6. RINGRAZIAMENTI

Al termine di questa esperienza non posso che effettuare i dovuti ringraziamenti a tutti coloro che hanno contribuito alla sua realizzazione.

Ringrazio il Servizio Fitosanitario Regionale della Regione Veneto, in particolare il Dott. Valerio Finozzi per il fondamentale aiuto nella coordinazione e svolgimento delle prove di campo.

Un ringraziamento speciale va alla mia famiglia che mi ha sempre sostenuto, appoggiando ogni mia decisione, fin dalla scelta del mio percorso di studi. Voi mi avete permesso di arrivare fin qui.

Grazie, infine, ai miei amici e colleghi di corso, per avermi accompagnato fianco a fianco durante questo percorso; e un particolare grazie a Gaia per tutto il tempo che mi hai dedicato e per il continuo supporto, anche nei momenti di maggiore sconforto.