

MASSIMO FACCOLI

Dipartimento di Agronomia Ambientale e Produzioni Vegetali - Entomologia
Università degli Studi di Padova

Bioecologia di Coleotteri Scolitidi (*)
Ips typographus (Linnaeus) e specie di recente interesse
per la selvicoltura italiana ⁽¹⁾

I CONTRIBUTI

Biologia, ecologia e controllo di *Ips typographus* (L.) sulle Alpi sudorientali

INTRODUZIONE

Lo scolitide dell'abete rosso *Ips typographus* (Linnaeus) (Coleoptera Scolytidae), è fra i più temuti insetti delle foreste di conifere della regione paleartica (Christiansen e Bakke, 1988). Anche nelle foreste delle Alpi e Prealpi italiane negli ultimi anni l'insetto ha causato gravi danni (Ambrosi *et al.*, 1990; Lozzia, 1993). Al riguardo sulle Alpi sudorientali sono state svolte alcune ricerche inerenti alla biologia di *Ips typographus* e alle possibilità di controllo. Si sono inoltre cercate relazioni fra entità delle catture con trappole a feromoni, epoche di sfarfallamento, temperatura e consistenza delle popolazioni, in modo da prevedere il rischio di pullulazioni.

1.1. Prove di monitoraggio e controllo di *Ips typographus* in Friuli
- Venezia Giulia.

Sebbene contro *Ips typographus* siano già stati sperimentati numerosi metodi di cattura, un controllo efficace dell'insetto risulta ancora molto difficile. Le convenzionali misure di lotta comprendono l'uso di trappole a feromoni e di alberi esca innescati o no con feromone di aggregazione per *I. typographus* (Bakke *et al.*, 1977). L'utilizzo delle trappole a feromoni permette di catturare un numero assai elevato di individui, ma il loro impiego costringe gli operatori a controlli frequenti. L'utilizzo degli alberi esca invece, in particolare se innescati con feromone e impregnati con insetticidi di contatto, richiedono minore sorveglianza e manutenzione (Raty *et al.*, 1995). Sulla base di tali considerazioni si sono indagate le possibili differenze di rendimento fra diversi tipi di alberi esca e di trappole a feromoni.

(*) Lavoro accettato il 16 dicembre 1999.

(¹) Lavoro estratto dalla tesi di Dottorato in Entomologia Agraria discussa presso l'Università degli Studi di Bologna.

1.2. Materiali e metodi.

Lo studio è stato condotto in un bosco di prevalente abete rosso (*Picea abies* Karsten) situato sulle Alpi sudorientali presso Paluzza (UD, Friuli-Venezia Giulia) a circa 1100 m s.l.m., colpito da forti attacchi di *Ips typographus*. La prova si è svolta in un biennio.

All'inizio della primavera del 1997, quattro alberi di abete rosso sono stati abbattuti e dai fusti di ognuno si sono prelevate 6 sezioni (90cm di lunghezza e 25cm di diametro), sistemate a coppie in 12 casse di legno stagionato lunghe 2 m, chiuse superiormente da una rete metallica che garantiva l'accesso agli insetti. La prova è stata istituita confrontando 4 differenti tipi di alberi esca, con tre repliche per ciascun tipo. Ogni replica era costituita da due sezioni di tronco sistemate nella medesima cassa. Le diverse tesi sperimentali erano rappresentate da tronchi trattati con deltametrina al 2,8% (nome commerciale Decis®), e innescati con un "dispenser" per feromoni contenente 80 mg di cis-verbenolo, 1,8 mg di 2-metil-3-butin-2-olo e 8 mg di ipsdienolo (insetticida + feromone: I+F), o solo innescati col medesimo feromone (F) o solo trattati col medesimo insetticida (I). Una tesi testimone ha previsto l'utilizzo di alberi esca non trattati e non innescati (testimone: T). Per tutto il periodo della prova (dal 20/05 al 22/09/1997) ogni cassa è stata controllata e vuotata settimanalmente. Il feromone è stato sostituito e i trattamenti insetticidi sono stati ripetuti a circa metà della prova (02/07/1997). Tutti gli insetti trovati morti sul fondo delle casse sono stati identificati ove possibile a livello di specie. Nella primavera 1998 (05/05) sono state predisposte solo tre repliche trattate con deltametrina e innescate col medesimo feromone di aggregazione (I+F), essendo questa la tesi che l'anno precedente aveva fornito i migliori risultati. Si è quindi proceduto al controllo bisettimanale delle catture. Dopo circa 45 giorni dall'inizio della prova (22/06/1998), per controllare la durata di emissione del feromone, in una delle repliche è stato sostituito l'erogatore di feromone, mentre le altre sono state lasciate invariate. A differenza del 1997, non è stato ripetuto alcun trattamento chimico al fine di controllare l'efficacia della copertura insetticida. Al termine di ciascuna prova tutti i tronchetti sono stati scortecciati per verificare l'eventuale presenza d'insetti o loro sistemi riproduttivi.

In entrambi gli anni, nelle stesse epoche e località, sono state installate trappole a feromoni di tipo "a radiatore" (Theysohn slot-trap) innescate con lo stesso feromone di aggregazione usato per gli alberi esca. Nella primavera del 1997 sono state preparate 5 trappole a feromoni. Il cambio del feromone è avvenuto il 2 luglio in concomitanza col cambio del feromone degli alberi esca. Nel 1998 sono state predisposte solo 3 trappole e il feromone è stato sostituito il 29 giugno. Ogni trappola è stata controllata settimanalmente e tutti gli insetti catturati sono stati determinati e contati. Sia per gli alberi esca che per le trappole le catture ottenute prima del cambio del feromone sono state definite "primaverili", mentre "estive" le altre.

Per quanto concerne il trattamento statistico dei dati, l'omogeneità della varianza è stata valutata tramite il test di Cochran e, quando necessario, i dati sono stati trasformati ($X' = \text{Log}(X+1)$ o $X' = \arccos(\sqrt{1/x})$), in modo da ottenere

distribuzioni normali. Successivamente si è applicata l'analisi della varianza (ANOVA) e le coppie di medie sono state confrontate con il test di Tukey. In tutti i casi la significatività dei test è stata fissata ad $\alpha=0,05$.

1.3. Risultati.

Nel 1997 sono stati complessivamente catturati 32.800 *Ips typographus* pari a oltre il 90% delle catture totali. I principali risultati sono esposti in tab. 1. I quattro tipi di albero esca hanno fornito catture fra loro statisticamente differenti (ANOVA, $gl=3; 8, F=251,05, P<0,0001$) (Fig. I). Per ciascuna tesi non si sono trovate differenze significative fra le tre repliche utilizzate o fra le catture primaverili e quelle estive. Le catture eseguite col testimone (T) e con la tesi contenente solo insetticida (I) erano fra loro omogenee e molto basse, tali da non permettere ulteriori analisi statistiche. Nel 1998, impiegando la sola tesi I+F sono stati catturati 25.129 *Ips typographus*. I principali risultati sono esposti in tab. 2. Non ci sono differenze significative fra le tre repliche utilizzate. Il numero medio d'insetti catturati in primavera è significativamente maggiore rispetto a quello estivo (ANOVA, $gl=1; 14, F=0,137, P<0,03$). In entrambi gli anni, la copertura insetticida dei tronchi trattati è stata completa e nessuno scolitide è riuscito a penetrare sotto le cortecce durante il periodo delle prove. Dal confronto fra gli alberi esca del 1997 (solo I+F) e quelli del 1998 emerge che le catture medie totali e medie estive del 1997 sono maggiori di quelle del 1998 (ANOVA, $gl=1; 32, F=8,31, P<0,001; gl=1; 16, F=10,78, P<0,004$, rispettivamente), mentre sono simili in primavera.

Tabella 1. Catture medie (deviazione standard) di *Ips typographus* avute nel 1997 con differenti tipi di alberi esca (T₉₇: dati relativi alle trappole a feromoni).

Tesi	Totale	Primavera	Estate
T	6 ± 1	5,33 ± 1,15	0,66 ± 0,57
F	1358 ± 951	640 ± 630,5	718 ± 395,75
I	4,66 ± 0,57	2,66 ± 2,08	2 ± 2
I+F	9564 ± 2403	5583 ± 2001,5	3981 ± 803,36
T ₉₇	5933 ± 1741	4469 ± 1218,5	1464 ± 531,4

Tabella 2. Catture medie (\pm deviazione standard) di *Ips typographus* avute nel 1998 con alberi esca di tipo I+F (T₉₈: dati relativi alle trappole a feromoni).

Tesi	Totale	Primavera	Estate
I+F	8376 ± 2537	7709 ± 3132,4	667 ± 1009,99
T ₉₈	13230 ± 477	9756 ± 238,03	3474 ± 360,41

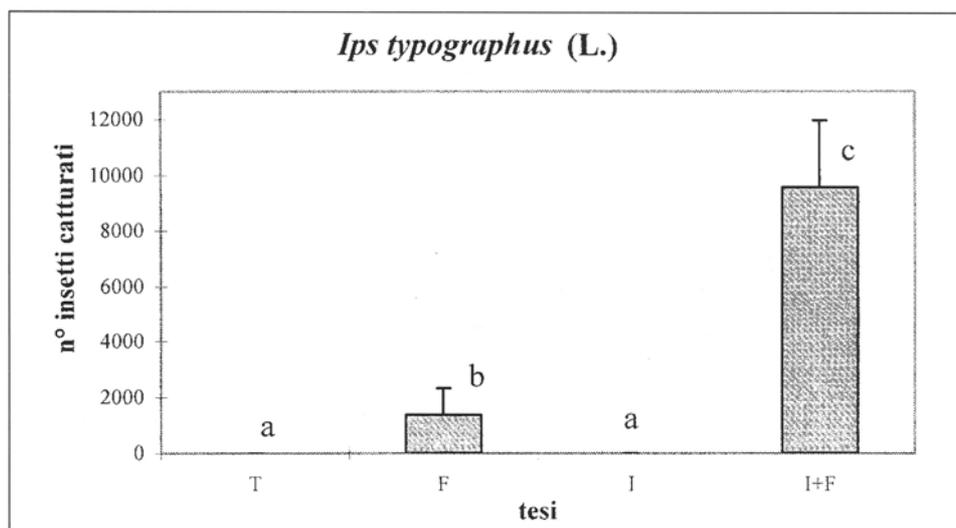


Fig. I. Cature medie di *Ips typographus* avute nel 1997 con le diverse tesi. A lettere diverse corrispondono differenze significative fra le tesi (ANOVA, $P < 0,05$).

Durante la primavera-estate 1997 con 5 trappole a feromoni sono stati catturati 29.667 adulti di *Ips typographus* (tab. 1). Non vi erano differenze statistiche fra le diverse trappole, o fra le catture primaverili e quelle estive. Il confronto fra le trappole e gli alberi esca di tipo I+F non mostra per il 1997 differenze significative nelle catture totali, primaverili o estive (Fig. II). Durante la primavera-estate 1998 con 3 trappole a feromoni sono invece stati catturati 39.690 adulti di *Ips typographus* (tab. 2). Anche in questo caso non c'erano differenze significative fra le diverse trappole o fra catture primaverili ed estive (Fig. II). Nel 1998 le trappole a feromoni hanno catturato più degli alberi esca sia complessivamente (ANOVA, $gl=1; 36, F=8,08, P < 0,01$) sia in estate (ANOVA, $gl=1; 18, F=5,04, P < 0,04$), ma non in primavera. Le catture delle trappole a feromoni sono fra loro simili da un anno con l'altro.

1.4. Discussione.

A parità di condizioni gli alberi esca innescati con feromone e trattati con insetticida catturano quanto le trappole a feromoni. Gli unici valori di cattura che presentano differenze significative quando confrontati con ogni altro gruppo di dati sono infatti quelli relativi agli alberi esca nel periodo estivo del 1998, o da questi influenzati, quando cioè è stato cambiato solo un feromone su tre. Per quanto riguarda gli alberi esca, la quasi totalità degli insetti è stata rinvenuta sul tipo I+F. Nelle prove che non prevedevano l'impiego dei feromoni di sintesi (I e T) i valori di cattura sono invece particolarmente bassi forse perché i tronchi utilizzati erano troppo freschi e non ancora idonei ad essere colonizzati. Gli alberi esca trattati unicamente col feromone hanno infine fornito discrete catture nonostante l'afflusso degli insetti calasse progressivamente sul tronco man mano che tutto lo spazio sottocorticale veniva occupato. La durata della copertura

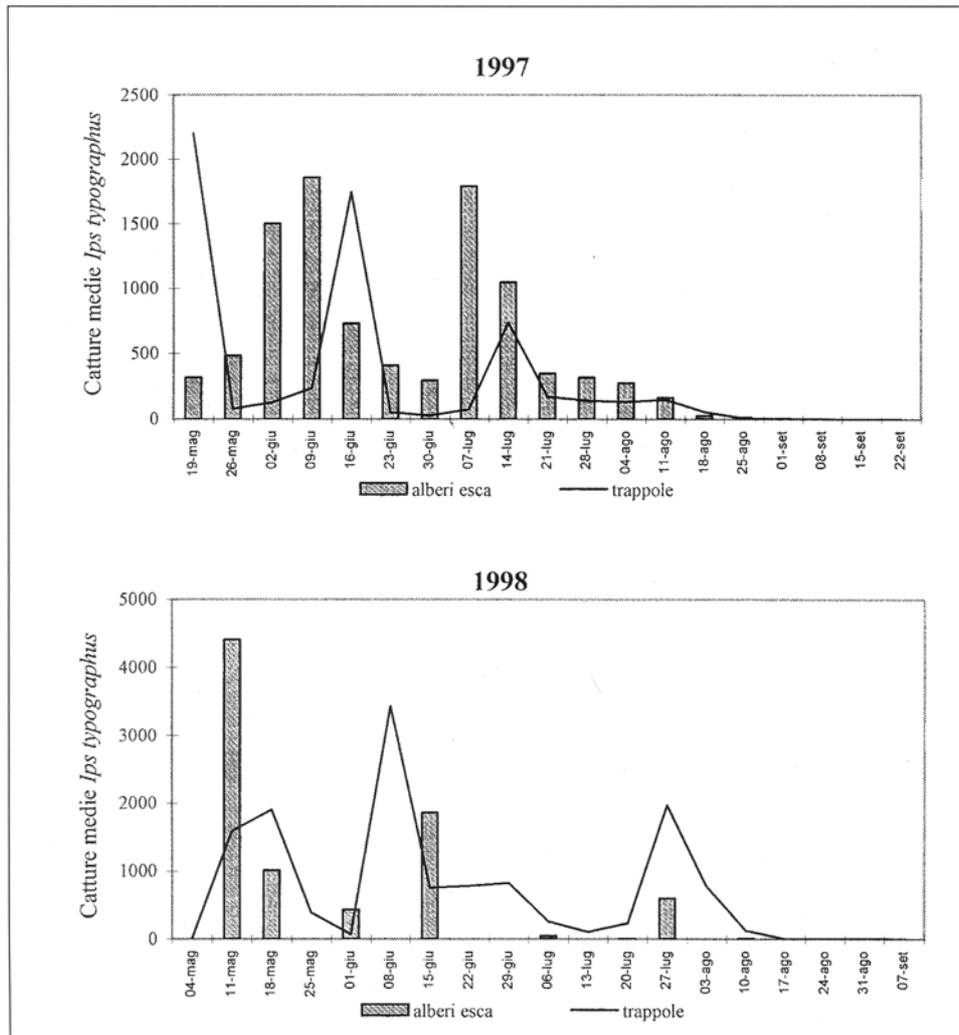


Fig. II. Confronto fra le catture di *Ips typographus* avute nel 1997 e 1998 con alberi esca e con trappole a feromoni.

insetticida si è protratta per circa 15 settimane, rispetto alle 10-12 segnalate in altri lavori (Abgrall, 1987; Abgrall e Schvester, 1987; Lozzia, 1993). Le scarse catture avvenute nell'estate del 1998 con gli alberi esca sui quali non era stato sostituito l'erogatore dei feromoni confermano invece che la durata massima di emissione dei feromoni si aggira attorno alle 8 settimane (Abgrall e Schvester, 1987; Lozzia, 1993; Raty *et al.*, 1995). Appare quindi indispensabile sostituire il feromone a circa metà del periodo di controllo cioè verso la fine di giugno.

Nel 1997 le catture degli alberi esca I+F sono state circa 1,6 volte superiori a quelle delle trappole a feromoni; l'opposto si è osservato nel 1998. Bisogna però considerare che nel secondo caso gli erogatori del feromone posti sui tronchi sono

stati sostituiti solo in due delle tre repliche utilizzate. Per lo stesso motivo gli alberi esca hanno evidenziato i picchi tardivi in modo solo marginale. C'è comunque stata una buona corrispondenza fra le epoche di cattura delle trappole e delle piante esca. In un analogo studio condotto sulle Alpi Orobie, anche Lozzia (1993) non trova differenze significative fra le catture delle trappole a feromoni e quelle degli alberi esca, mentre altri autori segnalano catture degli alberi esca fino a 5 volte superiori (Abgrall, 1987; Abgrall e Schvester, 1987; Raty *et al.*, 1995). Il diverso stato delle popolazioni di *Ips typographus* presenti sulle Alpi meridionali rispetto a quello delle popolazioni più settentrionali può forse spiegare le differenze nei risultati di studi di analoga impostazione.

In conclusione, nonostante le catture ottenute con gli alberi esca siano solo di poco superiori a quelle ottenute con le trappole a feromoni, i vantaggi dell'impiego di questi dispositivi ne consigliano l'applicazione. L'allestimento di alberi esca trattati con insetticida ed innescati con feromone dovrebbe essere predisposto entro la prima decade di maggio. I piretroidi sono indubbiamente i composti chimici più idonei per la loro bassissima tossicità nei confronti degli uccelli e dei mammiferi. I "dispenser" dei feromoni dovranno essere sostituiti dopo circa 45-50 giorni (fine giugno). I trattamenti insetticidi non dovranno invece essere ripetuti.

2.1. Osservazioni sul ciclo vitale e sui ritmi di generazioni di *Ips typographus*.

Le differenze climatiche esistenti fra regioni europee fra loro molto distanti, ma comprese nel vasto areale dello scolitide (Pfeffer, 1995), lasciano supporre l'esistenza di sostanziali variazioni nei principali parametri demoeologici e biologici della specie. Nell'Europa meridionale le elevate temperature estive e i lunghi e miti autunni, potrebbero ad esempio consentire il completamento di più di una generazione. Nel nord Europa l'unica generazione annuale presente si esaurisce nel giro di poche settimane (Annala, 1969) permettendo di concentrare gli interventi di controllo in un arco temporale circoscritto. La presenza di due o più generazioni rende al contrario ogni operazione di salvaguardia delle foreste più impegnativa e costosa (Ambrosi *et al.*, 1990). Le piante sopravvissute agli attacchi della prima generazione risultano inoltre indebolite e quindi facilmente colonizzabili da insetti di comparsa tardiva (Berryman, 1982). Il tutto viene ad essere complicato dalla presenza delle cosiddette "generazioni sorelle" la cui consistenza è direttamente influenzata anche dalla temperatura (Anderbrant, 1986). Temperature più alte tendono infatti a ridurre il tempo di permanenza degli adulti sotto le cortecce (Anderbrant, 1989), concedendo loro maggior tempo residuo per iniziare una seconda ovideposizione (Annala, 1969).

Poiché la maggior parte dei lavori italiani si riferisce a tecniche di controllo (Ambrosi e Angheben, 1984; Ambrosi *et al.*, 1990; Lozzia, 1993; Minerbi *et al.*, 1998), poche sono le informazioni precise circa i cicli di sviluppo dello scolitide. Il presente studio, realizzato mediante l'uso di trappole a feromoni e di allevamenti condotti in campo, mira quindi a chiarire alcuni importanti aspetti della biologia delle popolazioni di *Ips typographus* presenti sulle Alpi italiane.

2.2. Materiali e metodi.

Lo studio è stato condotto nella primavera-estate del 1998 con l'ausilio di nove gruppi di trappole a feromoni di tipo "Theysohn" allestite in altrettante località del Friuli-Venezia Giulia. Le trappole, innescate con il feromone di aggregazione per *I. typographus*, sono state controllate settimanalmente a partire dal 27 aprile fino al 7 settembre. A circa metà prova (29/6), in ciascuna trappola è stato sostituito l'erogatore di feromone. Tutti gli insetti trovati sono stati raccolti e contati, e da ciascuna trappola è stato conservato un campione di 30 adulti di *I. typographus* esaminati a parte. Gli insetti catturati prima del cambio del feromone sono stati arbitrariamente chiamati "primaverili", a differenza di quelli "estivi" catturati in seguito.

Nelle medesime località tre sezioni di tronco di *Picea abies* (90 cm di lunghezza e 20 cm di diametro) sono state innescate con lo stesso feromone di aggregazione utilizzato per le trappole. I tronchi, dopo essere rimasti esposti all'attacco del tipografo per circa due settimane (2/6/1998-16/6/1998), sono stati alloggiati in appositi eclettori tenuti a temperatura ambiente fino al completo sfarfallamento dei nuovi adulti, raccolti settimanalmente. A sfarfallamento completato i tronchi sono stati scortecciati per verificare la presenza di insetti non sfarfallati o morti prima dello sfarfallamento. L'intero schema sperimentale è stato ripetuto durante il secondo picco di volo allestendo tre nuove sezioni di tronco (2/7/1998 - 22/7/1998). Il secondo gruppo di tronchi è stato scortecciato la primavera successiva poiché si è ritenuto potesse esserci una parte degli adulti svernante nel substrato di sviluppo. I campioni di insetti prelevati sia dalle trappole a feromoni sia dagli eclettori sono stati singolarmente sessati tramite esame dei genitali. Per ogni campione è stata quindi determinata la *sex-ratio* intesa come rapporto femmine/maschi². Globalmente sono stati sessati 5.130 adulti provenienti da trappole a feromoni e 450 provenienti da entrambe le prove di allevamento. L'andamento termico è stato seguito avvalendosi dei dati della stazione meteorologica del comune di Enemonzo (UD), posta a circa 400 m s.l.m.

2.3. Risultati.

Fra le 9 stazioni considerate non vi sono differenze significative nelle catture medie delle trappole, nella *sex-ratio* degli insetti analizzati, e nel numero complessivo di maschi o femmine catturate. In ogni località le catture primaverili sono statisticamente superiori a quelle estive (ANOVA, gl=1; 169; F=33,07; P<0,0001). Il numero di femmine catturate è statisticamente maggiore di quello dei maschi, sia complessivamente (ANOVA, gl=1; 266; F=302,9; P<0,0001), sia in primavera (ANOVA, gl=1; 164; F=39,91; P<0,001), e in estate (ANOVA, gl=1; 100; F=189,84; P<0,001). Il numero complessivo di femmine catturate in estate

² Normalmente col termine *sex-ratio* s'intende il rapporto numerico maschi/femmine. Tuttavia nel presente studio si è preferito, per motivi pratici, invertire i termini del rapporto. Infatti, poiché nella maggior parte dei casi il numero delle femmine è superiore a quello dei maschi (si veda oltre), in questo modo il rapporto è quasi sempre maggiore di 1 e la lettura dei grafici risulta facilitata.

è statisticamente superiore a quello primaverile (ANOVA, $gl=1$; 132; $F=4,84$; $P<0,03$). Le catture dei maschi sono invece costanti durante tutto il periodo. Per ogni stazione si sono avuti mediamente tre principali picchi di catture situati attorno alla metà di maggio, all'8 giugno e al 27 luglio, i primi due distanziati fra loro di circa tre settimane e gli ultimi due di 49 giorni. La *sex-ratio* media osservata in corrispondenza del primo picco è di circa 1,57; nel secondo picco è invece pari a 1,63 (8 giugno) e a 4,1 nell'ultimo picco (27 luglio).

Lo sfarfallamento degli insetti del primo allevamento è iniziato il 14 luglio ed è continuato fino al 19 agosto con un picco di volo circa 49 giorni dopo l'infestazione dei tronchi. Non sono emerse differenze significative fra il numero di maschi e femmine sfarfallati. Lo sfarfallamento degli insetti del secondo allevamento è iniziato il 29 luglio protrandosi fino al 23 settembre con un picco dopo circa 48 giorni dall'infestazione. Anche in questo caso non ci sono differenze significative fra maschi e femmine. Confrontando le *sex-ratio* dei due allevamenti non emergono differenze significative. La *sex-ratio* in corrispondenza del picco di sfarfallamento è di circa 0,84 per il primo allevamento, e 0,70 nel secondo.

2.4. Discussione.

Benché il feromone di aggregazione richiami indistintamente entrambi i sessi (Bakke *et al.*, 1977), in ciascuna località monitorata e per ciascun periodo considerato le femmine sono state catturate sempre in maggior numero rispetto ai maschi. Ciò è probabilmente spiegato dal fatto che la ricerca degli alberi ospiti intrapresa dai maschi causa la morte di un gran numero di individui creando una superiorità numerica delle femmine. Nell'ipotesi che non esista alcun tipo di concorrenza intraspecifica e che vi sia una disponibilità illimitata di risorse alimentari e di sedi di sviluppo, gli *Ips* potrebbero essere monogami (Reid, 1999).

La percentuale di femmine catturate in corrispondenza dei primi due picchi è rispettivamente pari a 61 e 61,9%. Anche in precedenti studi si sono trovati valori molto simili con un numero di femmine variabile dal 56 al 68% (Koizumi e Yamaguchi, 1967; Botterweg, 1982; Lindelöw e Weslien, 1986). Nel terzo picco di volo, quello di luglio, durante l'estate in tutte le località considerate si può notare un aumento significativo degli esemplari femminili raggiungendo una percentuale media pari a 80,3%. Si tratta con ogni probabilità di femmine riemergenti in cerca di nuovi substrati di sviluppo entro i quali iniziare generazioni sorelle.

Vi è una buona corrispondenza fra le epoche di sfarfallamento dai tronchetti posti in allevamento e i picchi di cattura delle trappole. Sia in natura che negli allevamenti la prima generazione è durata infatti circa 7 settimane sebbene parte della popolazione svernante abbia ripreso l'attività 3 settimane prima come evidenziato dai due picchi verificatisi in maggio. Come noto *Ips typographus* interrompe la diapausa invernale in presenza di temperature medie dell'aria di almeno 18°C (Annala, 1969; 1971; Christiansen e Bakke, 1988). Nel maggio del 1998 tale soglia termica è stata superata in 4 giorni (10-11-12-13 maggio) permettendo così il volo degli adulti più precoci che costituiscono il primo picco osservato. Solo dopo circa 3 settimane (prima settimana di giugno) la temperatura

ha nuovamente superato la soglia dei 18°C permettendo il volo degli adulti di *Ips typographus*. Il tempo trascorso fra il primo volo osservato in maggio e il picco di giugno è inoltre insufficiente per garantire il completo sviluppo dell'insetto.

In quasi tutte le località studiate vi è inoltre un picco di sfarfallamento situato dopo circa tre settimane dallo sfarfallamento di giugno. Si tratta probabilmente di insetti che riemergono alla ricerca di nuovi substrati dando così origine ad una generazione sorella. Dalle osservazioni compiute si è potuto riscontrare un percentuale media di riemersione pari a circa 35,6% degli individui catturati l'8 giugno, con un minimo di 14,4% e un massimo di 85,8% a seconda delle località. *Ips typographus* è noto essere in grado di riemergere numerose volte (Abgrall e Schvester, 1987) e ciò spiegherebbe la presenza di catture distribuite durante tutto il periodo estivo. Studi simili condotti sulle Alpi Orobie alle medesime altitudini hanno messo in evidenza fenomeni di riemersione dopo circa 4-5 settimane dal primo picco di sfarfallamento (Lozzia, 1993). Anche i maschi sono soggetti alla riemersione. Dopo lo scavo del vestibolo e l'accoppiamento i maschi hanno infatti pienamente assolto il loro ruolo ecologico e la loro presenza diviene superflua (Kinkerdall, 1983). La riemersione è dunque un fenomeno che interessa gran parte degli adulti e che si manifesta in tempi diversi in relazione alla temperatura (Anderbrant, 1985; 1986).

Nel secondo allevamento gli insetti richiedono lo stesso tempo di sviluppo sfarfallando dopo circa 48 giorni dalla colonizzazione. Se anche in natura è stato necessario lo stesso tempo di sviluppo, la progenie derivata dagli insetti sfarfallati in luglio avrebbe dovuto sfarfallare attorno al 15 settembre, cioè 48 giorni dopo il terzo picco (27 luglio). A settembre le trappole a feromoni erano però già state ritirate. In ogni caso, un volo così tardivo generalmente non si manifesta nemmeno alle nostre latitudini (Ambrosi e Angheben, 1986; Lozzia, 1993) in quanto gli adulti, ed in particolare quelli più tardivi, superano la stagione avversa direttamente sotto le cortecce nelle quali si sono sviluppati (Abgrall e Schvester, 1987). La seconda generazione, quella estiva, potrebbe inoltre richiedere un tempo di sviluppo maggiore rispetto a quella primaverile. Le elevate temperature estive provocano infatti, oltre ad una mortalità diretta delle larve (Christiansen e Bakke, 1988), anche un rallentamento dei ritmi di sviluppo dell'insetto (Anderbrant, 1986; Wermelinger e Seifert, 1999).

In conclusione si può ritenere che nelle zone di studio *Ips typographus* compia due generazioni all'anno. La prima, che dura circa 7-8 settimane, comincia appena la temperatura media dell'aria raggiunge i 18°C e termina verso la fine di luglio. La seconda si conclude invece attorno alla metà di settembre, senza però dare origine ad uno sfarfallamento massale in quanto gli adulti neosviluppati rimangono sotto le cortecce degli alberi attaccati in attesa dello svernamento. Per quanto riguarda le generazioni sorelle vi è un volo di insetti riemergenti collocato all'incirca dopo tre settimane dall'uscita della diapausa invernale.

3.1. Relazioni fra andamento climatico e catture di *Ips typographus*.

I principali problemi legati alla gestione fitosanitaria delle foreste dipendono spesso dall'impossibilità di prevedere con un adeguato anticipo l'insorgere di

pullulazioni degli insetti fitofagi. Con gli scolitidi le cose si complicano in seguito al manifestarsi dei danni solo quando il destino della pianta ospite è ormai segnato. Questa è la principale ragione per la quale le tecniche di lotta delle popolazioni di scolitidi sono soprattutto di tipo preventivo (Christiansen e Bakke, 1988). Per poter realizzare programmi di controllo delle pullulazioni di *Ips typographus* correttamente calibrati sulla base del reale *status* delle infestazioni sarebbe auspicabile poter disporre di stime attendibili della consistenza numerica delle popolazioni dello scolitide (Minerbi *et al.*, 1998). Attualmente tale previsione è realizzata mediante l'impiego di trappole a feromoni utilizzate per il monitoraggio di *Ips typographus*. Se a fine stagione le catture medie/trappola sono superiori ad una prefissata soglia esiste il pericolo concreto di seri danni al popolamento dovuti all'espansione numerica della specie³. Il conteggio viene però compiuto a fine estate quando nella maggior parte dei casi si sono già manifestati i danni. Si potrà intervenire solo l'anno seguente ma con una stagione di ritardo.

È sembrato interessante vedere se sulle Alpi sudorientali era possibile individuare uno schema di previsione che permettesse di stimare con un certo anticipo l'entità delle catture annuali e il numero delle generazioni dello scolitide.

3.2. Materiali e metodi.

La prova è iniziata nella primavera del 1996 e si è protratta ininterrottamente per 4 anni. All'inizio di maggio (settimana 1) di ciascuno dei quattro anni in diverse località del Friuli-Venezia Giulia sono stati predisposte un totale di 179 trappole a feromoni di tipo "Theysohn" (a radiatore). Ogni trappola, innescata col feromone di aggregazione per *Ips typographus*, è stata controllata settimanalmente e tutti gli insetti in essa contenuti rimossi e contati. Tutti i dispenser dei feromoni sono stati rinnovati dopo circa 50 giorni dalla data di esposizione. Tutte le trappole sono state ritirate alla metà di settembre. Le catture percentuali medie dei primi tre anni della prova (1996-97-98) sono state utilizzate per creare un modello che permettesse di prevedere il numero complessivo d'insetti catturati durante l'arco dell'intera stagione successiva. I dati ottenuti nell'ultimo anno di studio (1999) sono invece stati impiegati per convalidare il modello. L'andamento termico è stato seguito grazie alla stazione meteorologica del comune di Enemonzo (UD) (400 m s.l.m.) che ha fornito i dati giornalieri delle temperature minime, massime e medie. Per comodità di elaborazione le temperature sono state calcolate come medie settimanali.

3.3. Risultati.

In ciascun anno considerato non vi sono mai differenze statisticamente significative fra le catture medie delle varie località considerate. Ci sono però differenze significative fra un anno e l'altro (ANOVA, $gl=3$; 76, $F=3,56$, $P<0,02$)

³ Tale soglia è molto variabile nello spazio e nel tempo in relazione, ad esempio, alle condizioni del popolamento arboreo. Sarebbe quindi opportuno definire di volta in volta le diverse soglie sulla base dei danni effettivamente riscontrati in bosco.

con catture del 1996 statisticamente superiori rispetto a quelle degli anni successivi (Test di Tukey, $P < 0,05$). L'andamento della temperatura media settimanale e delle catture medie percentuali sono presentate in Fig. III. Le relazioni fra l'andamento termico e la durata della prima generazione di *Ips typographus* sono riportate in tab. 3.

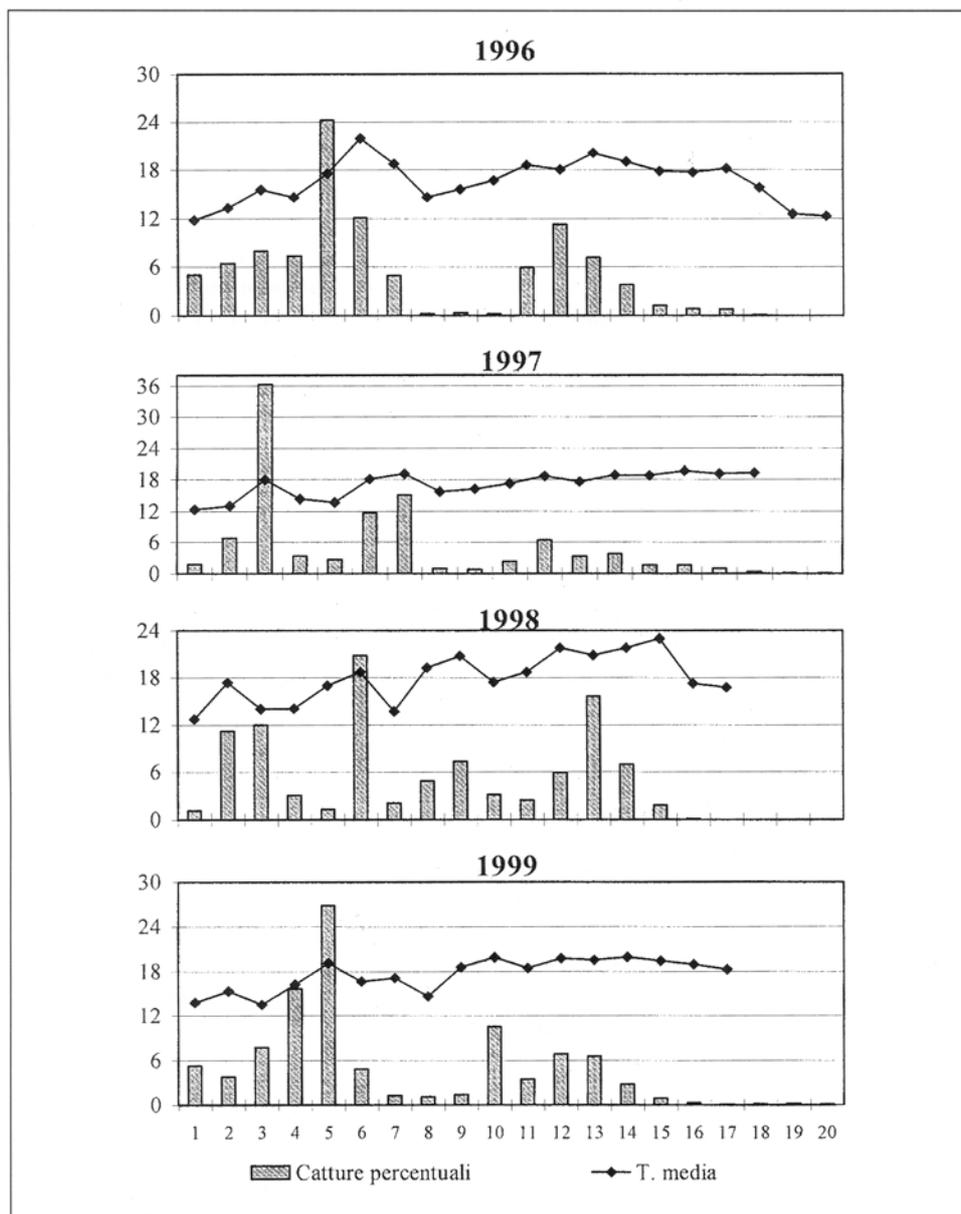


Fig. III. Catture medie percentuali e temperatura media settimanale nei 4 anni di studio.

Tab. 3. Durata della prima generazione. Legenda: n° giorni: tempo trascorso fra la comparsa degli adulti svernanti e quelli della prima generazione; $\Sigma T_{\min.}$, $\Sigma T_{\text{med.}}$ e $\Sigma T_{\max.}$: somme termiche 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.

Anno	n° giorni	$\Sigma T_{\min.}$ (°C)	$\Sigma T_{\text{med.}}$ (°C)	$\Sigma T_{\max.}$ (°C)
1996	49	565,8	874,5	1.203
1997	56	612,3	912,5	1.253
1998	49	641,2	928,4	1.259
1999	49	573,5	875,8	1.227

3.4. Discussione.

I picchi primaverili di sfarfallamento di *Ips typographus* si sono sempre avuti in corrispondenza di temperature medie dell'aria di almeno 18°C (Fig. III). Esprimendo i valori settimanali di cattura come percentuale del numero complessivo di insetti catturati nell'arco dell'intera stagione (maggio-settembre), emergono interessanti similitudini fra i diversi anni (Fig. III). Nei primi tre anni, in corrispondenza di una temperatura media settimanale di circa 18°C si può osservare il picco di volo più consistente che rappresenta circa il 25-30% del totale degli insetti catturati in tutto il periodo di monitoraggio (Fig. III). In particolare la percentuale media calcolata sui tre anni è pari a $27,13 \pm 8,13\%$. Nel 1999, quando la temperatura media ha raggiunto i 18°C, si sono registrate catture medie/trappola pari a 1.417 insetti. Ipotizzando che anche nel 1999 tale picco fosse pari al $27,13 \pm 8,13\%$ delle catture totali, ci si sarebbe aspettati, nell'intero periodo di monitoraggio, un numero complessivo di 5.223 ± 424 insetti/trappola. In effetti il picco avuto nel 1999 corrispondeva a circa il 26,84%, e dall'inizio alla fine della prova per ogni trappola sono stati mediamente catturati 5.279 adulti di *Ips typographus*. La stima compiuta ha quindi un margine d'errore di sole poche decine d'insetti. Ricalcolando la media su base quadriennale, in corrispondenza di temperature medie settimanali di 18°C si ottengono catture medie/trappola pari al $27,06 \pm 6,64\%$ delle catture totali annue. Si può ritenere che questi valori medi abbiano valenza regionale nonostante autori nord europei abbiano ottenuto risultati simili (Lindelöw e Weslien, 1986).

L'epoca d'inizio della seconda generazione varia in relazione all'altitudine e all'andamento climatico. Si è osservato che per ciascun anno, in relazione alla tipo di temperatura considerata (minima, media o massima), le somme termiche complessive richieste da *Ips typographus* per completare la prima generazione sono pari a circa 600 ($T_{\min.}$), 900 ($T_{\text{med.}}$) o 1.200°C ($T_{\max.}$) (tab. 3). A risultati analoghi sono giunti anche Wermelinger e Seifert, (1999) con allevamenti condotti a diversi regimi termici.

In conclusione, sembra esserci un meccanismo di soglia termica che determina l'interruzione della diapausa invernale, ed uno di somma termica dal quale dipende la durata del ciclo di sviluppo e, quindi, il numero di generazioni.

CONCLUSIONI

Come visto, lo sfarfallamento degli adulti di prima generazione può essere previsto semplicemente seguendo l'andamento delle temperature. Le catture avute in corrispondenza di temperature medie dell'aria di 18°C rappresentano circa il 26% delle catture medie/trappola aspettate per l'intera campagna di monitoraggio. Generalmente la durata del ciclo di sviluppo dello scolitide, inteso come periodo trascorso dal volo degli adulti di una generazione al volo di quelli della generazione successiva, richiede mediamente 7-8 settimane. In centro e nord Europa tale periodo si allunga a 8-10 settimane e oltre (Annala, 1969; Botterweg, 1983). La durata della seconda generazione è anch'essa influenzata dalle temperature, sebbene gli adulti di comparsa tardo estiva non diano origine a un volo di sfarfallamento ma rimangono sotto le cortecce in attesa dell'inverno (Ambrosi e Angheben, 1986; Abgrall e Schvester, 1987). Sulla base dell'epoca d'inizio della seconda generazione si potrà inoltre valutare se l'insetto affronta l'inverno come adulto o in uno stadio preimmaginale. Tale informazione diviene preziosa in sede di previsione dell'entità numerica delle popolazioni attese per la primavera successiva. La presenza delle "generazioni sorelle" può essere localmente importante poiché la riemersione può riguardare anche più dell'80% degli adulti di prima generazione. Non si è però trovata una regola generale utile per la stima di tale fenomeno. Nemmeno lo studio della *sex-ratio* sembra fornire un valido aiuto nell'interpretazione dei picchi di sfarfallamento sebbene durante il periodo estivo, quando cioè la comparsa dei riemergenti è più probabile, si osservi un maggior numero di femmine.

RINGRAZIAMENTI

Un ringraziamento particolare al Prof. Luigi Masutti del Dipartimento di Agronomia Ambientale e Produzioni Vegetali – Entomologia dell'Università degli Studi di Padova e al Prof. Andrea Battisti dell'Istituto Sperimentale di Patologia e Zoologia Forestale e Agraria dell'Università di Firenze per i preziosi suggerimenti e per la revisione critica di questo lavoro. Un sentito ringraziamento alla Dott.essa Gabriella Frigimelica e al Dott. Fabio Stergulc per tutto il tempo che hanno dedicato a me e a questo lavoro. Un grazie a tutto il Corpo Forestale Regionale del Friuli-Venezia Giulia con particolare riferimento alla Stazione Forestale di Paluzza e di Trieste per l'insostituibile aiuto durante le prove in campo.

RIASSUNTO

Il coleottero scolitide *Ips typographus* (Linnaeus) è il più temibile insetto delle foreste di abete rosso, *Picea abies* Karsten, in Eurasia. Recentemente l'insetto ha causato gravi danni anche alle foreste italiane. Le tradizionali misure di controllo prevedono l'uso di trappole e alberi esca resi attrattivi dai feromoni di aggregazione dell'insetto, ma i dati riferiti all'applicazione di queste tecniche nel nostro territorio sono molto limitati. La diversità delle foreste italiane rispetto a quelle dell'Europa centrale e settentrionale lasciano inoltre supporre l'esistenza di differenze nell'efficacia di cattura di tecniche simili. Lo scopo del presente studio era quello di valutare il numero di insetti catturati da diversi tipi di trappole a feromoni e alberi esca in diverse stagioni.

La prova è stata condotta in Friuli-Venezia Giulia su un periodo di due anni. Nel 1997 lo studio ha previsto l'impiego di quattro gruppi di alberi esca con tre repliche per ciascun gruppo. Ogni replica era costituita da due sezioni di tronco di abete rosso (1m di lunghezza e 20cm di diametro) alloggiati in una cassa in legno. I quattro tipi di alberi esca erano così costituiti: 1) tronchi trattati con Deltametrina (nome commerciale Decis®) e innescati con feromone (80mg di cis-verbenolo, 1,8mg di 2-methyl-3-butin-2-olo e 8mg di ipsdienolo) (Decis+Feromone: D+F); 2) tronchi trattati con Deltametrina (D); 3) tronchi innescati con feromone (F); 4) tronchi non trattati e non innescati (Controllo: C). Negli stessi luoghi ed epoche, cinque trappole a feromoni di tipo Theysohn sono state innescate con lo stesso feromone di aggregazione. La prova è iniziata a metà maggio e si è protratta ininterrottamente fino a metà settembre. I "dispenser" dei feromoni sono stati sostituiti e i trattamenti insetticidi ripetuti a circa metà della prova (02/07/1997). Contemporaneamente i tronchi non trattati con insetticida (gruppi C e F) sono stati sostituiti con nuove sezioni. Nel 1998 è stato ripetuto lo studio utilizzando solo il tipo di albero esca D+F, e solo tre trappole a feromoni. La prova è iniziata il 12/05 e si è conclusa il 19/09. I feromoni sono stati sostituiti il giorno 02/07 in tutte le trappole ma solo in una delle tre repliche di alberi esca. Tutti gli insetti sono stati raccolti e contati settimanalmente. In settembre i tronchi sono stati scortecciati per verificare la presenza di gallerie di sviluppo di *Ips typographus*.

Nel 1997 tutte le tesi sono fra loro statisticamente differenti (ANOVA, $df=3; 8, F=251,05; P<0,0001$) ad esclusione di C e D che presentano catture omogenee e molto basse. Tutte le trappole a feromoni hanno catturato un numero simile di insetti. Non ci sono mai differenze significative fra catture primaverili ed estive. Confrontando le trappole con gli alberi esca di tipo D+P non si trovano differenze significative. Nel 1998, il numero complessivo di *Ips typographus* catturati in primavera con gli alberi esca è maggiore di quello estivo (ANOVA, $df=1; 14, F=0,137; P<0,03$). Le trappole catturano più dei tronchi esca sia complessivamente (ANOVA, $df=1; 36, F=8,08, P<0,01$) che in estate (ANOVA, $df=1; 18, F=5,04, P<0,04$), ma non in primavera. Confrontando i valori dei due anni, considerando gli alberi esca (gruppo D+F) sia globalmente che in estate le catture del 1997 sono maggiori di quelle del 1998 (ANOVA, $df=1; 32, F=8,31, P<0,001, df=1; 16, F=10,78, P<0,004$, rispettivamente), mentre sono simili in primavera. Fra gli anni non è emersa alcuna differenza nella capacità di cattura delle trappole a feromoni. Nessun albero esca alla fine della prova presentava fori d'ingresso dello scoltide.

L'efficienza di cattura degli alberi esca di tipo D+F è molto simile a quella delle trappole a feromoni. I "dispenser" dei feromoni devono però essere cambiati dopo circa 50 giorni dall'inizio della prova. La copertura insetticida sembra invece sufficiente per proteggere i tronchi durante tutto il periodo di volo di *Ips typographus*.

PAROLE CHIAVE: *Ips typographus*, Coleoptera, Scolytidae, Alpi sudorientali.

Bio-ecology of bark beetles *Ips typographus* (L.) and species recently affecting the Italian forests

PART I

Biology, ecology and control of *Ips typographus* (L.) on the South-eastern Alps

SUMMARY

The spruce bark beetle *Ips typographus* (Linnaeus) is the most damaging insect attacking Norway spruce, *Picea abies* Karsten, in Eurasia. Recently, the beetle has also caused great damage to the forests of the Southern Italian Alps. The traditional control measures included traps and trap-trees baited with aggregation pheromone, but Italian literature provides very limited information about the different techniques of control. However, the diversity of the Italian forests compared to the North and Central Europe stands may suggest possible differences in the efficiency of the same trapping system. The aim of the present study was to estimate the total number of bark beetles caught by different trap-tree types, compared to pheromone trap captures in different seasons.

The study was conducted over two years in a mountain spruce stand in the south-eastern Italian

Alps (Friuli-Venezia Giulia). In 1997 the experiment consisted of four groups of trap-trees with three replicates in each group. Each replicate consisted of two neighbouring spruce logs (1m long, 20 cm diameter) laid in an open wooden box covered with wire mesh. The four treatment groups were: 1) logs treated with Deltamethrin (commercial name Decis®), baited with pheromone (80 mg of cis-verbenol, 1.8 mg of 2-methyl-3-butin-2-ol and 8 mg of ipsdienol) (Decis+Pheromone: D+P); 2) logs treated with Deltamethrin (D); 3) logs baited with pheromone (P); 4) logs untreated, non-baited (Control-C). On the same site five Theysohn traps were baited with the same pheromone. The trapping period was from 20/05 until 19/09/1997. The pheromone dispensers were replaced and the insecticide treatments repeated on 02/07/1997. At the same time the logs not treated with Decis (groups C and P) were replaced with fresh spruce logs. In 1998 the study was repeated only with the D+P group, and with only three Theysohn traps baited with the same pheromone as 1997. The trial was conducted from 12/05 to 19/09/1998, and the pheromone was replaced in all traps but in only one trap-tree replicate on 02/07/1998. Insects were removed weekly from the floor of the wooden boxes and the collection trays in the pheromone traps. In September the trap-tree bark was checked for penetration holes excavated by *Ips typographus* adults. The means were compared by analysis of variance (ANOVA test) and by post-hoc comparisons with Tukey multiple t-test. In all cases $\alpha=0.05$.

In 1997 all of the groups were significantly different from each other (ANOVA, $df=3; 8, F=251.05, P<0.0001$) except for between groups C and D. The low numbers obtained both from the trial with insecticide only (D) and the control (C) did not allow statistical analysis. All pheromone traps caught a similar number of insects. Significant differences between the spring and summer catches were never found. Comparison of traps and D+P trap-tree showed no differences. The traps were compared only with the D+P group because the capture numbers in the other treatments were too low to allow comparison. In 1998, no significant differences between the D+P replicates were found, but the total number of *Ips typographus* obtained in spring was higher than in summer (ANOVA, $df=1; 14, F=0.137, P<0.03$). Significant differences were not found between pheromone trap catches or between spring and summer. The pheromone traps caught more than trap-trees both throughout the whole monitoring period (ANOVA, $df=1; 36, F=8.08, P<0.01$) and in summer (ANOVA, $df=1; 18, F=5.04, P<0.04$), but not in spring. Comparing the results of the two years, in trap-trees (only D+P type) both total and summer catches were higher in 1997 (ANOVA, $df=1; 32, F=8.31, P<0.001, df=1; 16, F=10.78, P<0.004$, respectively), but spring catches were not different. No differences occurred between total pheromone trap catches in 1997 and 1998. No trap-tree had penetration holes by the end of the summer.

The efficiency of treated baited trap-trees has been found to be very similar to traditional pheromone traps. In similar studies was found that during a whole flight of *I. typographus*, trap-trees always killed a total number of beetles excess of the total number of beetles caught by the Theysohn traps. However, stand trap-trees treated up to 6 m were used, and the number of insects caught were not counted but estimated. The lower catches in summer 1998 by D+P trap-trees compared both to traps in summer 1998 and to D+P trap-trees in summer 1997 indicate that the pheromone dispenser must be renewed around the middle of the flying period. Particularly, dispensers exposed to the action of sun and wind, as is usually the case on a trap-tree, most probably had a greater pheromone diffusion rate during the beginning of the experiments, but they dried up quickly and caught fewer insects during the end of the trapping campaigns. The insecticide treatment appears instead to provide a complete protection during all period of *Ips typographus* activity. However, although the results of experiments similar to this study are highly variable, partly due to variations in the experimental design and in environmental variability, the treated, baited trap-trees show numerous advantages: pheromones make any tree attractive, catches do not stop after colonisation of the tree, trap-trees do not have to be debarked at a particular time and, consequently, require much lower surveillance.

KEY WORDS: *Ips typographus*, Coleoptera, Scolytidae, South-eastern Alps.

BIBLIOGRAFIA CITATA

- ABGRALL J. F., 1987.- Utilisation de la méthode des arbres pièges avec les phéromones de synthèse dans la lutte contre le typographe.- *CEMAGREF - Inf. Tech.*, 67: 1-4.
- ABGRALL J. F., SCHVESTER D., 1987.- Observation sur le piégeage de *Ips typographus* L. après chablis.- *Revue Forestière Française*, XXXIX: 359-377.
- AMBROSI P., ANGEBEN D., 1984.- Impiego di nuove tecniche di lotta biochimica contro l'*Ips typographus* L.- *Esperienze e Ricerche*, 14: 21-29.

- AMBROSI P., ANGHEBEN D., 1986.- Osservazioni sul ciclo biologico dell'*Ips typographus* 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., 1985.- Dispersal of reemerged spruce bark beetles, *Ips typographus* (Coleoptera, Scolytidae): a mark-recapture experiment.- *Z. ang. Ent.*, 99: 21-25.
- ANDERBRANT O., 1986.- A model for the temperature and density dependent reemergence of the bark beetle *Ips typographus*.- *Ent. Exp Appl.*, 40: 81-88.
- ANDERBRANT O., 1989.- Reemergence and second brood in the bark beetle *Ips typographus*.- *Holart. Ecol.*, 12: 494-500.
- ANNILA E., 1969.- Influence of the temperature upon the development and voltinism of *Ips typographus* L. (Coleoptera, Scolytidae).- *Ann. Zool. Fenn.*, 6: 161-207.
- ANNILA E., 1971.- Sex-ratio in *Ips typographus* L. (Col., Scolytidae).- *Ann. Ent. Fenn.*, 37: 7-14.
- BAKKE A., FROYEN P., SKATTEBOL L., 1977.- Field response to a new pheromonal compound isolated from *Ips typographus*.- *Naturwissenschaften*, 64: 98.
- BERRYMAN A. A., 1982b.- Population dynamics of bark beetles.- In: *Bark beetles of North America conifers*. Mitton J. B., Sturgeon K. B. Eds. Austin, Univ. of Texas Press: 254-314.
- BOTTERWEG P. F., 1982.- Dispersal and flight behaviour of the spruce bark beetle *Ips typographus* in relation to sex, size and fat content.- *Z. ang. Ent.*, 94: 466-489.
- BOTTERWEG P. F., 1983.- The effect of the attack density on size, fat content and emergence of the spruce bark beetle *Ips typographus* L.- *Z. ang. Ent.*, 96: 47-55.
- CHRISTIANSEN E., BAKKE A., 1988.- The spruce bark beetle of Eurasia.- In: *Dynamics of forest Insect Populations. Patterns, Causes, Implications*. Berryman A. A. Ed., Plenum Press, New York.
- KINKERDALL L. R., 1983.- The evolution of mating system in bark and ambrosia beetles (Coleoptera: Scolytidae and Platypodidae).- *Zool. J. Linn. Soc.*, 77: 293-352.
- KOIZUMI C., YAMAGUCHI H., 1967.- Ecological researches on the Ezo eight-spined engraver, *Ips typographus* L. f. *japonicus* Nijima, with special reference to its reproduction, behaviour and dispersal. IV External sexual markings, the sex-ratio and attack behaviour of the beetles.- *Bull. Govern. Forest Exp. Stn.*, 204: 130-134.
- LINDELÖW Å., WESLIEN J., 1986.- Sex-specific emergence of *Ips typographus* L. (Coleoptera: Scolytidae) and flight behavior 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.
- MINERBI S., AMBROSI P., SALVADORI C., BURGER A., 1998.- Efficacia di tipi diversi di trappole e feromoni nella lotta all'*Ips typographus*.- *Atti XVIII Congr. Naz. It. Ent., Maratea 21-26 Giugno*: 259.
- PFEFFER A., 1995.- Zentral- und westpaläarktische Borken- und Kernkäfer (Coleoptera: Scolytidae, Platypodidae).- *Pro Entomologica*, ed. Naturhistorisches Museum Basel, 310 pp.
- RATY L., DRUMONT A., DE WINDT N., e GRÉGOIRE J.-C., 1995.- Mass trapping of the spruce bark beetle *Ips typographus* L.: traps or trap trees?. *For. Ecol. Manag.*, 78: 191-205.
- REID M. L., 1999.- Monogamy in the bark beetle *Ips latidens*: ecological correlates of an unusual mating system.- *Ecol. Ent.*, 24: 89-94.
- WERMELINGER B., SEIFERT M., 1999.- Temperature-dependent reproduction of the spruce bark beetle *Ips typographus*, and analysis of the potential population growth.- *Ecol. Ent.*, 24: 103-110.