



Tavole Rotonde sui maggiori problemi
riguardanti l'Entomologia Agraria in Italia
Sotto gli auspici del MIPAAF

XVIII.

BIOTECNICHE E NUOVE FRONTIERE NELLA DIFESA DEGLI ECOSISTEMI FORESTALI



Estratto da:
ATTI DELLA
ACCADEMIA NAZIONALE
ITALIANA DI ENTOMOLOGIA
Rendiconti Anno LVII - 2009



Tavole Rotonde sui maggiori problemi
riguardanti l'Entomologia Agraria in Italia
Sotto gli auspici del MIPAAF

XVIII.

BIOTECNICHE E NUOVE FRONTIERE NELLA DIFESA DEGLI ECOSISTEMI FORESTALI

Estratto da:
ATTI DELLA
ACCADEMIA NAZIONALE
ITALIANA DI ENTOMOLOGIA
Rendiconti Anno LVII - 2009

© 2009 Accademia Nazionale Italiana di Entomologia
50125 Firenze - Via Lanciola 12/a

ISBN 978-88-96493-02-1

PRESENTAZIONE

«During the writer's investigations of extensive insect depredations in the forests of West Virginia, from 1890 to 1902, he was forcibly impressed with the importance of the forest-insects problem in connection with any future efforts toward the successful management of the forest of this country.»

A.D. Hopkins, 1909

Ecosistemi relativamente stabili in cui la componente arborea media con i suoi cicli pluriennali i flussi di materia organica, le foreste sostengono complesse comunità vegetali e microbiche e rappresentano, anche nei climi temperati, i più grandi serbatoi di biodiversità animale, in massima parte racchiusa nei Phylum Arthropoda e Nematoda. In particolare gli insetti inclusi tra i consumatori e i demolitori partecipano attivamente ai cicli della sostanza organica e degli elementi minerali, altrimenti destinati, senza l'intervento di questi organismi, ad una lunga immobilizzazione, soprattutto per quanto attiene la quota conservata nelle strutture legnose durevoli.

A fronte dello svolgimento di ruoli fondamentali da parte dei diversi gruppi funzionali di insetti che intervengono nelle complesse reti di interrelazioni che caratterizzano struttura e capacità omeostatiche degli ecosistemi forestali, con un ruolo primario nel mantenimento di condizioni di vigore del sistema, alcune specie di questi esapodi possono superare la capacità portante delle foreste determinando perdite di produzione e in taluni casi irreversibili declini.

Le infestazioni di insetti fitofagi in ambienti forestali, con spettacolari gradazioni di lepidotteri

limantriidi od estese morie determinate da improvvisi aumenti massali di coleotteri scolitidi caratterizzati da elevata aggressività e notevoli potenziali biotici, hanno richiamato da tempo l'attenzione di ricercatori impegnati nella difesa delle foreste. Le relativamente recenti invasioni biologiche di insetti esotici in relazione ai sempre più intensi e rapidi scambi commerciali e ai cambiamenti climatici che stanno favorendo l'insediamento e l'acclimatazione di specie ad ampia valenza ecologica, hanno inoltre complicato l'opera di tutela, in un contesto di accresciuta attenzione ambientale. La necessità di affrontare la difesa fitosanitaria delle principali tipologie forestali che caratterizzano i boschi della penisola italiana e delle principali isole con nuovi strumenti in grado di coniugare efficacia e minimo impatto ambientale si associa oggi alla consapevolezza di disporre di nuovi mezzi informatici e biotecnologici per proteggere i patrimoni forestali.

La Tavola Rotonda che l'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia ha voluto dedicare alla tematica «Biotecniche e nuove frontiere nella difesa degli ecosistemi forestali», non a caso si apre con una relazione sull'avvio delle scuole di Entomologia Forestale italiane, che sottolinea in modo marcato l'importanza del contributo del grande naturalista toscano del '600 Francesco Redi, a cui si devono non solo scoperte basilari per il progresso della scienza tutta ma anche osservazioni e descrizioni d'avanguardia su insetti e acari delle «selve».

BACCIO BACCETTI

Presidente dell'Accademia Italiana di Entomologia

INDICE

BIOTECNICHE E NUOVE FRONTIERE NELLA DIFESA DEGLI ECOSISTEMI FORESTALI

PIO FEDERICO ROVERSI – <i>Biotecniche e nuove frontiere nella difesa degli ecosistemi forestali</i> – <i>Introduzione</i>	Pag. 53
LUIGI MASUTTI, MARCO VITTORIO COVASSI – <i>L'entomologia forestale italiana</i>	» 57
SANTI LONGO – <i>Fitofagi esotici e invasioni biologiche negli ecosistemi forestali</i>	» 69
ANDREA BATTISTI, MASSIMO FACCOLI – <i>Effetti dei cambiamenti climatici sulle popolazioni di insetti forestali</i>	» 79
PIETRO LUCIANO – <i>Tecniche di monitoraggio fitosanitario e utilizzo di dati georeferenziati</i>	» 83
ORESTE TRIGGIANI – <i>Strategie di controllo con entomopatogeni</i>	» 99
RIZIERO TIBERI – <i>Controllo biologico degli insetti in foresta: passato, presente e futuro</i>	» 107
ANDREA BINAZZI, PIO F. ROVERSI, FABRIZIO PENNACCHIO, VALERIA FRANCARDI, JACOPO DE SILVA, LORENZO MARZIALI, LEONARDO MARIANELLI – <i>Interventi biotecnici realizzati in Italia in ambienti forestali</i>	» 117

SEDUTA PUBBLICA, FIRENZE 27 NOVEMBRE 2009

Giornata culturale su:

BIOTECNICHE E NUOVE FRONTIERE
NELLA DIFESA DEGLI ECOSISTEMI FORESTALI

Coordinatore:

PIO FEDERICO ROVERSI, Accademico

BIOTECNICHE E NUOVE FRONTIERE NELLA DIFESA DEGLI ECOSISTEMI FORESTALI INTRODUZIONE

PIO FEDERICO ROVERSI (*)

(*) CRA-ABP Centro di Ricerca per l'Agrobiologia e la Pedologia; piofederico.roversi@entecra.it
Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 27 novembre 2009,

Il complesso mosaico degli ecosistemi forestali del nostro Paese, profondamente modificati dall'uomo negli originali assetti floristici, strutturali e spaziali, fronteggia oggi in modo crescente vere e proprie emergenze fitosanitarie, derivanti non solo dall'intensificarsi e dall'estendersi delle infestazioni di insetti fitofagi, indigeni o da lungo tempo insediatisi nell'area mediterranea, ma anche da un aumento esponenziale nelle introduzioni accidentali recenti e dalla successiva diffusione epidemica di specie nocive provenienti da altri areali, favorite nel loro arrivo dagli spostamenti di persone e trasporti di merci sulle tratte intercontinentali. Si aggiungono a tutto ciò i cambiamenti climatici in atto, i cui effetti diretti su vegetali e animali dei principali sistemi agroforestali sono ancora in gran parte da definire, così come le ricadute nelle complesse reti di interrelazioni costruite e mantenute dalle diversificate componenti che caratterizzano la biodiversità funzionale delle foreste. Tutto questo, peraltro, non solo con riferimento a boschi e macchie ma anche in relazione alla diffusione di impianti per la produzione di biomasse legnose e materiali da destinare a filiere industriali, più o meno estesi ed intensamente coltivati, utilizzati con turni relativamente brevi.

Costituiscono esempi chiarificatori la diffusione epidemica nelle pinete di Pino marittimo della Cocciniglia corticicola *Matsucoccus feytaudi* (Ducasse), ormai configuratasi in Liguria e Toscana come una vera e propria invasione biologica in grado di devastare le formazioni di questa pinacea e il moltiplicarsi degli attacchi su ampie superfici di querceti caducifogli delle regioni centro-settentrionali della Processionaria della quercia, *Thaumetopoea processionea* L., lepidottero le cui infestazioni hanno interessato per molti decenni prevalentemente

piante isolate o vegetanti in condizioni di ecotono. Con riferimento alle problematiche sollevate da specie esotiche di recente introduzione è necessario porre attenzione anche alle implicazioni derivanti dal potenziale biotico di specie galligene partenogenetiche, come il Cinipide del Castagno *Dryocosmus kuriphilus* Yatsumatsu, che libero di colonizzare pressoché indisturbato i Castagneti ha percorso con grande rapidità l'arco appenninico, sollevando allarmate reazioni e non di rado inducendo ad un pericoloso uso di prodotti a largo spettro, le cui ricadute stanno oggi presentando i primi onerosi conti con il pullulare di specie fitofaghe mai rilevate in passato ad alti livelli di popolazione. Tra gli insetti nocivi accidentalmente introdotti nel nostro Paese sono da annoverare anche alcuni insetti spermo-carpofagi in grado di compromettere la produzione di seme di boschi e arboreti. Nelle formazioni litoranee di Pino domestico, la Cimice americana *Leptoglossus occidentalis* Heidemann, ha determinato con le punture di alimentazione un vero e proprio crollo nella fruttificazione decimando la produzione di strobili nei primi due anni di sviluppo delle pigne, con ricadute negative sia per la rinnovazione delle particelle stramature che per la produzione di pinoli che consentivano il mantenimento di una nicchia produttiva in aree protette di rilevante importanza ambientale e paesaggistica. Tra gli insetti indigeni che in varie aree europee, Italia inclusa, grazie all'innalzamento delle temperature invernali ed al verificarsi di eventi estremi hanno progressivamente esteso la propria area di diffusione, colonizzando nuovi ambienti, può essere inclusa a pieno titolo la *Thaumetopoea pityocampa* (Den. et Schiff.), lepidottero di importanza non solo forestale ma anche igienico-sanitaria, che ha progressivamente conquistato nell'arco alpino

fasce altitudinali nelle quali fino a pochi anni fa non era possibile il mantenimento di popolazioni stabilmente insediate.

Nel loro complesso i fattori di disturbo delle foreste sono divenuti causa di vere e proprie emergenze in grado di condizionare i processi gestionali e la stessa conservazione degli ecosistemi, divenendo in alcuni casi elemento di criticità con cui confrontarsi costantemente nella definizione delle scelte selvicolturali.

In questo scenario che vede contestualmente crescere anche nel nostro Paese l'attenzione per conservazione e oculata gestione del patrimonio forestale, si inseriscono attività di sperimentazione, studio e ricerca che nel tentativo di recepire quanto di più avanzato offre oggi il panorama scientifico cercano di dare risposte alle problematiche evidenziate. Aiuta in questo l'esistenza di un ristretto e qualificato numero di gruppi di ricerca di entomologia forestale la cui costituzione è stata avviata da autorevoli membri dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia che ha voluto dedicare questa giornata di studio alla tematica «Biotecniche e nuove frontiere nella difesa degli ecosistemi forestali».

In tale sede Santi Longo dell'Università di Catania, da tempo impegnato sul fronte degli studi afferenti gli insetti fitofagi esotici, aprendo i lavori della giornata ha presentato una esauritiva disamina sulle specie che in anni recenti hanno determinato vere e proprie invasioni biologiche, unitamente alla illustrazione di un ulteriore elenco di specie ad elevato rischio di introduzione e acclimatazione. In tale ambito è stato posto in evidenza il ruolo fondamentale delle misure di quarantena e controllo dei vegetali e dei loro prodotti che arrivano o transitano sul territorio nazionale.

Andrea Battisti dell'Università di Padova, che da anni si occupa di insetti fitofagi a differente specializzazione ecologico-nutrizionale attivi in boschi di conifere, ha trattato con una visione generale gli «Effetti dei cambiamenti climatici sulle popolazioni di insetti forestali». La presentazione ha trattato le problematiche derivanti dell'espansione degli areali di talune specie e gli effetti sugli ecosistemi forestali di una maggiore sopravvivenza degli stadi svernanti unita ad una accelerazione dei cicli delle specie polivoltine a loro volta determinate da un aumento delle temperature minime invernali e da un incremento delle temperature estive.

«Le tecniche di monitoraggio e l'utilizzo di dati georeferenziati» sono state illustrate da Pietro Luciano dell'Università di Sassari, che ha posto

con forza il problema dei limiti di qualsiasi intervento richiesto e realizzato in bosco solo a danni conclamati e sottolineato l'esigenza di implementare reti permanenti di monitoraggio dello stato fitosanitario georeferenziate unitamente all'impiego di metodiche di interpretazione dei dati mutate dalla geostatistica, quali strumenti indispensabili per una corretta pianificazione degli interventi di difesa. L'intervento ha offerto una panoramica di quanto di più avanzato si stia facendo nel campo dell'analisi spaziale e delle relative potenzialità, senza trascurare le possibilità di utilizzo di informazioni ottenibili con il ricorso ad immagini multispettrali acquisite tramite mezzo aereo o da satellite.

L'incontro è entrato nella specifica tematica del controllo delle specie nocive con la lettura di Oreste Triggiani dell'Università di Bari, che ha dedicato molti dei suoi studi agli agenti di malattia degli insetti nell'ottica di un loro utilizzo in ambito forestale, con la presentazione «Strategie di controllo con entomopatogeni». Come naturale parte del tempo è stato dedicato alle esperienze relative all'impiego del batterio aerobico sporigeno *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* a motivo dell'impiego anche nel nostro Paese di questo agente di controllo per interventi sperimentali su vaste superfici forestali con distribuzione mediante mezzi aerei muniti di atomizzatori. La trattazione degli entomopatogeni ha incluso virus e soprattutto nematodi con una esposizione che ha fatto il punto non solo sulle entità già disponibili prodotte in apposite biofabbriche, ma ha anche permesso di delineare un quadro della diffusione di questi organismi in natura nei nostri ambienti forestali a clima mediterraneo.

L'utilizzo degli insetti entomofagi per programmi di lotta biologica è stato preso in esame da Rizio Tiberi dell'Università di Firenze, la cui esperienza è maturata proprio in questo settore con ricerche che hanno preso avvio con studi afferenti gli ooparassitoidi di lepidotteri defogliatori. La comunicazione, che ha riunito esempi di varie prove di controllo realizzate in Italia, con esperienze fatte in differenti contesti ambientali, ha permesso di porre in evidenza l'evoluzione di questo settore ed in particolare delle linee di ricerca relative all'utilizzo combinato di antagonisti naturali e semiochimici in grado di favorire un potenziamento della risposta degli ausiliari nei confronti della specie target da controllare. Altro aspetto evidenziato è stato quello relativo alle possibilità offerte da sistemi di stoccaggio di organismi a temperature ultrabasse per consentire di disporre di elevati

quantitativi di entomofagi nei momenti più opportuni per la loro liberazione in natura.

Da ultimo Andrea Binazzi del Centro di Ricerca per l'Agrobiologia e la Pedologia di Firenze del CRA che ad una raffinata preparazione di tassonomo ha da tempo unito un forte impegno nella messa a punto di strumenti per contrastare e contenere le invasioni biologiche in ambienti forestali, a conclusione dei lavori della giornata ha presentato un contributo dal titolo «Interventi biotecnici realizzati in Italia in ambienti forestali». La lettura si è articolata su tre esempi di esperienze realizzate in Italia centrale in ecosistemi forestali per affrontare situazioni fitosanitarie di estrema gravità: l'inusuale e improvvisa gradazione di *Ips typographus* (L.) nell'alta Toscana ai confini con la Riserva Naturale Biogenetica Orientata di Campolino al cui interno si rinviene il relitto di una pecceta autoctona tra le più meridionali d'Europa; le comparse massali di *Thaumetopoea processionea* L. in migliaia di ha di formazioni pure di Cerro e miste di Cerro e Roverella avviate all'alto fusto; la diffusione

epidemica di *Matsucoccus feytaudi* (Ducasse) nei boschi coetaniformi di Pino marittimo del Parco Regionale di Migliarino, S. Rossore, Massaciuccoli posti a protezione delle retrostanti pinete di Pino domestico.

L'entomologia forestale è chiamata oggi a rispondere a sfide difficili in un contesto di grande attenzione verso le più generali tematiche ambientali e contestuale aggravarsi delle problematiche fitosanitarie. Nel contempo la ricerca scientifica sta aprendo orizzonti di estremo interesse coniugando linee di ricerca avanzata con strumenti di interpretazione della realtà mutuati dall'ecologia applicata. I qualificati contributi presentati in questo volume degli Atti, evidenziano l'impegno di gruppi di ricerca italiani e la loro vitalità nell'acquisire nuove conoscenze sul funzionamento e sulle risposte degli ecosistemi forestali, nonché nel realizzare innovativi interventi di controllo. Il filo conduttore rimane il rispetto della foresta, della sua ricchezza biologica, delle sue reti trofiche e dei suoi meccanismi di omeostasi.

L'ENTOMOLOGIA FORESTALE ITALIANA

LUIGI MASUTTI (*) - MARCO VITTORIO COVASSI (**)

(*) Dipartimento di Agronomia ambientale e produzioni vegetali. Università di Padova, Agripolis, 35020 Legnaro PD.

(**) CRA - Centro di Ricerca per l'Agrobiologia e la Pedologia, via Lanciola 12/a - 50125 Firenze.

Lettura tenuta durante la Tavola rotonda «Biotecniche e nuove frontiere nella difesa degli ecosistemi forestali».

Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 27 novembre 2009.

Italian forest entomology

In the world, use and conservation of woods have long been made without taking care of the protection of forests from harmful insects. At least in temperate or wet tropical zones, for millennia the human economy had a lot of woods at its disposal, often even too many. So, for a long time, the need to prevent damages caused by insects was mostly identified with the preservation of timber from natural decay.

However, the radical changes that had taken place in forest management following the industrial revolution required to solve several new, unexpected problems. In Italy, after the unification, wide new plantations were to be protected and many old woodlands of increasing value were threatened by the usual impending dangers; this urgency forced to recruit specialists, to be found among agricultural entomologists only. Although some researchers (mostly physicians) had studied forest insects in the preceding centuries, it was just in the 1900s that a proper scientific framework of forest entomology was outlined from the initiatives of some high officials of the ministerial plant protection service. Among these, Giacomo Cecconi is to be considered the true founder of the discipline, especially for the publication of a treatise on forest entomology, yet the only available nowadays in Italy.

The subsequent scientific development proceeded then from the establishment of a specialised research centre in Florence and the introduction of the first professorships at some Italian universities.

KEY WORDS: forest, entomology Italy, origin, development.

NASCITA E CONSOLIDAMENTO DI UNA DISCIPLINA

Com'è avvenuto in generale per le entomologie applicate, sorte al manifestarsi della necessità di assicurare la sopravvivenza di un gran numero di persone o di difendere cospicui sistemi produttivi, l'entomologia forestale, ultima arrivata, non ha avuto occasioni d'imporsi come disciplina fino a che non s'è trattato di salvare ingenti patrimoni boschivi nell'interesse di interi stati o di grandi aziende private.

Ciò spiega perché la protezione dei beni silvani abbia ottenuto una base scientifica in tempi e modi diversi e, tardi, una vera e propria investitura come branca particolare dell'entomologia.

Nel 1718, poco prima di affrontare uno scontro decisivo (e per lui fatale) nel tentativo di recuperare parte di quanto perduto con il disastro di Poltava (1709), il battagliero re di Svezia Carlo XII pubblica un solenne brevetto di riconoscimento dell'invenzione di un preparato per la difesa del legname dai fattori biotici di decomposizione. Tale si era infine rivelata l'importanza della materia lignea per uno stato pesantemente gravato da impegni bellici imma-

ni in terre lontane con la travolgente partecipazione ai conflitti che da un secolo tormentavano l'Europa. È, questo, un primo ma isolato esempio di preoccupata corsa ai ripari nel quadro generale dell'uso di una ricchezza nazionale lentamente e difficilmente rinnovabile. Soltanto più tardi, ancora nella Svezia, la scuola di Linneo dà con GMELIN (1787) chiari segni di apertura all'esame di problemi inerenti alla difesa dei boschi dagli insetti. Lo scorcio del '700 vede intanto apparire prodromi di studi su tale argomento nell'ambiente tedesco.

Saranno tuttavia alcuni importanti eventi politici, economici o naturali, a smuovere l'inerzia di grandi amministrazioni, avviando per forza di cose la vicenda dell'entomologia forestale e offrendo a quest'ultima un campo di ricerca straordinariamente prodigo di spunti di indagine, a vantaggio, ben presto, della stessa entomologia pura, cui ovviamente la disciplina applicata dovette fin dall'inizio appoggiarsi.

Il processo prese le mosse quasi automaticamente nell'Europa centrale, dove la Prussia, sospinta dalla corrente di quello che stava per esplodere come pangermanesimo, incaricò

Julius Theodor Christian RATZEBURG di redigere i fondamentali «Forstinsekten» (1837-1844), nell'intendimento di predisporre la difesa di un patrimonio naturale tedesco, base produttiva di un materiale di crescente, critica importanza per l'economia nazionale. I fermenti di tale iniziativa possono individuarsi già nella «Completa storia naturale di tutti gli insetti forestali dannosi» di BECHSTEIN & SCHARFENBERG (1804-1805), preceduta da una memoria del 1798.

In ogni caso, dopo Ratzeburg l'entomologia forestale va incontro a uno sviluppo inarrestabile. La rivoluzione industriale, che richiede a ritmo incalzante considerevoli quantità di legname facilmente lavorabile in assortimenti standard, costringe i grandi sistemi economici a costituire coniferete ovunque possibile e conveniente, anche sacrificando ampie estensioni di boschi di latifoglie. Si perdono così molti vasti querceti primigeni, già provati da plurisecolari prelievi per le costruzioni navali e soggetti a ulteriore, crescente depauperamento per allestire traverse ferroviarie¹, e si instaurano le instabili neocenosi di pecceta o pineta, che tanto filo da torcere daranno ai responsabili della loro difesa antiparassitaria. Ciò ha contribuito, si noti, a fornire essenziali fondamenti scientifico-pratici al controllo delle pullulazioni di insetti forestali.

È facile convenire, a questo punto, con Otto NÜSSLIN (1905), secondo il quale l'entomologia forestale può definirsi «in senso genetico» («in genetischem Sinne») «una scienza tedesca» («eine deutsche Wissenschaft»). In effetti, nel resto del mondo l'apparire di vere e proprie codificazioni di reperti, basi concettuali e indicazioni applicative ai fini della lotta contro gli insetti segue anche di molto la pubblicazione dei primi trattati medioeuropei. L'Inghilterra, rifatta lentamente la copertura forestale del suo territorio dopo la quasi totale distruzione del XVI secolo, paga tardi il tributo alla rischiosa introduzione di conifere allojene: «La trattazione» di Gillanders esce solo nel 1908 e quella di Neil Chrystal nel 1937; nella stessa Svezia una monografia entomologico-forestale non appare prima del 1939 (TRÄGÅRDH); in Francia, ove pure nel 1847 si era segnalato come interessante

anticipazione il «Cours de Zoologie forestière» di Auguste MATHIEU e si erano resi disponibili validi sussidi scientifici in campo sistematico e faunistico (si vedano, ad esempio, gli «Insectes du Pin maritime» di PERRIS (1851-1862) e gli «Insectes nuisibles au Chêne-liège» di LAMEY (1886)), la prima vera opera di entomologia forestale è redatta da BARBEY (1913).

In altre regioni del pianeta, predestinate sedi di notevoli intraprese selvicolturali, non si manifesta alcun interesse generale per lo studio degli insetti legati agli ambienti boschivi fino a che qualche accadimento di eccezionale gravità non scolla una sorta di sonnolenta abitudine a considerare i popolamenti arborei naturali quali risorse sfruttabili senza riguardo, come in precedenza avvenuto con la pesca oceanica, con l'abbattimento di grossi mammiferi selvatici e con l'uso dell'acqua dolce. È ben vero che alcune calamità affliggevano da tempo immemorabile la selvicoltura, ma l'economia ne risentiva quasi soltanto per i loro effetti letali sulle piante: erano ovunque temuti, nell'Europa centrale e settentrionale, i saltuari attacchi del «bostrico» [*Ips typographus* (Linnaeus)] alle peccete e quelli del «blastofago» [*Tomicus piniperda* (Linnaeus)] alle pinete di silvestre, ma il «grosso» dei malanni causati da insetti forestali e organismi connessi prorompe con vari fenomeni in conseguenza della crescente pressione di sfruttamento esercitata in disparati modi dall'uomo sui popolamenti arborei. I disastri provocati da defolianti e da xilofagi alle coniferete centroeuropree a partire dalla metà dell' '800 sono indiscussi esiti delle radicali trasformazioni dei soprassuoli già ricordate. L'immensa dotazione di boschi del Nordamerica non sembra suscitare eccessivi timori per quanto riguarda le perdite dovute ad attacchi di insetti fino al dilagare di *Lymantria dispar* (Linnaeus), introdotta, come noto, nel 1869 per inconcepibile leggerezza, nonostante le gravi perdite di assortimenti legnosi inflitte da coleotteri scoltidi e dallo «spruce budworm» [*Choristoneura fumiferana* (Clemens)], tanto che appena a metà del '900 i servizi forestali degli Stati Uniti investono nella lotta contro gli insetti una somma pari alla metà di quella spesa per il controllo degli incendi; e le prime organiche trattazioni di entomologia forestale appaiono a '900 già inoltrato (GRAHAM, 1929; ANDERSON, 1960). La diffusione della «grafiosi» dell'olmo nei boschi nearctici e il suo aggravato ritorno in Europa dipendono, è risaputo, da trasporti transoceanici. L'inatteso esplodere di devastanti infestazioni di *Sirex noctilio* Fabricius a danno del pino di Monterey

¹ Nelle Isole Britanniche la progressiva scomparsa dei boschi si era conclusa al tempo dei Tudor soprattutto per la necessità di ottenere combustibile per fondere il ferro (YAPP, 1962). Quanto alle richieste dell'ingegneria ferroviaria, un binario esigeva circa 1500 traverse lignee/km, ciascuna di cm 250x24x14 (pezzatura usuale delle Ferrovie dello Stato): totale massa lignea/km = m³ 125-130.

(*Pinus radiata* D. Don) ha interessato estese piantagioni di tale conifera (indigena di alcune circoscritte stazioni costiere della California) in Australia, Nuova Zelanda e Sudamerica. La «processionaria del pino» [*Traumatocampa pityocampa*] (Denis & Schiffermüller) è un chiaro esempio di insetto forestale assunto a un livello di primaria importanza per causa di iniziative umane, prima che le variazioni climatiche in corso favorissero il progressivo, deleterio diffondersi di tale defoliatore come di diversi altri fitofagi dei boschi. Quanto ai recenti o recentissimi allarmi suscitati da un incessante, intercontinentale trasferirsi di specie, è fin troppo evidente che l'intensificarsi dei trasporti a largo raggio di merci e di persone non cesserà di rimescolare con esiti imprevedibili flore e faune di regioni del globo finora rimaste biogeograficamente isolate, sollevando senza tregua problemi di aggiustamento degli scompensi ecologici oltre che di difesa dei boschi.

AVVIO E SVILUPPO DELLO STUDIO DEGLI INSETTI FORESTALI IN ITALIA

La posizione dell'Italia nei quasi due secoli di prorompente sviluppo dell'entomologia forestale ha seguito con lentezza il progredire delle cognizioni e dei criteri d'intervento in ambito europeo. Alle cause generali dell'inerzia elencate all'inizio, si integra la straordinaria varietà di ambienti boscosi che caratterizza il territorio italico, rendendolo un *unicum* ecologico nella Paleartide occidentale, e che però vanifica ogni possibile progetto comune di selvicoltura (intesa nel senso più vicino alla realtà e comprendente dunque la cura delle biocenosi) concordato tra le diverse amministrazioni pubbliche pre-unitarie. Ma perfino nell'importante caso della gestione di conifere alpine, segnatamente delle peccete, tradizioni e norme vigenti nei singoli stati hanno dato origine a un quadro di tipi di conduzione che a tutt'oggi, per i lunghi tempi richiesti dagli interventi modificatori nei sistemi forestali, attende una ricomposizione soddisfacente sul piano ecologico ed economico pur nella diversità delle situazioni consolidate nei secoli.

Parte, per quanto sopra, in ritardo, rispetto al resto d'Europa, una politica forestale nazionale e così parte in ritardo anche l'entomologia forestale. Nel 1869 Adolfo di Béranger ottiene che a Vallombrosa muova i primi passi il Regio Istituto Forestale (la «Forstakademie» prussiana di Eberswalde operava da quasi quarant'anni), ma non vi si apre una scuola di entomologia forestale,

perché il pur valoroso Giacomo CECCONI (*v. infra*) solo nel 1924, a proprie spese, riesce a pubblicare il prezioso manuale che a lungo ha dimostrato la sua utilità, tanto che finora non è stato seguito da trattazioni italiane di pari respiro. E tuttavia, nel terzo volume dei purtroppo mai completati «Forstinsekten» di ESCHERICH (1931), «G. Cecconi (Firenze)» ed «E. Malenotti (Verona)» sono inclusi «vor allem» tra gli specialisti europei di chiara fama cooperanti alla redazione del monumentale «Lehr- und Handbuch».

Nel nostro territorio, intanto, l'entomologia forestale comincia ad esigere impegni inattesi. I programmi di rimboschimento inclusi nei piani di sistemazione dei versanti forzano l'assetto ambientale di tante zone alpine e appenniniche in un modo che più tardi si dimostrerà dirompente sul piano ecologico: si estende l'area di vegetazione del pino nero. Ciò apre subito la porta a invasioni di insetti che approfittano di ampie superfici ricoperte di giovani piante della conifera in questione. Ne fa ben presto esperienza nello scorcio dell' '800 il giovane ispettore forestale Pietro Montanari, grande precursore nella formazione di pinete sull'Appennino Centrale; gli toccherà affrontare infestazioni di tortricidi blastofagi del genere *Rhyacionia*. Ma il peggio deve ancora arrivare. Sulle petraie del Carso Triestino, tenacemente bonificate con piantagioni di *Pinus austriaca* Höss, tra il XIX e il XX secolo i servizi forestali austro-ungarici hanno dovuto affrontare un nemico nuovo, che, come elemento dell'entomofauna italica, certo nuovo non è: la «processionaria del pino». È un segno premonitore, ma la pratica forestale non lo recepisce fino a che altrove in Italia, dovunque si consolidi la presenza delle nuove pinete, si squaderna la stessa scena presentatasi agli sconcertati selvicoltori dell'imperial-regia amministrazione. E non basta. Quando i tecnici della Milizia Forestale e, in seguito, quelli del Corpo Forestale ricorrono al pino d'Aleppo per rivestire degradati versanti di montagne mediterranee, *T. pityocampa* infierisce senza tregua contro le conifere in via di sviluppo.

Non saranno queste le sole difficoltà opposte dagli insetti all'affermarsi dei pini protagonisti delle sistemazioni montane, ché anzi, all'avanzare dell'età dei soprassuoli artificiali di un tipo assolutamente nuovo per le nostre regioni, altri fitofagi insorgono a reclamare progressivamente un posto nei banchetti resi a mano a mano disponibili. La «processionaria» però mantiene un ruolo di assoluto prim'ordine nel piano degli interventi ritenuti necessari per la difesa dei boschi: negli annui programmi di spesa di tanti

uffici del C.F.S. compare una voce specifica intitolata alla lotta alla «processionaria».

A lungo, dunque, i pini da piantagioni «pioniere» hanno fornito all'entomologia forestale italiana un campo di indagini e di operazioni.

Nel frattempo, però, alla selvicoltura si preparano altri nodi da sciogliere per quanto riguarda la protezione dei boschi dagli insetti. È del 1946 lo studio di Giuseppe RUSSO su un coleottero scoltide pullulante nella tenuta di S. Rossore: si lancia con ciò un allarme sulla vulnerabilità dei pini termofili da parte di uno xilofago che in seguito si renderà devastante in più parti del territorio nazionale (*v. infra*). Ancora i pini col pinastro subiscono l'irrompere di un flagello mai sperimentato, l'invasione della cocciniglia *Matsucoccus feytaudi* Ducasse (ARZONE e VIDANO, 1981), come fatale prosecuzione di una marcia che ha devastato i boschi della Provenza ed è continuata lungo le coste liguri e tirreniche. È, questa, una drammatica parentesi nel processo inarrestabile di malanni che affliggono i popolamenti arborei sorti al realizzarsi dei vasti programmi nazionali di forestazione. Rientrano nel quadro anche le difficoltà opposte all'estendersi delle piantagioni di pioppi euroamericani, verso la metà del secolo scorso, da disparati insetti adattatisi ai nuovi ospiti e alle nuove condizioni biocenotiche.

Si rende perciò indispensabile e urgente l'inizio di un'attività di studio e di attività sperimentale e l'avvio di un continuo controllo specialistico delle situazioni più delicate. La ricerca esonerata da compiti di applicazione e di vigilanza guadagna la costituzione (1956) del Centro di studio per l'Entomologia alpina e forestale, voluta da Athos GOIDANICH (1972) presso l'Università di Torino nel campo d'azione del Consiglio Nazionale delle Ricerche. A Casale Monferrato, l'Ente Nazionale Cellulosa e Carta affida ad accreditati entomologi il compito di vigilare sulle infestazioni di fitofagi nei pioppeti. Nel 1958 la Sardegna ottiene la sospirata Stazione Sperimentale del Sughero di Tempio Pausania, che nell'ambito della Sezione biologica può occuparsi istituzionalmente delle osservazioni sui preoccupanti defoliatori di *Quercus suber*, dopo le iniziative di lotta intraprese da Boselli e il saggio entomofaunistico di MARTELLI & ARRU (1957-58); si apre così la via alla ricerca di soluzioni per un problema di antica data, il solo contemplato, si noti, nel quadro dell'entomologia forestale di BERLESE (1924).

Lo stato generale delle cose giunge infine al punto di richiedere un impegno di ampio respiro scientifico e di adeguata efficienza operativa (MASUTTI, 1996). Rodolfo Zocchi nel 1970

riesce a far sì che il nuovo Istituto Sperimentale per la Zoologia Agraria di Firenze comprenda la Sezione dedicata all'entomologia forestale, campo di studio in cui egli stesso si è meritoriamente versato introducendo innovazioni concettuali fino allora trascurate nello specifico ambiente di ricerca nazionale.

Dal 1975, anno di istituzione della prima cattedra universitaria di entomologia forestale in Italia (a Padova), fiorisce infine una serie di centri di ricerca e di interventi operativi intesi a controllare l'azione degli insetti negli ecosistemi forestali, non solo per quanto si riferisce alle conseguenze indesiderate delle loro anomalie demografiche, ma anche in considerazione del loro molteplice contributo alla dinamica dei processi biogeocenotici negli ambienti boschivi.

Nei congressi nazionali italiani di entomologia si afferma la consuetudine di assegnare una sezione ai problemi inerenti all'ecologia forestale. Varie iniziative dedicano attenzione ai problemi della difesa di piante di interesse selvicolturale *s.l.*: così il «Convegno sulle avversità del bosco e delle specie arboree da legno» (Firenze, 1987), le «Giornate di studio sulle avversità del pino» (Ravenna, 1989), il Convegno «Problemmatiche fitopatologiche del genere *Quercus* in Italia» (Firenze, 1990), ecc. Nel 2003 si è tenuto a Mantova un convegno, nel corso del quale largo spazio è stato dedicato all'esposizione di risultati e di importanti conclusioni circa la partecipazione degli xilofagi all'estendersi di catene di fenomeni straordinariamente utili al gioco degli equilibri biologici nella rete di relazioni interspecifiche degli ecosistemi di foresta.

Infine, il III Congresso Nazionale di Selvicoltura (Taormina, ottobre 2008) ha dato modo, con la Sessione intitolata alla protezione delle foreste, di concordare un piano di azione congiunta tra entomologi e fitopatologi per affrontare in un ampio orizzonte di indagini (come da tempo auspicato e in alcune sedi di ricerca già realizzato) le più complesse situazioni di rischio insorte in vari popolamenti arborei per l'intricato concorrere di fattori abiotici, agenti patogeni e artropodi a determinare critici scompensi nell'assetto delle biocenosi forestali.

FIGURE DI RICERCATORI LUNGO IL FILO
DELLA VICENDA SCIENTIFICA

Sembra quasi un obbligo per chi, a qualunque titolo, scriva di storia dello studio della natura, percorrere almeno di fretta, alla ricerca di possibili citazioni, l'opera di Gaio Plinio

Secondo (23-24 d.C. - 25.08.79 d.C.), noto come Plinio il Vecchio, per i 37 libri della *Naturalis historia*, che costituiscono quasi tutto quel che resta della vasta e varia produzione del funzionario, consigliere politico, comandante di flotta e naturalista *sui generis*, morto mentre, per curiosità scientifica e, insieme, per altezza di senso civico, si inoltrava nell'ambiente campano devastato dall'eruzione del Vesuvio.

Qui però, nonostante *Plinius «Maior»* abbia dedicato l'undecimo dei suoi libri agli insetti, non vi è modo di ravvisare alcunché di riferibile a temi di entomologia forestale se non per alcune dotte sottolineature. Del resto, all'epoca degli imperatori Flavii, come anche ben più tardi, non ci si curava molto dello stato di salute dei boschi, bastando che questi fornissero materiale per le costruzioni civili e, dovunque capitasse, per gli apprestamenti militari; solo per la flotta di Ravenna era stato necessario costituire la famosa pineta. Plinio inoltre, desideroso di riunire cognizioni sulle «*res naturales*» acquisite dal mondo greco-romano, raccoglie o raccatta di tutto, senza preoccuparsi di sceverare le fonti. Quanto ai boschi, egli sa bene quali specie arboree forniscano legno più o meno resistente agli xilofagi; tanto sarà stato sufficiente ad assicurare al *praefectus classis* la competenza idonea a valutare gli assortimenti indispensabili ai cantieri navali per la flotta del Miseno. E tanto basterà anche per questo ricordo di quel singolare tipo di studioso *ante litteram* della natura.

Da gran tempo le popolazioni del bacino del Mediterraneo si sono accorte dell'esistenza dei lepidotteri «processionari» e certamente hanno sperimentato il fastidioso o spesso pericoloso potere urticante delle loro larve. Ma quanto c'è voluto perché due insegnanti del Theresianum di Vienna, Michael Denis e Ignaz Schiffermüller, inserissero finalmente (1775) quella che oggi è nota come *Traumatocampa pityocampa*, la «processionaria del pino», nelle categorie tassonomiche consacrate dalla scienza? Eppure qualcuno ne aveva dato, più di due secoli prima, una descrizione che, solo perché largamente in anticipo rispetto all'*editio decima* del linneano «*Systema naturae*», non poteva esser convalidata. Quel qualcuno è stato Pierandrea Mattioli (1500 o 1501-1577), o Mattioli, come tuttora lo nominano a Trento, città in cui egli operò come «medico cesareo». Tale professione, per un'evoluzione tradizionalmente diffusa nei secoli fin quasi ai nostri giorni, gli ha destato interesse e fornito opportunità per lo studio delle realtà naturali. MATTIOLI (1544), attualmente ricordato soprattutto quale botanico, trattando vari

insetti secondo lui importanti per la farmacologia, espone un sintetico quadro del manifestarsi delle larve «per le valli del Trentino, dove da per tutto i pini, et i pezzi nascono ne i boschi», per diffondersi poi a illustrare le virtù emostatiche della seta dei nidi.

Dell'insetto non si saprà poi molto di più fino al resoconto delle osservazioni di DE COBELLI (*vd. infra*) e soprattutto al presentarsi delle grandi infestazioni nelle pinete del Regno d'Italia.

Ancora un medico-naturalista, Francesco Redi (1626-1697), si inserisce nella storia dell'entomologia forestale italiana per osservazioni d'avanguardia sulla biologia di numerosi insetti e acari galligeni a spese di alberi delle selve di Coltano e San Rossore. Frutto di tale impegno sono chiare immagini, rimaste in manoscritti che si conservano nella Biblioteca Nazionale Centrale e nella Marucelliana di Firenze; il tempo per eseguirle non mancava al Redi, solito accompagnare la Corte Medicea in lunghi periodi di «cacce» nei luoghi di cui sopra. Nelle figure si riconoscono, tra l'altro, gli esiti dell'azione di alcuni *Pemphigus* su pioppo nero, di disparati imenotteri cinipidi e ditteri cecidomii di su querce e tentredinidi su salici. L'accuratezza delle illustrazioni è tale che in molti casi gli artropodi cecidogeni si identificano inequivocabilmente a livello di specie, in largo anticipo rispetto alla descrizione riconosciuta dalla scienza.

Tanto vale, si crede, perché alla fama di Francesco Redi, già consacrata nell'ambito della biologia e dell'entomologia generale oltre che in quello della letteratura, si aggiunga il merito di aver percorso, per ampiezza e finezza di indagine, lo sviluppo dello studio di artropodi strettamente legati alle risorse e ai ritmi vitali di non poche specie arboree.

Il perdurante, plurisecolare disinteresse per la difesa antiparassitaria dei boschi ha negato ai bagliori accesi da Mattioli e da Redi le occasioni per dare piena luce a un degno sviluppo delle osservazioni dei due naturalisti in tema di entomologia forestale. Meritano dunque, a maggior ragione, d'essere ricordati i contributi recati dal romagnolo Francesco Ginanni (1716-1766), che ha trattato alcuni insetti importanti per la selvicoltura nell'«*Istoria civile e naturale delle Pinete Ravennati*» (1774, ed. postuma), e dal marchigiano Vito Procaccini Ricci (1765-1844), cui si debbono attenti rilievi biologici su defolianti di querce.

Prima che si apra il trentennio 1880-1910 del vigoroso avvio delle ricerche europee sugli insetti dannosi ai boschi, in Italia fioriscono iso-

late iniziative di appassionati naturalisti, cultori di entomologia a titolo personale. Così il tecnico di laboratorio anatomico Apelle Dei (1819-1903), senese, in vari scritti discute sull'importanza pratica di fitofagi dannosi a querce e di alcuni xilofagi ospiti di latifoglie e segue l'azione di loro nemici naturali. E il roveretano Ruggero de Cobelli (1838-1921), autore di pregevoli, tuttora utili rassegne entomofaunistiche riferite al Trentino, nonché conoscitore della cospicua opera di Ratzeburg, pubblica nel 1877 una memoria sulla «processionaria del pino», in cui, oltre alla cura per l'indagine biologica e all'attenzione per i problemi applicativi, brilla lo scrupolo del medico per l'azione urticante delle larve sull'uomo e su animali selvatici e allevati.

Con l'affermarsi delle istituzioni pubbliche del neofondato Stato italiano, prende le mosse un impegno di vigilanza sui danni compiuti dagli insetti, anche se versato in generale nell'ambito della difesa della produzione agraria. E proprio in tale campo di attività cominciano a schiudersi orizzonti di ricerca su artropodi di ambiente e di interesse forestale.

L'ispettore di 1° classe per la fitopatologia Gustavo Leonardi (1869-1918), trentino, la cui opera è ben nota agli entomologi, non solo italiani, per le numerose memorie su acari e, specialmente, su coccidi, è qui segnalato sia per le notizie da lui fornite sui rapporti tra diaspididi e pini mediterranei, sia per l'utilità della rassegna degli insetti dannosi e dei loro parassiti ricordati in Italia fino al 1910, sia per la trattazione degli artropodi nocivi all'agricoltura e alla selvicoltura nostrale. Quest'ultima opera è frutto di una collaborazione col conterraneo Agostino Lunardon (1857-1933), ispettore generale del Ministero dell'Agricoltura, che nel 1889 ha pubblicato una compendiosa trattazione di entomologia agraria e forestale. Un altro funzionario della stessa amministrazione, il toscano Francesco Boselli (1897-1964), direttore dell'Osservatorio per le malattie delle piante della Sardegna, darà molto opportunamente seguito all'elenco degli insetti nocivi di Leonardi, protraendone la validità della consultazione fino al 1925 (1928); non solo, ma sarà anche il primo a ricorrere all'uso del mezzo aereo nella lotta contro i lepidotteri defolianti delle sugherete sarde (1955).

La novità tecnico-didattica della fondazione del Reale Istituto Forestale di Vallombrosa schiude, prima o poi, la porta al manifestarsi della figura di un vero entomologo forestale. È il marchigiano Giacomo Cecconi (1866-1941), che, docente di materie zoologiche per 25 anni nel primo centro nazionale di istruzione supe-

riore in discipline attinenti alla selvicoltura, intraprende un lungo impegno di studio sugli insetti, dedicandone una buona parte a specie dannose o comunque legate ai boschi. Sarà poi la continuazione della sua carriera nella carica di direttore dell'Osservatorio fitopatologico delle Marche (ancora il brillante affermarsi di un funzionario dell'amministrazione centrale sul piano scientifico!) a proseguire l'attività di ricerca nell'ambito di predilezione. Ne è valida testimonianza la comparsa del già ricordato «Manuale di entomologia forestale». Non vi è specialista nostrale dello studio degli insetti silvani che abbia potuto formarsi senza un assiduo riferimento a tale opera; non vi è neofita della disciplina che possa affrontare i problemi della difesa antiparassitaria dei boschi italiani senza aver almeno preso coscienza della realtà a suo tempo configurata nel «Manuale». Nell'opera scientifica di Cecconi brillano inoltre pubblicazioni in tema di biologia e faunistica riguardanti insetti ed anche altri animali sfruttatori degli alberi o della materia lignea.

Il valore di tale produzione scientifica è accresciuto dal manifestarsi in essa di una sorta di freschezza d'ispirazione che sostiene e anima la ricerca, avendo Cecconi rilevato essersi ai suoi giorni compresa, sotto l'aspetto estetico, climatologico, protettivo ed economico, l'importanza del bosco, oggetto della difesa dalle insidie dei principali organismi animali dipendenti dalla produzione primaria. Non appare ancora, è vero, un accenno al problema ecologico generale; manca al mondo scientifico qualche decennio perché si delineino convincenti quadri di concetti in fatto di equilibri biologici negli ambienti di foresta; tuttavia Cecconi, quasi procedendo lungo l'*iter* di una luminosa tradizione italiana fluente fin da Vallisneri, è ben conscio di quanto importanti siano gli entomofagi quali fattori di limitazione degli scompensi nei rapporti tra i fitofagi e le piante ospiti, come testimoniano gli assidui riferimenti a parassiti e predatori, reperibili nelle memorie di carattere applicativo. E, ben conoscendo le risorse e i limiti di efficacia della lotta antiparassitaria del tempo, egli prospetta, ovunque possibile, i criteri utili per azioni di contenimento delle pullulazioni.

Si è dunque aperta una nuova fase nella vicenda della nostra entomologia forestale.

Sempre nell'ambito di una pubblica istituzione di controllo sulle avversità delle piante, quasi a reggere un ideale «testimone» a lungo portato con onore da Cecconi nello studio degli insetti silvani, si pone irresistibilmente in luce un ento-

mologo che a tale campo di indagini dedicherà non piccola parte dell'impegno di una lunga, operosa esistenza.

A Giuseppe Della Beffa (1885-1969), gentiluomo di rara amabilità, osservatore di ingegno acuto e ricercatore di entusiastica, instancabile laboriosità, numerosi entomologi ormai avanti con gli anni debbono molto, se non altro per la frequente necessità di consultare il ben noto, prezioso trattato sugli animali (soprattutto insetti) dannosi all'agricoltura, uscito in tre edizioni dal 1931 al 1962. Nella produzione di Della Beffa (una novantina di pubblicazioni in cui l'autore esprime con sapiente sicurezza la versatilità dei suoi interessi per vari problemi di entomologia applicata, specialmente agraria) vi sono contributi di valore allo studio di insetti forestali e alla soluzione dei problemi da essi accesi, grazie anche alla profonda conoscenza che il biologo piemontese ha acquisito sulla realtà naturale della sua regione. Dai coleotteri «sigarai», ai grossi lucanidi delle latifoglie, alla «tortrice delle gemme dei pini», alla *Lithocolletis* minatrice del platano, all' «ilotrupo del legname», ai galligeni dei salici, all' «afide lanigero dei pioppi», alla «tentredine del tremolo», alla «gemmaiola del pioppo bianco» si snoda una collana di saggi di entomologia forestale da cui traspaiono la solida cultura biologica e l'ampia visione ecologica dell'autore.

A testimonianza della serietà della preparazione di base e dello scrupolo di precisione scientifica di Della Beffa stanno le rassegne faunistiche e le revisioni sistematiche riguardanti disparati insetti, periodicamente apparse nella successione delle memorie: agli entomologi forestali è stata senza dubbio utile, tra l'altro, la monografia sul genere *Ips* Degeer.

La ricca collezione del materiale biologico accumulato dall'attivissimo studioso nella sua lunga vita di lavoro è conservata presso il Museo di Storia Naturale di Verona e ivi mantenuta a disposizione di giovani ricercatori desiderosi di apprendere, come Della Beffa desiderava nello spirito di appassionato insegnante che per tanti tempi ha reso facile e gradevole anche lo studio dei suoi famosi libri di «scienze» per le scuole superiori.

Al dilagante affiorare di problemi di difesa dagli insetti nei popolamenti forestali di recente costituzione e in formazioni «coltivate» rimaste a lungo senza cure, è ora disponibile almeno un abbozzo di quadro generale dei rapporti tra l'entomofauna e il patrimonio boschivo del nostro territorio, sia pure con preoccupanti lacune riguardanti la situazione nelle regioni

mediterranee. Si è venuto definendo uno spazio scientifico in cui possono utilmente inserirsi anche entomologi non propriamente «forestali», per recare contributi di vario genere all'arricchirsi delle risorse di cognizioni.

Una concisa rassegna di insetti forestali in Alto Adige è pubblicata nel 1929 da Fausta Bertolini (1894-1966), professoressa LD di Zoologia nell'Università di Padova. Tale memoria, per quanto scarse siano le notizie in essa fornite, rientra nelle primizie di una nuova fase della storia italiana della disciplina, tenuto presente che solo pochi anni avanti, per caso proprio a Padova, è stato dato alle stampe il «Manuale» di Cecconi.

Di insetti forestali s'è occupato in via eccezionale Ettore Malenotti (1887-1949), che deve la sua fama alla consumata esperienza di problemi di entomologia agraria, disciplina e pratica in cui egli ha dimostrato di possedere un'attitudine non comune a risolvere situazioni difficili, «leggendo» la realtà con una lucida padronanza delle basi scientifiche e con un vero e proprio occhio clinico per l'interpretazione degli stati di fatto. S'è avuto modo di rammentare l'attestazione di stima a lui tributata da Escherich. Si osservi tuttavia che nell'intervento di maggior impegno attuato in ambiente boschivo Malenotti dimostra di muoversi con competenza sul piano biologico, ma con discutibile pragmatismo in quello ecologico, contrastando infestazioni del microlepidottero *Coleophora laricella* Hübner mediante invernali irrorazioni dei larici con oli antracenici, dopo aver manifestato perplessità circa l'efficacia della diffusione di antagonisti naturali (1924, 1935). Ma quanto praticata era, nel 1924, la lotta biologica contro insetti forestali in Italia? Il che prova, se necessario, che entomologi forestali non ci si improvvisa, nemmeno movendo da solide basi di formazione generale.

Per merito di Vincenzo Lupo (1908-1999), ordinario di Entomologia agraria nell'ateneo catanese, si acquisiscono chiare cognizioni morfo-sistematiche e faunistico-ecologiche su coccoidei diaspididi di conifere (1944).

A Firenze, intanto, incaricato per un trentennio dell'insegnamento di Zoologia forestale presso la Facoltà di Agraria e direttore del Museo della Specola, Vincenzo Baldasseroni (1884-1963), pur non dedicandosi alla ricerca nell'ambito dell'entomologia forestale, è un convinto assertore dell'importanza di proteggere i boschi dai danni inferti soprattutto dagli artropodi, tenuto conto della necessità di considerare le specie fitofaghe come partecipi di un

gioco di equilibri nel naturale assetto dell'ambiente (1955).

Nel periodo, di cui si sta discorrendo, alcuni notevoli contributi allo studio degli insetti forestali in Italia si pongono in luminosa evidenza tra la considerevole produzione di lavori di entomologia agraria di Giuseppe Russo (1897-1972). Oltre alle accuratissime osservazioni morfo-biologiche su coleotteri scolitidi dannosi all'olivo e al pistacchio, dimostratesi fondamentali nel bagaglio generale di conoscenze intorno a tali insetti, e alle indagini sui lepidotteri tortricidi infestanti le castagne, di deve al professore dell'ateneo napoletano la prima chiara segnalazione (1940) di un pericoloso infierire del *Tomiscus* che molto più tardi verrà identificato come *T. destruens* (Wollaston) in pinete litoranee (*v. supra*). Va ascritto a merito di Russo anche l'aver individuato nell'entità considerata i caratteri propri di quello che Reitter aveva accuratamente distinto come taxon *rubripennis* in subordine a *Blastophagus* (*Myelophilus*) *piniperda* (Linnaeus) (1946) e che a lungo gli specialisti del gruppo non hanno valutato adeguatamente, fino al chiarimento sistematico maturato in seguito alle disastrose infestazioni della seconda metà del '900 nella Francia mediterranea.

Alla metà del secolo scorso l'entomologia forestale riceve in Italia un ulteriore soffio di freschezza concettuale e un impulso ad avviare ricerche in base a criteri che, pur conservando il rigore dei procedimenti d'indagine, tradizione delle nostre principali scuole di entomologia, dimostrano di aver fruito di tempestivi confronti con esperienze maturate in un'ampia cerchia internazionale di ambienti scientifici.

Un posto assolutamente speciale nell'innovato assetto dei principî informatori della disciplina detiene Athos Goidanich (1905-1987), non soltanto per la fondazione e la diuturna amplificante direzione del ricordato Centro di Entomologia alpina e forestale del C.N.R., ma anche per la non comune finezza delle indagini e la difficilmente pareggiabile profondità d'interpretazione biologica di fenomeni generalmente poco studiati della vita di disparati insetti boschivi. Goidanich si è occupato della cecidoforia di larve di lepidotteri, dell'assoggettamento di afidi alla tutela di formicidi, dell'effetto mimetico assicurato a diaspididi degli aghi di abete bianco dal sorprendente affiorare dei candidi allineamenti cerosi parastomatici oltre i follicoli grigiastri delle cocciniglie, ecc. Non è mancato, tra i suoi ammaestramenti, un severo richiamo (1952), rivolto agli alti livelli di specifiche responsabilità pubbliche, sulla necessità di libe-

rare la mentalità corrente dalla convinzione di dover difendere i nostri boschi dagli insetti nocivi in base a criteri di lotta chimica: Goidanich vi discute il problema dell'equilibrio biologico in foresta prospettandone i termini in uno schema che solo molto più tardi verrà preso in considerazione in opere generali.

Tra i collaboratori dell'illustre scienziato per l'impegno nel settore forestale figura in primo piano, con la sua appassionata, sapiente dedizione alla ricerca, soprattutto di campagna, il dottore Achille Sampò, infaticabile, attento osservatore, la cui competenza e laboriosità non hanno ricevuto, lui vivente, un adeguato riconoscimento. Gli si deve, tra l'altro, una dovizia di documenti fotografici che testimoniano non solo la perizia nel cogliere l'occasione ideale del manifestarsi di un evento raro o straordinario, ma anche la padronanza di una tecnica di ripresa assai raffinata per gli strumenti e i procedimenti del tempo, grazie pure al frequente appoggio consultorio amichevolmente dato dall'espertissimo collega Carlo Vidano.

Dal chiarore dell'alba dischiusa da Cecconi all'entomologia forestale italiana il cielo si è a questo punto illuminato quanto basta a che la disciplina possa muovere passi verso nuovi traguardi.

Sul piano applicativo apre incoraggianti scenari un'iniziativa di Mario Pavan (1918-2003), professore di entomologia agraria nell'Università di Pavia, autore, all'inizio del curriculum scientifico, di interessanti lavori su organismi troglobi e su contenuti medicamentosi dell'emolinfia di coleotteri stafilinidi. Di lui è nota l'assidua magnificazione dell'importanza di *Formica rufa* Linnaeus, insetto presentato come agente di un generico controllo biologico in foresta; altrettanto conosciuto è l'indefesso impegno di PAVAN (1981) a favore della diffusione di tale complesso di imenotteri in vari punti del territorio nazionale, anche per trasferimento da biotopi alpini ad appenninici e addirittura a boschi di Sardegna (1950-1971). Tanto convinta applicazione a un'opera indubbiamente meritoria nell'intento avrebbe conseguito risultati meglio corrispondenti agli sforzi prodigati intorno alla metà del secolo scorso dalla pubblica amministrazione, se i criteri d'intervento si fossero concordati con altri centri di ricerca nazionali contemporaneamente operanti. L'iniziativa ha in ogni caso sortito l'effetto di avvivare l'attenzione sulla necessità di procedere alla difesa del bosco dai fitofagi dannosi puntando su risorse di autocompensazione esistenti nell'ecosistema.

Quanto alla ricerca, con Rodolfo Zocchi (1922-2001) l'entomologia forestale italiana si immette in una corrente di studi avviata verso inesplorati orizzonti di indagine biologica che illuminano ampi spazi nella letteratura a livello internazionale, soprattutto col fulgore di quello aperto sulla dinamica di popolazioni. Zocchi proviene dal fertile vivaio di Guido Grandi. La palestra entomologica bolognese, improntata a un severo criterio di indagine biologica generale, per le applicazioni pratiche opera nel settore agrario, secondo il quadro disciplinare della facoltà di appartenenza nell'ateneo felsineo. Ma Zocchi ben presto imbocca una sua via, dopo aver dato ottima prova delle sue capacità occupandosi di insetti dannosi a colture, che continueranno a impegnare anche in seguito la sua attenzione: egli dedica il suo principale interesse di ricerca a specie che insidiano i boschi. Il suo ingegno e l'esperienza maturata durante il tirocinio svolto con l'assistenza del giovane e già valoroso Giorgio Fiori, gli permettono di affrontare temi di notevole importanza scientifica e selvicolturale nello studio di disparati insetti. Fanno ancor oggi testo, fra l'altro, le monografie sui lepidotteri piralididi del genere *Dioryctria* Zeller e la magistrale illustrazione dei *Phloeosinus* Chapuis italiani, coleotteri scolitidi su cui nessun'altra serie di osservazioni è finora apparsa a far ritenere superato tale resoconto. All'entomologo fiorentino rapidamente la fama acquisita con la brillante produzione consente di succedere a Baldasseroni nell'insegnamento di «Zoologia forestale, venatoria e acquicoltura» per il corso di laurea in Scienze forestali in Firenze. È tuttora incomprensibile perché in questa città sia stato negato l'accesso a una cattedra universitaria a Rodolfo Zocchi, che pure ha conseguito l'abilitazione alla libera docenza della disciplina, di cui sopra, primo e raro esempio in Italia: la via sbarrata verso il più alto livello dell'insegnamento ha privato l'ateneo del pregio di aprire tempestivamente una scuola di cui le scienze forestali di casa nostra avvertivano un'urgente necessità. Tuttavia Zocchi, nonostante ciò, ha trovato modo di avviare un flusso di interessi scientifici che, come altrove ricordato, producono, quale frutto iniziale, la sezione di Entomologia forestale nell'Istituto Sperimentale per la Zoologia Agraria, stabilita nel 1970 per insistente richiesta e strenuo, appassionato sostegno dallo scienziato. A lui, in ogni caso, va riconosciuto il merito di aver promosso, con l'originalità del suo versatile operare, un corso nuovo nell'entomologia italiana, così che gli studiosi connazionali, i quali dopo Rodolfo Zocchi

si sono cimentati in ricerche su insetti di habitat boschivi, debbono tutti qualcosa, direttamente o indirettamente, all'aver egli indicato loro un entusiasmante *iter* di indagini e di applicazioni.

Da Zocchi in poi, l'entomologia forestale italiana può progredire affiancata a un fluire delle ricerche ormai necessariamente condizionato dal confronto o dalla collaborazione su scala intercontinentale. Rimane ancora, tuttavia, spazio e onore per contributi provenienti da fonti estranee alle scaturigini delle scienze biologiche forestali.

Vi sono due validi esempi al riguardo.

Il primo è offerto da un esasperato tendersi della situazione fitosanitaria di cospicui popolamenti arborei che richiede un adeguato concorso di competenze alla soluzione di intricati problemi nell'uso del territorio di intere regioni. Quando in Sardegna si sono svolti i lavori del 1° Convegno Regionale del Sughero (1971), la questione delle ricorrenti, devastanti infestazioni di defoliatori nei querceti è apparsa già affrontata con chiarezza, almeno per quanto riguarda la composizione dell'entomofauna dei boschi dell'isola. In tale occasione Romolo Prota (1927-2000), impegnato negli studi sull'argomento fin dal suo assistentato universitario presso l'Istituto di entomologia agraria di Sassari, dimostra di possedere un esauriente quadro degli insetti legati alla sughera (1975): si tratta di quasi 300 specie, tra le quali i lepidotteri assommano a 37. Su questi ultimo Prota compie in seguito una pluriennale serie di osservazioni, predisponendo le basi per le ricerche da lui stesso e dai collaboratori successivamente condotte su *Lymantria dispar* (Linnaeus). I risultati di un paziente procedimento di rilievi demografici su tale fitofago e su altri importanti defoliatori di *Quercus suber* (DELRIO *et al.*, 1991) sono tuttora disponibili a chi intenda utilizzarli in un'elaborazione interpretativa di raro valore per studi di ampio respiro sulla dinamica di popolazioni di artropodi forestali soggetti a periodiche, imponenti variazioni di densità.

In un'altra cornice si delinea l'opportunità di compiere esaurienti indagini biologiche su determinate specie di insetti silvani. Non lo si può definire entomologo forestale, ma sicuramente Cesare Bibolini (1928-1976), entomologo vero come pochi altri degni di tale titolo, nella serie delle sue pubblicazioni – notevoli per ricchezza di spunti d'indagine e per «assoluta, puntigliosa, illuminata fermezza di precisione scientifica», come si esprime nel suo commosso ricordo Athos Goidanich – grazie ad almeno due note, l'una su *Gastropacha quercifolia* (Lin-

naeus) (1960), l'altra su *Cimbex lutea* (Linnaeus) (1967), rientra in un ideale, ristretto ambito di raffinatissimi autori di trattazioni bio-ecologiche riguardanti insetti di habitat boschivi.

Vi è solo da rammaricarsi che la brevità imposta all'arco dell'esistenza del professore di entomologia agraria in Pisa abbia privato la nostra disciplina di ulteriori pregevoli contributi scientifici (se non altro, di quelli che, «per perenne insoddisfazione perfezionistica, sono rimasti bellissimi ma inediti», scrive ancora Goidanich), oltre che tolto agli entomologi suoi estimatori il beneficio di un leale, intelligente, amichevole rapporto di colleganza.

Di estrazione agraria, quale cultore di discipline entomologiche, è pure Italo Currado (1936-2006), che, passato tardi alla zoologia forestale insegnando nell'Università di Torino, ha applicato, dedicandosi alla ricerca e svolgendo la docenza nella nuova disciplina, un interesse vivo quanto lo è stata la sua preoccupazione di accedere al più presto alla formazione «forestale», che sola permette di penetrare gli *arcana* della biologia riguardante gli ambienti di bosco. Currado ha potuto attingere tale traguardo mediante una forte attrazione verso lo studio della natura, sorretto dall'acutezza dell'ingegno, così che gli è stato dato di immettersi con tempestività nella corrente delle ricerche inquadrata in programmi nazionali, per occuparsi essenzialmente di lepidotteri defolianti.

La sorte gli ha impedito di procedere, mentre lo spirito continuava a incoraggiarlo a prefigurare gli sviluppi delle iniziative intraprese.

Con la presentazione dell'opera del professore piemontese si conclude la rievocazione del passato «forestale» dell'entomologia italiana. Spetta ora a coloro che, specialmente se sostenuti e gratificati dall'affidamento di un compito istituzionale, si muovono lungo la via della tradizione sopra adombrata, lavorare con l'impegno e la passione che hanno caratterizzato l'azione dei precursori e che, in ogni caso, oggi sono richiesti nel misurarsi con il rendimento della ricerca in campo internazionale.

RIASSUNTO

I fini pratici dell'uso e della conservazione dei boschi hanno esonerato a lungo l'uomo dall'esigenza di dedicare attenzione alla cura dei patrimoni forestali per quanto ne riguarda la difesa dagli insetti dannosi: nei millenni vi è stato tanto bosco per l'economia umana, almeno nelle regioni temperate; perfino, spesso, troppo bosco.

Così, per molto tempo, le necessità di contrastare l'azione di insetti forestali hanno coinciso più che altro con la

preoccupazione di preservare i manufatti lignei dalla naturale alterazione. Ciò è valso fino a che radicali trasformazioni della realtà forestale hanno imposto di affrontare nuovi, inattesi problemi. E infine l'urgenza di costituire o ricostituire popolamenti arborei di vario tipo e scopo ha aperto un acceso conflitto tra l'uomo e gli insetti.

L'Italia, per varie cause, si immette tardi nel flusso dell'entomologia forestale avviato nell'Europa centrale. Si devono subito affrontare seri problemi di salvaguardia di nuove piantagioni mentre persistono vecchie insidie a rendere precarie molte risorse boschive che anche da noi stanno dimostrandosi preziose. Eppure, nonostante ciò, fino alla metà del secolo scorso nulla di veramente sostanziale appare a rendere efficace il controllo della situazione. Le circostanze infine determinano che in un simile teatro possano figurare attori nelle vesti di entomologi forestali, dopo un plurisecolare, saltuario manifestarsi di volontari indagatori a titolo personale.

Nella vicenda si susseguono invero comparse di entomologi fin da date lontane, ma, in ogni caso, sia il Medio Evo sia l'Età Moderna trascorrono senza apprezzabili novità per l'entomologia forestale. In quei lunghi periodi l'Italia, come l'Europa, deve, del resto, affrontare ben altri problemi che la difesa del bosco dagli insetti. Nel secolo scorso, finalmente, dopo i contributi, brillanti ma sterili, recati da qualche isolato osservatore, l'entomologia forestale si avvia in Italia per iniziativa di volenterosi funzionari di pubbliche amministrazioni, tra i quali rifulge Giacomo Ceconi, da considerare come vero padre della disciplina nel nostro territorio nazionale. Dopo di lui si sono manifestate varie figure di ricercatori, ciascuno dei quali, in varia misura, ha concorso a dare corpo e impulso vitale allo studio degli insetti dei boschi.

BIBLIOGRAFIA

- ANDERSON R. F., 1960 – *Forest and shade tree entomology*. Wilen, New York & London, IX + 428 p.
- ARZONE A., VIDANO C., 1981 – *Matsucoccus feytaudi* Duc. (Homoptera, Margarodidae), *fitomizo letale su Pinus pinaster Ait. in Italia*. Informatore fitopatol., 10: 3-10.
- BALDASSERONI V., 1955 – *Orientamenti per la lotta contro gli animali dannosi ai boschi*. Atti Conv. Naz. Selvicultura, Firenze, 1954. Vol. I: 493-499.
- BARBEY A., 1913 – *Traité d'entomologie forestière*. Berger-Levrault, Paris & Nancy, XIV + 624 p.
- BECHSTEIN J. M., 1798 – *Naturgeschichte der schädlichen Waldinsekten mit Abbildungen (Lepidopt.)*. Monath u. Kussler, Nürnberg, 76 p.
- BECHSTEIN J. M., SCHARFENBERG G.L., 1804-1805 – *Vollständige Naturgeschichte aller schädlichen Forstinsekten, nebst einem Nachtrag der schonungswerthen, welche die schädlichen vertilgen helfen*. Brockhaus, Leipzig, 1046 p.
- BERLESE A., 1924 – *Entomologia agraria. Manuale sugli insetti nocivi alle piante coltivate, campestri, orticole ed ai loro prodotti e modo di combatterli*. II ed. Ricci, Firenze, 511 p.
- BERTOLINI F., 1929 – *Distribuzione dei parassiti delle piante in Alto Adige*. Atti Acc. Veneto-Trentino-Istria, 20: 103-130.
- BIBOLINI C., 1960 – *Sulla biologia di Gastropacha quercifolia (Lepidoptera - Lasiocampidae)*. Frustula entomologica, 3: 1-93.
- BIBOLINI C., 1967 – *Contributo alla conoscenza dei Cimbicidi italiani. La Cimbex lutea L. Biologia ed esame*

- corologico e bibliografico. - *Frustula entomologica*, 8: 1-215.
- BOSELLI F., 1928 - *Elenco delle specie d'insetti dannosi e loro parassiti ricordati in Italia dal 1911 al 1925*. Labor. Entom. Agr. / Tip. Della Torre, Portici, VIII + 265 p.
- BOSELLI F., 1955 - *Prove di lotta mediante elicottero contro il Bombice dispari (Lymantria dispar) e il Bombice gallerato (Malacosoma neustria) nelle sugherete della Sardegna*. - *Ann. Sperim. Agr.*, (N. S.), 9 (3): 17-50.
- CECCONI G., 1924 - *Manuale di entomologia forestale*. Tip. d. Seminario, Padova, XIX + 680 p.
- COBELLI (DE) R., 1877 - *La processionaria del pino (Cnethocampa Steph. Pityocampa F.H.)*. Frammenti di monografia secondo osservazioni proprie. Sottocchia, Rovereto, 95 p.
- DELLA BEFFA G., 1961 - *Gli Insetti dannosi all'agricoltura ed i moderni metodi e mezzi di lotta*. III ed. Hoepli, Milano, 1106 p.
- ESCHERICH K., 1931 - *Die Forstinsekten Mitteleuropas. III. Lepidopteroidea: Schnabelhafte, Köcherfliegen, Schmetterlinge*. I. Parey, Berlin, XI + 825 p.
- GILLANDERS A. TH., 1908 - *Forest entomology*. Blackwood, London & Edinburg, 422 p.
- GMELIN J.F., 1787 - *Abhandlung über die Wurmtrocknis*. Crusius, Leipzig, 176 p.
- GOIDANICH A., 1952 - *Difesa biologica della foresta*. - *Ric. sci.*, suppl. anno, 22 (4): 3-10.
- GOIDANICH A., 1972 - *Centro di studio per l'entomologia alpina e forestale*. Torino. - *Ric. Sci.*, 42: 309-314.
- GRAHAM S. A., 1929 - *Principles of forest entomology*. McGraw-Hill, New York, XIV + 339 p.
- LAMEY A., 1886 - *Les insectes nuisibles au Chêne-liège*. Revue des Eaux et des Forêts, 25.
- LEONARDI G., 1922 - *Elenco delle specie di insetti dannosi e loro parassiti ricordati in Italia fino all'anno 1911*. Tip. Della Torre, Portici, 147 + 592 + 159 p.
- LUNARDONI A., 1889 - *Gli insetti nocivi ai nostri orti, campi, frutteti e boschi, loro vita, danni e modi di prevenirli*. 2 vol. Tip. Marghieri, Napoli, 1874 p.
- MALENOTTI E., 1924 - *Gli endofagi indigeni contro la Coleophora laricella*. (Conviene proprio aiutarne la diffusione?). *L'Italia agricola*, 15 sett. 1924, 2 p.
- MALENOTTI E., 1935 - *Un problema di estetica montana: la Coleophora del larice*. *Atti Accad. Agr. Scienze e Lett. Verona*, ser. V, 13: 153-158.
- MARTELLI M., ARRU G., 1957-1958 - *Ricerche preliminari sull'entomofauna della Quercia da sughero (Quercus suber L.) in Sardegna*. - *Boll. Zool. Agr. e Bachicolt.*, ser. II, 1: 5-49.
- MASUTTI L., 1996 - *L'entomologia forestale italiana*. *Atti Acc. Naz. It. Entom. Rendiconti*, 44: 105-118.
- MATHIEU A., 1847 - *Cours de zoologie forestière, comprenant l'histoire et la description de tous les mammifères, oiseaux, reptiles et poissons d'eau douce indigènes, et l'entomologie ou traité des insectes forestiers*. Raybois et Grimblot, Nancy, 866 p.
- MATTIOLI P. A., 1544 - *Di Pedacio Dioscoride Anazarbeo libri cinque della historia, et materia medicinale tradotti in lingua volgare italiana da M. Pietro Andrea Matthioli sanese medico, con amplissimi discorsi, et comentì et dottissime annotationi, et censure del medesimo interprete*. Nicolò de Bascarini, Venezia, 442 p.
- NEIL CHRYSAL R., 1937 - *Insects of the British woodlands*. Warne, London, XIII + 338 p.
- NÜSSLIN O., 1905 - *Leitfaden der Forstinsektenkunde*. Parey, Berlin, XVI + 454 p.
- PAVAN M., 1981 - *Utilità delle formiche del gruppo Formica rufa*. II ed. Min. Agr. e For., Collana verde 57, Roma, 99 + V p.
- PERRIS E., 1851-1870 - *Histoire des insectes du Pin maritime*. *Ann. Soc. Ent. France* (memorie in successione in vari volumi).
- PROTA R., 1975 - *Brevi considerazioni sulla composizione della lepidottero-fauna di una sughereta e sul dinamismo delle principali specie nocive*. *Atti 1° Convegno Region. d. Sughero, Tempio Pausania*, 1971: 356-366.
- RATZEBURG J. TH. CH., 1837-1844 - *Die Forstinsekten oder Abbildung und Beschreibung der in den Wäldern Preussens und der Nachbarstaaten als schädlich oder nützlich bekannt gewordenen Insekten; in systematischer Folge und mit besonderer Rücksicht auf die Vertilgung der schädlichsten*. T. I. *Die Käfer* (1837), 10 + 102 p.; T. II. *Die Falter* (1840), 252 p.; T. III. *Die Ader-, Halb-, Netz-, u. Geradflügler* (1844), 314 p. Nicolai, Berlin.
- RUSSO G., 1940 - *Il Blastofago del Pino (Blastophagus (Myelophilus) piniperda L. var. rubripennis Reitt.)*. *Circ. n° 9. Lab. Ent. Agr. Portici*, 13 p.
- RUSSO G., 1946 - *Scolitidi del Pino del litorale toscano*. *Boll. Ist. Ent. Bologna*, 15: 297-314.
- TRÄGÅRDH I., 1939 - *Sveriges skoginsekter*. Gebers, Stokholm, XII + 509 p.
- YAPP W. B., 1962 - *Birds and woods*. Oxford Univ. Press, London, XI + 308 p.

FITOFAGI ESOTICI E INVASIONI BIOLOGICHE NEGLI ECOSISTEMI FORESTALI

SANTI LONGO (*)

(*) Dipartimento di Scienze e Tecnologie Fitosanitarie, Sezione Entomologia agraria, Università degli Studi di Catania. Via S. Sofia 100. 95123 Catania; longosan@unict.it

Lettura tenuta durante la Tavola rotonda «Biotecniche e nuove frontiere nella difesa degli ecosistemi forestali».

Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 27 novembre 2009.

The impact of introduced exotic insect plant pests to the Italian forest ecosystems

More than 500 insect pests occurring in the Italian ecosystems are considered to be exotic (DISIE, 2008). About 200 of these species were introduced and established in Italy since 1970. The intensification of plant trade between Italy and geographically distant commercial partners is considered to be one of the main causes of these introductions. Climatic abnormalities has also favored the spread and acclimation of these exotic organisms. Climatic changes influence directly the establishment of poikilothermic insects by favoring the survival of a great number of introduced individuals or indirectly through the alterations induced in host phenology.

Urban forest trees particularly affected by these exotic insects in northern and central Italy include alder, beech, birch, hornbeam, maple and sycamore trees. These landscape trees have been severely damaged by Cerambycidae *Anoplophora chinensis* Forster and *A. glabripennis* (Motschulsky).

The devastating impact of the introduction of the curculionid *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) on landscape palms is well known. Canary palms [*Phoenix canariensis* (Hortorum ex Chabaud)] are one of the preferred hosts of this insect native to Asia. From 2004 to 2009, more than 30,000 Canary palms have been killed by this insect in Abruzzi, Apulia, Campania, Latium, Liguria, Marche, Sardinia and Sicily.

Other introduced species such as the *Metcalfa pruinosa* (Say) (Rhynchota Flatidae), *Corytuca ciliata* (Say) and *C. arcuata* (Say) (Rhynchota Tingidae), *Phenacoccus madeirensis* Green (Rhynchota Pseudococcidae), *Ceroplastes japonicus* Green and *Protopulvinaria piriformis* (Cock.) (Rhynchota Coccidae), *Cameraria ohrdella* Descka & Dimic (Lepidoptera Gracillariidae), *Paysandisia archon* (Burmeister) (Lepidoptera Castniidae), *Megaplatypus mutatus* (Chapuis) (Coleoptera Platypodidae), *Xylosandrus crassiusculus* (Motschulsky) and *X. germanus* (Blandford) (Coleoptera Scolytidae), *Callidiellum rufipenne* (Motschulsky), *Phoracanta semipunctata* Fabricius, and *P. recurva* Newmann (Coleoptera Cerambycidae) are damaging severely ornamental trees in localized areas.

The impact of these introductions is serious at the local level and adversely affects reforestation programs with conifers, chestnut and eucalyptus trees.

The exotic bark scale *Matsucoccus feytaudi* Ducassee is known as a primary pest of maritime pine trees in western Italy (Liguria and Tuscany) where this scale is the main agent of the decline of this conifer.

Rapidly expanding in Europe is the Western Conifer Seed Bug *Leptoglossus occidentalis* Heidmann (Rhynchota Coreidae) infesting several species of conifers. This insect is native to North America, and was introduced into Europe in 1999 and into Italy in 2001. In Italy, the infestations of the Western Conifer Seed Bug are localized and limited to pines, but they may become widespread.

The nearctic adelgid *Gilletteella cownei* (Gillette) is anholocyclic on Douglas fir, *Pseudotsuga menziesii*. Heavy infestations of this aphid have been reported in some nurseries in north and central Italy and on young Douglas-fir trees in Calabria, Sicily and northern Apennines.

Damaging effects by the recently introduced the Tingidae *Corytuca arcuata* (Say) have been observed on oak trees. Similar declining symptoms by *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera Cynipidae) and *Xylosandrus germanus* (Blandford,) have been reported on chestnut and by the polyphagous *Megaplatypus mutatus* (Chapuis) on broadleaf trees.

The oriental chestnut gall wasp, *D. kuriphilus* was accidentally introduced into North Italy in 2002. The gall wasp attacks chestnut and causes round galls that reduce shoot elongation and fruit production, and cause twig dieback. The cryptic nature of the insect, lying within dormant buds for much of the year, makes the effectiveness of visual plant inspections questionable. Fortunately, an associated parasite of this wasp, *Torymus sinensis*, was also introduced afterwards mitigating the damage caused by the gall wasp. Two exotic closely related species of longhorned borer beetles attack eucalyptus trees in Italy. *Phoracantha semipunctata* which is native to Australia, was introduced into Italy in 1969. It rapidly became a pest and is widespread in eucalyptus growing areas. In 1995, a second species of longhorned borer, *Phoracantha recurva* was discovered in Italy. This beetle is also widespread in the Mediterranean basin. *P. recurva*, can stress and kill eucalyptus. Longhorned borers usually attack stressed or damaged plants, sparing vigorous and well maintained trees. Biological control agents have been less effective against this new borer than against *P. semipunctata*. In Sicily and Calabria the egg parasitoid *Avetianella longoi* Siscaro (Hymenoptera Encyrtidae) killed 70-100% of *P. semipunctata* eggs. Some *P. recurva* embryos survived the parasitoid attack and emerged as larvae from parasitized eggs, whereas *P. semipunctata* embryos never successfully developed in parasitized eggs.

The eucalyptus gall inducer wasps *Ophelinus masckelli* Ashmead, and *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera Eulophidae) were accidentally introduced into Italy in recent years. A biological control program of *O. masckelli* is in progress since 2006 in Calabria, Sardinia and Sicily by releasing the eulophid *Closterocerus chameleon* (Girault).

Regulatory actions are implemented by the European regulatory agencies at international and national levels in order to curb this massive introduction of insect pests. These regulatory actions are coordinated by the European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO), which is an intergovernmental organization responsible for the health of plants and their

protection from the devastating effects of exotic harmful organisms in the country members of the Organization. Its objectives are to develop common strategies among the country members against the introduction and spread of dangerous exotic organisms and to promote safe and effective control methods to mitigate their damage after their introduction. EPPO conducts pest risk assessments and enacts quarantine actions against damaging exotic organisms at high risk of introduction and establishment in the member countries. A list (A1 EPPO List) of the most risky quarantinable forest pests has been prepared and includes some defoliators such as the Siberian silkmoth *Dendrolimus sibiricus* Chetverikov, (Lepidoptera Lasiocampidae) which is a defoliator of conifer trees; *Malacosoma disstria* Hübner; *M. americanum* (Fabr.) (Lepidoptera Lasiocampidae) and *Orgyia pseuotsugata* (McDunnough) (Lepidoptera Lymantriidae), some bark beetle species of the genus *Monochamus* (Coleoptera Cerambycidae) *Pseudopityophthorus*, *Dendroctonus*, and *Ips* (Coleoptera Scolytidae) and the Emerald ash beetle *Agrilus planipennis* Fairmaire (Coleoptera Buprestidae).

The introductions of these exotic forest insect pests in Italian forests can be prevented by implementing rigorous coordinated surveys by the member countries and inspections at the port of entry of each country in the organization. By setting up monitoring networks to promptly detect the introductions and by delimiting the areas affected by these newly introduced pests, it is possible to contain the infestations in Italian forest ecosystems.

Once new exotic insect pests are introduced, integrated management including appropriate forestry management practices, biological control methods and trapping are recommended, whenever applicable, to contain the devastating effects induced by these exotic harmful forest insects.

KEY WORDS: climate change, forest insects, range expansion, performance.

INTRODUZIONE

L'assetto delle biocenosi di molti ambienti forestali italiani, soprattutto a partire dalla metà del secolo scorso, ha subito variazioni conseguenti al modificarsi di alcune loro componenti abiotiche e biotiche sia per cause naturali che indotte da fattori di ordine economico, politico e gestionale i quali hanno concorso alla diffusione e allo sviluppo endemico di avversità biotiche (FRANCESCHINI *et al.*, 2009). Determinante è il ruolo dei cambiamenti climatici che condizionano fortemente la componente biotica (MASUTTI, 2005). Parimenti importanti sono le invasioni biologiche da parte di fitofagi alloigeni alla nostra fauna che, con la globalizzazione dei mercati e con la rapida e intensa rete di trasporto, in numero sempre crescente vengono trasferiti, in tempi sempre più brevi, in altri ambienti. Nelle aree di nuova introduzione, le specie dotate di elevato potenziale biotico e di ampia valenza ecologica, se trovano condizioni ambientali idonee al loro sviluppo, possono pullulare divenendo invasive con conseguenti alterazioni degli equilibri biologici degli ambienti colonizzati. Fra le specie invasive preminente è il numero degli insetti che, per le loro caratteristiche biologiche ed etologiche, sono anche in grado di modificare il loro areale di distribuzione in rapporto alle variazioni termo-igrometriche nonché alla disponibilità di substrati alimentari e riproduttivi. Alcune specie differenziano biotipi dotati di un potenziale biotico più elevato rispetto al resto delle popolazioni originarie che, spesso, sono in grado di dar luogo a esplosioni demografiche invasive nei nuovi ambienti, anche per l'assenza di efficaci limitatori naturali.

Secondo i dati del DAISIE 2008 (Delivering Alien Invasive Species in Europe), nel nostro Paese sono presenti oltre 500 specie di insetti alieni, la stragrande maggioranza delle quali è stata accidentalmente introdotta negli ultimi 30 anni. Il ritmo attuale di «arrivo» delle specie fitofaghe è calcolato in circa 8 unità per anno (in massima parte provenienti dalle Americhe e dall'Asia), mentre fino all'immediato dopoguerra lo stesso numero di specie perveniva in circa 15 anni. Delle 129 specie di piante e insetti acclimatatesi in Italia negli ultimi 60 anni (CRAVEDI, 2005), un limitato numero è di interesse forestale e, la maggior parte di esse, non ha causato i paventati disastri ecologici o economici, ma è stata assorbita senza risvolti rischiosi come nel caso del lepidottero fillofago *Hyphantria cunea* (Drury), «arrestatosi» ai margini di boschi di latifoglie e limitatosi a infierire su piante isolate e su coltivazioni arboree di interesse agrario (MASUTTI, 2005).

PRINCIPALI INSETTI ALLOGENI DI RECENTE INTRODUZIONE IN ITALIA

Ben più perniciose, per numerose latifoglie ornamentali in ambienti antropizzati, sono le recenti introduzioni dalle aree di origine asiatiche, dei polifagi Cerambycidi *Anoplophora chinensis* Forster, e *A. glabripennis* (Motschulsky) ormai diffusi in molti centri urbani dell'Italia settentrionale e centrale. *A. chinensis* (COLOMBO *et al.*, 2005) è specie da quarantena, inserita nella lista A2 dell'EPPO, la cui lotta obbligatoria è regolamentata dal D.M. 9.11.2007; l'insetto, che nelle aree di origine è dannoso anche agli

agrumi, nel nostro Paese infesta aceri, ontani, betulle, carpini, laurocelsi, platani e faggi. In alcuni centri urbani dell'Italia settentrionale ha causato la morte di alberate cittadine nonostante le misure di lotta chimica messe in atto e la presenza di alcuni entomofagi il più importante dei quali è l'imenottero Eulofide esotico *Aprostocetus anoplophorae* Delvare (JUCKER *et al.*, 2009). Altro coleottero dannoso è l'asiatico Curculionide *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier), noto come Punteruolo rosso delle palme che, nel 1992, è stato individuato in Egitto (COX, 1993) e successivamente nel sud della Spagna (COX, 1993; BARRANCO *et al.*, 1995). Dall'inizio del secolo è stato segnalato in Italia nel 2005, nelle isole Canarie nel 2005, in Francia, Grecia, Cipro e isole Baleari nel 2006, in Turchia e a Malta nel 2007 (MIZZI *et al.*, 2009). In Italia l'insetto, presumibilmente introdotto prima del 2004, è attualmente diffuso in molti centri urbani delle regioni peninsulari e nelle isole maggiori, dove infesta principalmente la palma delle Canarie *Phoenix canariensis* (Hortorum ex Chabaud), specie della quale ha causato, in un appena un lustro, la morte di oltre 30.000 esemplari, in Sicilia, Campania, Lazio, Sardegna, Marche, Abruzzo, Molise, Calabria, Puglia e Liguria. Nelle palme delle Canarie i primi sintomi fogliari visibili consistono in caratteristici tagli conseguenti alle erosioni praticate dalle larve all'apice vegetativo in accrescimento; più evidenti sono le asimmetrie delle foglie apicali che si manifestano poco prima che esse collassino sulle inferiori; a distanza la pianta sembra come capitozzata con la parte sommitale dello stipite fortemente danneggiata e in uno stato di marcescenza più o meno avanzata. Nei casi in cui le larve del fitofago danneggiano gravemente i tessuti meristematici si ha la morte della pianta. In caso contrario, la palma riesce a sopravvivere all'attacco anche per alcuni mesi. Altre palme infestate in Italia sono: *Washingtonia filifera* (Linden ex André) H. Wendl, *Washingtonia robusta* H. Wendl, *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman, *Chamaerops humilis* L., *Butia capitata* (Mart.) Becc., *Livistona chinensis* (Jacq.) R. Br. ex Mart, *Phoenix dactylifera* L., *Phoenix roebelenii* (O'Brien), *Trachycarpus fortunei* (Hook. F.) H. Wendl, *Erytea armata* (S. Wats.), *Erytea edulis* (S. Wats.), *Jubea chilensis* (Mol.) Baill., e *Howea forsteriana* Becc. Il Punteruolo rosso è specie da quarantena inserita nella lista A2 dell'EPPO e pertanto per il controllo delle infestazioni occorre fare riferimento alle «Disposizioni sulla lotta obbligatoria contro il punteruolo rosso della palma *Rhynchophorus ferrugineus*» della GURI del 13 febbraio 2008 che

recepiscono le decisioni della Commissione 2007/365/CE. In considerazione del dilagare delle infestazioni e della scarsa efficacia degli insetticidi utilizzabili in ambiente urbano per la lotta al Punteruolo, il Ministero della Salute, nel febbraio 2008, ha autorizzato per motivi eccezionali e per periodi limitati l'impiego di alcuni prodotti a base di abamectina, azadiractina, clorpirifos metile, cipermetrina, dimetoato, clotianidin e metomil. L'ultima autorizzazione è scaduta nel novembre 2009; attualmente, pertanto, non è legale l'impiego di tali prodotti per alcuni dei quali è prevista l'autorizzazione definitiva da parte del Ministero. Le difficoltà di diagnosi precoce dell'infestazione, l'attività e la prolificità del Curculionide costringono, in particolare su *Phoenix canariensis*, all'effettuazione di interventi ripetuti nel corso dell'anno e a intervalli mensili con notevoli problemi ecologici, tossicologici ed economici. Va tenuto presente che, in base al Decreto legislativo n. 194/95 e alla Circolare ministeriale 15 aprile 1999 n. 7, per i trattamenti insetticidi o fungicidi in ambiente pubblico è possibile utilizzare esclusivamente preparati registrati come prodotti fitosanitari, nella cui etichetta deve essere specificata l'autorizzazione per l'impiego su verde pubblico, nonché la coltura e il parassita che si vuole combattere.

Minori ripercussioni su piante ornamentali, hanno avuto le accidentali introduzioni del Flattide *Metcalfa pruinosa* (Say), dei Tingitidi del platano *Corytuca ciliata* (Say) e delle querce *C. arcuata* (Say), nonché del Lepidottero dell'ippocastano *Cameraria ohridella* Descka & Dimic, della Minatrice fogliare della robinia *Parectopa robiniiella* Clemens e del Castnide delle palme *Paysandisia archon* (Burmeister) (LONGO, 2009). Limitate ad alcuni centri urbani sono, finora, le perniciose infestazioni delle polifaghe cocciniglie *Phenacoccus madeirensis* Green, (LONGO *et al.*, 2009), *Ceroplastes japonicus* Green (LONGO, 1985) e *Protopulvinaria piriformis* (Cock.).

Delle 360 specie di Coleotteri introdotte in Italia nell'ultimo mezzo secolo 27 sono riuscite ad acclimatarsi negli ultimi 20 anni (RATTI, 2007). Fra le specie di interesse applicato, oltre a quelle prima citate, basti ricordare il Platipodide sud-americano *Megaplatypus mutatus* (Chapuis) dannoso ai pioppi, gli Scolitidi asiatici *Xylosandrus crassiusculus* (Motschulsky) e *Xylosandrus germanus* (Blandford), nonché i Cerambicidi *Callidiellum rufipenne* (Motschulsky), *Phoracanta semipunctata* Fabricius, e

P. recurva Newmann, queste ultime due ormai insediate anche negli eucalipteti mediterranei.

I casi più significativi di invasioni biologiche negli ambienti forestali italiani sono in numero limitato, anche se localmente di notevole impatto, e riguardano in particolare alcune conifere, il castagno e gli eucalipti.

Riguardo alle conifere, il caso più grave è quello della Cocciniglia corticicola del pino marittimo, *Matsucoccus feytaudi* Ducasse che, introdotta accidentalmente nella Francia meridionale negli anni '50, ha determinato situazioni di degrado e sofferenza delle pinete della Costa Azzurra con notevoli ripercussioni sull'economia boschiva e sull'aspetto paesaggistico di questa regione. In Italia i primi danni sono stati segnalati nel 1977 nelle pinete liguri di Monte Nero a Bordighera; attualmente il Margarodide è presente anche nelle pinete toscane probabilmente a seguito del trasporto di materiale legnoso infestato. La diffusione della cocciniglia e le sue gravi infestazioni nelle pinete mediterranee sono state anche favorite dalle condizioni climatiche e dalla scarsa efficacia dei limitatori naturali. Nelle pinete francesi del versante atlantico è stato accertato che le piogge e l'elevato tasso di umidità relativa sono i fattori determinanti dell'alta mortalità di neanidi della cocciniglia al momento della nascita e della dislocazione prima di fissarsi nelle fessure corticali (RIOM, 1979).

Nella fase iniziale dell'infestazione le piante producono essudati resinosi che gemono dalle fenditure della corteccia e si verifica notevole filloptosi. L'intervento degli xilofagi causa il disseccamento, parziale o totale, delle piante che mostrano abbondanti resinature e corteccia sollevata. La diffusione delle morie nelle pinete si manifesta in modo più o meno rapido in relazione alle condizioni stazionali e fitosanitarie dei popolamenti nonché all'età e al vigore delle singole piante. Nella fascia costiera toscana vari Scolitidi xilofagi hanno trovato abbondante substrato riproduttivo anche su altre specie di pini, determinando morie a macchia d'olio che hanno compromesso complessi forestali di elevato valore ambientale e paesaggistico e interessato alcune aree protette di notevole rilevanza naturalistica. (BINAZZI *et al.*, 2006).

I pini domestici dell'Isola di Ischia subiscono da tempo le appariscenti infestazioni su tronchi e rami della cocciniglia *Marchalina ellenica* (Gennadius), ancora fortunatamente confinata nell'Isola dove è stata introdotta negli anni '60 da Buchner per i suoi studi sull'endosimbiosi. In Grecia, dove la cocciniglia infesta soprattutto

le pinete di *Pinus halepensis*, gli apicoltori, in estate-autunno, installano gli apiari nelle pinete infestate dell'isola di Thassos e della penisola Calcidica per consentire alle api di bottinare la melata, prodotta dalle neanidi della cocciniglia, dalla quale ottengono un caratteristico miele. Nel tentativo di scongiurare la diffusione del Celostomiide nelle pinete peninsulari, il 27.3.1996, è stato emanato un D.M. di lotta obbligatoria nella regione Campania.

In rapida espansione in Europa è il Rincote Coreide *Leptoglossus occidentalis* Heidmann che infesta varie specie di conifere; il fitomizo, originario del continente americano, è diffuso nella maggior parte degli Stati Uniti, in Messico e in Canada. In Italia è stato segnalato nel 1999, in provincia di Vicenza. Successivamente la specie è stata riscontrata in Lombardia, Friuli-Venezia Giulia, Trentino e Sicilia. Inoltre è stata segnalata in Svizzera e in Slovenia (BERARDINELLI & ZANDIGIACOMO, 2002). Nel continente americano il Coreide compie da una a tre generazioni all'anno a seconda dell'andamento climatico e sverna allo stadio di adulto (talora in gruppi numerosi) in ricoveri vari, spesso all'interno di edifici. Le uova sono deposte sugli aghi dei pini dei quali si alimentano neanidi, ninfe e adulti pungendo anche i semi di strobili in via di formazione o in fase avanzata di sviluppo, causando una parziale o totale necrosi dei tessuti interessati dalle punture con conseguente perdita di produzione. In Sicilia orientale, nel 2008, ovature del Coreide sono state raccolte da aprile a settembre su aghi di pino laricio e pino domestico; negli strobili di quest'ultima specie sono state rilevate percentuali di semi danneggiati variabili dal 7 al 49%.

Il neartico Afide lanigero *Gilletteella cowni* (Gillette), introdotto in Europa dalla California agli inizi del secolo scorso e segnalato in Italia negli anni '60 (CANTIANI, 1968), svolge un anolociclo sull'Abete di Douglas. Le appariscenti infestazioni registrate in Toscana, in Piemonte, in Lombardia, in Friuli Venezia Giulia, in Campania, in Emilia e Romagna, (PETRALI, 1979), nonché in Calabria negli anni '90 e più di recente in Sicilia (LONGO *et al.*, 2001) hanno, in molti casi, compromesso la vitalità delle piante attaccate, nonostante la presenza di numerosi entomofagi predatori indigeni.

Riguardo ai pini va ricordata la recente segnalazione in Sardegna della Processionaria dei pini, *Traumatocampa pityocampa* (Den. & Schiff.), (PANTALEONI, com. pers.) che costituisce uno dei più importanti problemi per le pinete mediterranee e sud-europee. E' presumibile

che anche nelle pinete sarde il defogliatore troverà condizioni ottimali di sviluppo con conseguenti problemi fitosanitari e di salute pubblica.

Il castagno, introdotto in epoca remota, nei nostri ambienti, fino a qualche anno addietro era interessato dagli attacchi sporadici e localizzati dell'acaro Tetranychide *Oligonychus bicolor* (Banks). Al 2002 risale la segnalazione in Piemonte dell'imenottero Cinipide *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu, che attacca sia il castagno europeo che gli ibridi euro-giapponesi. La specie, ormai presente in tutte le aree castanicole italiane, è originaria della Cina ed è stata introdotta, in epoca remota, in Asia e in parte degli Stati Uniti. Le larve del Cinipide causano la formazione di galle, su germogli, nervature fogliari e amenti del castagno, dalle quali, nei mesi di giugno e luglio, fuoriescono le femmine alate. Queste ovidepongono nelle gemme entro le quali le larve sviluppano senza manifestare sintomi esterni dell'infestazione. Nella primavera successiva, il rapido sviluppo delle larve determina la formazione delle caratteristiche galle che causano un arresto dello sviluppo delle gemme, dalle quali si originano foglie di dimensioni ridotte. Infestazioni elevate possono determinare un consistente calo della produzione, una riduzione dello sviluppo vegetativo e degli accrescimenti legnosi nonché un forte deperimento delle piante colpite. L'insetto viene diffuso principalmente con il materiale di propagazione; pertanto è necessario esaminare accuratamente le piantine di castagno da mettere a dimora soprattutto se provengono da zone in cui il Cinipide è già presente. Scarsi risultati sono stati ottenuti con la raccolta e la bruciatura delle parti infestate prima della fuoriuscita delle femmine alate, nel tentativo di rallentare la diffusione dell'infestazione. Esito positivo ha avuto l'introduzione, in molte zone della penisola, del parassitoide di origine cinese *Torymus sinensis* Kamijo (QUACCHIA *et al.*, 2009).

Da temere nei castagneti da reddito è l'ulteriore diffusione dello Scolitide lignicolo *Xylosandrus germanus*, presente in Asia, Stati Uniti ed Europa centrale (Germania, Svizzera, Austria, Belgio e Italia) che può attaccare numerose latifoglie e conifere sia in piedi che abbattute. Le larve si alimentano del fungo *Ambrosiella harti-gii* (Batro) che le femmine trasportano sul loro corpo e introducono nella pianta ospite al momento della formazione delle gallerie. In America l'associazione di *X. germanus* con funghi del genere *Fusarium* è considerato il principale fattore della moria del noce nero (KESSLER, 1974, WEBER & Mc PHERSON, 1985).

Il neartico Tingide *Corythucha arcuata* (Say) segnalato in Italia nel 2000, causa, con le punture di alimentazione, caratteristiche decolorazioni e, nei casi di forti infestazioni, anche filloptosi anticipata delle querce.

Gli eucalipti, introdotti nel nostro Paese a partire dall'800 come piante ornamentali e largamente impiegati nell'ultimo dopoguerra sia per fini industriali che per rimboschimenti, ospitano un limitato numero di specie autoctone adattatesi ai nuovi ospiti e poche altre accidentalmente introdotte negli ultimi decenni del secolo scorso. Fra queste ultime scarso impatto hanno avuto le presenze del Coleottero Curculionide *Gonipterus scutellatus* Gyll. (ARZONE, 1976) e dell'Omottero Psilloideo *Ctenarytaina eucalypti* (Maskell) (CAVALCASELLE, 1982). Nel 1969 è stata rilevata la presenza del Cerambicide australiano *Phoracantha semipunctata* (TASSI, 1969), in precedenza segnalato in Egitto (LEPE-SME, 1950); più recente è l'introduzione in Italia della congenere *P. recurva* Newmann, 1840 (SAMA & BOCCHINI, 2003). Entrambe le specie attaccano alberi debilitati o morti e pertanto non sono da considerare fitofagi primari (WANG, 1995). La sovrapposizione e sostituzione in atto fra i due foracantini è attribuita alla maggiore longevità degli adulti di *P. recurva* le cui femmine sono in grado di ovideporre anche nei mesi invernali; inoltre, le uova di *P. recurva* hanno un più rapido sviluppo embrionale rispetto a quelle di *P. semipunctata* e le larve si trovano in stadi di sviluppo più avanzati se le due specie vengono a contatto per l'intersecarsi delle gallerie (PAINE *et al.*, 2001). Nel 1992, a due anni dal ritrovamento in Sicilia e in Calabria dell'ooparassitoide *Avetianella longoi* Siscaro, sono stati rilevati tassi di parassitizzazione prossimi al 100% a carico delle uova di *P. semipunctata* (LONGO *et al.*, 1993) della quale l'Encirtide, è un efficace agente di controllo biologico (HANKS *et al.*, 1995); tuttavia esso non sembra in grado di interrompere lo sviluppo delle uova di *P. recurva* e, in presenza di uova delle due specie, parassitizza preferibilmente quelle di *P. semipunctata* (BYBEE *et al.*, 2004).

La schiera delle entità nocive agli eucalipti, introdotte nel nostro Paese, si è recentemente arricchita di due specie di imenotteri Eulofidi galligeni; la prima *Ophelinus masckelli* Ashmead, induce caratteristiche galle sulle foglie, la seconda specie *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle, oltre che sulle nervature fogliari, causa evidenti deformazioni nei germogli e nei rametti. Le filloptosi delle giovani piante gravemente infestate ne rallentano lo sviluppo; inoltre, in

ambienti antropizzati, gli sfarfallamenti simultanei di numerosi individui di *O. masckelli* possono creare problemi di natura igienico-sanitaria. Incoraggianti risultati sono stati ottenuti con l'introduzione, nelle regioni interessate alle infestazioni, di alcuni parassitoidi specifici (CALECA *et al.*, 2008).

PRINCIPALI FITOFAGI DI TEMUTA INTRODUZIONE O DI ULTERIORE DIFFUSIONE

Delle numerose specie di temuta introduzione nel nostro Paese, in parte inserite nelle liste EPPO, vanno segnalati alcuni lepidotteri defogliatori quali il Lasiocampide *Dendrolimus sibiricus* Chetverikov, originario della Russia e della Cina, ampiamente diffuso in altre zone dell'Asia e dell'Europa dove infesta varie conifere dei generi *Abies*, *Picea*, *Larix*, *Pinus* e *Tsuga* ed è considerato il defogliatore più dannoso delle foreste di conifere siberiane. (USDA, 2003). Da temere è l'introduzione di altre due specie di Lasiocampidi di origine neartica; di esse *Malacosoma disstria* Hübner, è ampiamente diffusa in Nord America e, in relazione alla spiccata polifagia delle larve, infesta numerose latifoglie e conifere. La congenere monovoltina *M. americanum* (Fabr.) va incontro a periodiche gradazioni che interessano soprattutto le Rosacee.

Il neartico Limantriide *Orgyia pseuotsugata* (McDunnough) è ampiamente diffuso lungo la costa pacifica del Nord America, dal Canada al Nuovo Messico, dove infesta prevalentemente *Abies* e *Pseudotsuga* ma, nelle fasi culminanti delle periodiche gradazioni, attacca anche *Pinus*, *Larix*, *Picea* e *Tsuga*, causando estese defogliazioni e disseccamenti. In ambienti antropizzati i peli che si liberano dai ciuffi presenti sulle larve possono causare reazioni allergiche. In Italia i rischi maggiori si paventano per la Douglasia ma non è prevedibile l'impatto del defogliatore su altre conifere maggiormente diffuse.

Ben più numerosa è la schiera di coleotteri Scolitidi esotici che si sono acclimatati in Italia. Da temere, per le latifoglie, sono le possibili introduzioni di polifaghe specie neartiche del genere *Pseudopityophthorus* in grado di trasmettere il fungo patogeno *Ceratocystis fagacearum*.

Le conifere sono minacciate dalle possibili introduzioni di specie dei generi *Dendroctonus* e *Monochamus*, quest'ultime vettrici del pernicioso nematode fitopatogeno *Bursaphelenchus xylophilus*.

Riguardo alle numerose specie forestali del genere *Ips*, notevoli preoccupazioni destano gli arrivi di tronchi di larici siberiani infestati da *Ips subelongatus* (Matschulsky) e l'incombente presenza

in prossimità della foresta di Tarvisio di *Ips duplicatus* (Sahlberg) che, partendo dalle aree orientali, ha colonizzato le peccete dell'Europa centrale (MASUTTI, 2005).

Altra incombente minaccia per i frassini è rappresentata dalla possibile introduzione, con giovani piante o con prodotti legnosi freschi non scorrecciati, del Buprestide di origine asiatica *Agilus planipennis* Fairmaire. La specie, introdotta in Canada e USA nel 2002, infesta varie specie del genere *Fraxinus* e, occasionalmente, anche di *Juglans*, *Pterocarya* e *Ulmus*. Vengono infestate anche piante vigorose sulle quali, in primavera, le femmine depongono singole uova nelle screpolature della corteccia. Le larve scavano gallerie serpentine nei tessuti cambiali che inducono ingiallimento delle foglie, deperimento e morte della pianta. Gli adulti sfarfallano in primavera e si alimentano delle foglie delle piante ospiti sulle quali si riproducono (MECTEAU & MARCHANT, 2003).

MISURE DI QUARANTENA E CONTROLLO

Dei molteplici fattori naturali e antropici che favoriscono le invasioni biologiche di fitofagi esotici, difficilmente controllabili sono quelli connessi sia con i cambiamenti climatici che con gli intensi e rapidi scambi commerciali. Per arginare la diffusione di specie aliene, nei 144 Paesi aderenti all'International Plant Protection Convention (IPPC), vengono attuate misure di quarantena fitosanitaria in forza di un trattato internazionale del 1995, più volte rivisto, gestito dalla FAO con l'obiettivo di assicurare una comune ed efficace azione di prevenzione contro l'introduzione e la diffusione di parassiti dei vegetali e dei loro prodotti, nonché di promuovere appropriate misure di controllo degli stessi. Gli strumenti operativi dell'IPPC sono i Servizi Fitosanitari Nazionali (National Plant Protection Organizations (NPPOs)), che fungono da organismi di coordinamento e indirizzo a livello macroregionale. Per l'Europa e per l'area Mediterranea l'organizzazione intergovernativa di riferimento è l'EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization) cui aderiscono 51 nazioni. Per l'Unione Europea il documento legislativo di riferimento per il settore fitosanitario è la Direttiva 2000/29/CE del Consiglio dell'8/5/1976, recepita dallo Stato Italiano con il Decreto Legislativo n.214/2005 del 19/8/2005.

Per rallentare il flusso di accidentale introduzione di nuovi organismi nocivi a livello comunitario e nazionale la normativa attuale è orien-

tata verso l'effettuazione di più rigorosi controlli fitosanitari sia nei punti di arrivo che di partenza delle merci sensibili oggetto di trasferimento facendo riferimento alle delle liste (A1, A2 e di «Allerta») tenute costantemente aggiornate dall'EPPO. La lista A1 raggruppa organismi di quarantena non ancora ufficialmente presenti nell'area dell'EPPO mentre la lista A2 comprende quegli organismi già segnalati in alcune zone ma non largamente diffusi e considerati sotto controllo ufficiale. Finché non sono recepite nella legislazione fitosanitaria dei Paesi membri gli organismi delle liste A1 e A2 non sono ancora da quarantena ma costituiscono l'«Action List», contro le quali viene suggerito agli organi di governo comunitario e nazionali di predisporre le opportune misure di quarantena; va tuttavia considerato che tali elenchi non possono risolvere il problema del «rischio d'introduzione». Nella «Lista di Allerta» sono compresi gli organismi che possono rappresentare un rischio fitosanitario per la regione EPPO. Tale lista viene annualmente rivista criticamente al *Panel* per le Misure Fitosanitarie. Gli organismi selezionati dai pertinenti *Panel* vengono sottoposti a completo PRA (Pest Risk Analysis) e conseguentemente possono essere inseriti nelle Liste A1 o A2, ovvero essere rimossi dalla «Lista di Allerta» se il rischio è basso. La procedura di valutazione del rischio PRA prevede: la classificazione e la biologia dell'organismo, la sua distribuzione geografica e le piante ospiti. Inoltre viene valutato il potenziale insediamento nell'area del PRA, le modalità di controllo, il trasporto e l'impatto economico e sociale.

L'approccio scientifico alla valutazione del rischio richiede approfondite analisi climatiche, la previsione delle risposte dei parassiti ai cambiamenti climatici, la diagnosi precoce, nonché la possibilità e i costi di eradicazione. Attualmente gli insetti forestali inseriti nella «Lista di Allerta» sono i rincoti, *Corytuca arcuata*, *Ctenarytaina spatulata*, *Leptocybe invasa* e *Marchalina ellenica*, nonché i coleotteri *Diocalandra frumentii*, *Megaplatypus mutatus*, *Scolytus shevyrewi* e *Xylosandrus crassiusculus*.

I principali strumenti a disposizione delle Organizzazioni nazionali di protezione del territorio dalle specie invasive consistono nelle misure di quarantena e nei preventivi controlli fitosanitari al momento dell'importazione; questi, in relazione alle attuali inadeguate strutture del Servizio Fitosanitario nazionale, vengono effettuati su campioni più o meno rappresentativi di tutte le partite di vegetali oggetto di misure fitosanitarie. Occorre pertanto potenziare i

Servizi Fitosanitari che, oltre a controllare le merci in arrivo da aree in cui segnalati organismi nocivi di temuta introduzione, dovrebbero avere mezzi e tecnici sufficienti per effettuare controlli anche sui turisti che, spesso, con l'introduzione di piante ornamentali, diventano involontari vettori di pericolosi fitofagi. Necessario è, inoltre, costituire e mantenere sul territorio, capillari reti di monitoraggio mirate anche a intercettare tempestivamente i fitofagi di nuova introduzione contro i quali tardive e insufficienti si sono, finora, rivelate le misure di eradicazione e i decreti di lotta obbligatoria.

Per la tempestiva riduzione del livello delle popolazioni dei fitofagi nocivi sia autoctoni che alloctoni, e per prevenirne l'insediamento in determinati substrati, gli interventi che è possibile realizzare si avvalgono di mezzi selvicolturali, quali le piante esca e la distruzione dei possibili *habitat*; di mezzi fisici, comprese le trappole di vario tipo e l'eliminazione dei focolai; di mezzi chimici ricorrendo all'impiego di insetticidi dotati di selettività primaria ovvero applicati in modo tale da ridurre i rischi di dispersione delle molecole tossiche nell'ambiente, o ancora di sostanze che agiscono sul comportamento, come per esempio i feromoni di sintesi, in grado di consentire catture massali, ovvero le sostanze che mascherano la pianta, rendendola quindi «invisibile» al fitofago in fase di ricerca dell'ospite. Fra i mezzi biologici il metodo propagativo, consistente nell'introduzione di entomofagi esotici per ricostituire nelle aree di nuovo insediamento i medesimi antagonismi biologici di quelle di origine dei due bionti, ha già fornito importanti risultati soprattutto negli agrosistemi. In ambienti forestali l'impiego di preparati microbiologici è il mezzo di lotta più importante, sia per i notevoli risultati già ottenuti con i prodotti a base di *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* (*Btk*), sia per le interessanti prospettive nell'uso di altri organismi (protozoi, microsporigi e nematodi entomopatogeni) o loro prodotti contro vari fitofagi.

RIASSUNTO

I cambiamenti climatici e la globalizzazione dei mercati hanno favorito la diffusione di numerose specie esotiche. Sulla base dei dati del DISIE sono oltre 500 le specie di insetti esotici accidentalmente introdotte in Italia, 200 delle quali dopo il 1970. Tuttavia la maggior parte delle specie forestali non ha causato danni rilevanti nei nostri boschi, mentre perniciose, per le latifoglie ornamentali in ambienti antropizzati, sono le recenti introduzioni dalle aree di origine asiatiche, dei polifagi Cerambicidi *Anoplophora chinensis* Forster, e *A. glabripennis* (Motshulsky), e

per la palma delle Canarie quella del Curculionide *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier). Meno gravi si sono rivelate le conseguenze delle infestazioni dei rincoti *Metcalfa pruinosa* (Say), *Corytuca ciliata* (Say), *C. arcuata* (Say), *Phenacoccus madeirensis* Green, *Ceroplastes japonicus* Green e *Protopulvinaria piriformis* (Cock.), dei lepidotteri, *Cameraria ohridella* Descka & Dimic, *Parectopa robinella* Clemens e *Paysandisia archon* (Burmeister) nonché dei coleotteri *Megaplatypus mutatus* (Chapuis), *Xylosandrus crassiusculus* (Motschulsky), *X. germanus* (Blandford) e *Callidiellum rufipenne* (Motschulsky).

Fra le specie nocive alle conifere, la cocciniglia corticicola *Matsucoccus feytaudi* Ducasse è causa primaria del deperimento del pino marittimo in Liguria e in Toscana. In rapida espansione nelle pinete italiane è il Rincote *Leptoglossus occidentalis* Heidmann, mentre danni di rilievo all'Abete di Douglas, vengono causati dall'Afide lanigero *Gilletteella coveni* (Gillette). Riguardo alle latifoglie le querce sono recentemente interessate agli attacchi del Tingide *Corytuca arcuata* (Say), mentre nei castagneti sta diffondendosi il galligeno imenottero Cinipide *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu ed è da temere l'ulteriore diffusione dei coleotteri *Xylosandrus germanus* (Blandford,) e *Megaplatypus mutatus* (Chapuis). I Cerambicidi australiani *Phoracanta semipunctata* Fabricius, e *P. recurva* Newmann attaccano quasi esclusivamente eucalipti debilitati; la prima specie viene efficacemente parassitata dall'Encirtide *Avetianella longoi* Siscaro, e viene gradualmente sostituita dalla seconda contro la quale l'ooparassitoide è scarsamente efficace. Recente è l'introduzione degli imenotteri Eulofidi galligeni *Ophelinus maskelli* Ashmead, e *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle, contro i quali incoraggianti sono gli esiti di metodologie di lotta biologica. Le specie delle quali si teme l'introduzione o l'ulteriore diffusione negli ambienti forestali italiani sono inserite nelle liste dell'EPPO e includono i lepidotteri defogliatori *Dendrolimus sibiricus* Chetverikov, *Malacosoma dissitia* Hübner, *M. americanum* (Fabr.) e *Orgyia pseudotsugata* (McDunnough), nonché varie specie di coleotteri dei generi *Ips*, *Pseudopityophthorus*, *Dendroctonus* e *Monochamus*, quest'ultime vettrici del pernicioso nematode fitopatogeno *Bursaphelenchus xylophilus*, e il Buprestide *Agrilus planipennis* Fairmaire.

I principali strumenti a disposizione delle Organizzazioni nazionali di protezione del territorio dalle specie invasive consistono nelle misure di quarantena e nei preventivi controlli fitosanitari al momento dell'importazione. Gli interventi da effettuare per la tempestiva riduzione del livello delle popolazioni dei fitofagi nocivi e per prevenirne l'insediamento in determinati substrati, si avvalgono di mezzi selvicolturali, fisici, chimici e biologici. Fra questi ultimi importanti dal punto di vista applicativo sono gli interventi basati sull'introduzione di entomofagi dalle aree di origine dei fitofagi esotici e soprattutto sull'impiego di formulati microbiologici.

BIBLIOGRAFIA

- ARZONE A., 1976 - *Un nemico dell'Eucalipto nuovo per l'Italia*. - Apicolt.mod, 67: 173-177.
BERARDINELLI I., ZANDIGIACOMO P., 2002 - *Prima segnalazione del «cimicione delle conifere»* (*Leptoglossus occidentalis*). - Notiziario ERSa, 15 (5): 44-46.
BARRANCO P., DE LA PENA J., CABELLO T., 1995 - *Un nuevo curculionido tropical para la fauna Europa*, *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier 1790),

- (*Curculionidae: Coleoptera*). - Boletín de la Asociación Española de Entomología, 20: 257-258.
BINAZZI A., COVASSI M., 1989 - *Il Matsucoccus feytaudi Ducasse nelle pinete liguri di ponente*. Atti del «Convegno sulle avversità del bosco e delle specie arboree da legno». Firenze 15-16 ottobre 1987: 197-222.
BYBEE L.F., MILLAR J.G., PAINE T.D., CAMPBELL K., HANLON C.C., 2004 - *Effects of temperature on fecundity and longevity of Phoracantha recurva and P. semipunctata (Coleoptera: Cerambycidae)*. - Environmental Entomology, 33: 138-146.
CALECA V., RIZZO M.C., LO VERDE G., BUCCELLATO V., LUCIANO P., CAO O., PALMERI V., GRANDE S.B., CAMPOLO O., 2009 - *Diffusione di Closterocerus chamaeleon (Girault) introdotto in Sicilia, Sardegna e Calabria per il controllo biologico di Ophelinus maskelli (Ashmead) (Hymenoptera, Eulophidae), galligeno esotico sugli eucalipti*. Atti III Congresso Nazionale di Selvicoltura. Taormina 16-19 ottobre 2008. Accademia Italiana di Scienze Forestali. Vol.II: 638-642.
CANTIANI M., 1968 - *L'afide lanigero della Douglasia (Gilletteella cooleyi Gill) in Italia*. - L'Italia forestale e montana, XXIII (4): 195-198.
CAVALCASELLE B., 1982 - *Sulla presenza in Italia di un nuovo Psillide nocivo all'Eucalipto: Ctenarytaina eucalipti (Maskell)*. - Cellulosa e carta, 6: 3-7.
COLOMBO M., BOLCHI SERINI G., JUCKER C., LUPI D., MASPERO M., CAVAGNA B., 2005 - *Insetti esotici di recente introduzione in Lombardia*. Fondazione Minoprio, Vermentate con Minoprio (CO), 188 pp.
COX M.L., 1993 - *Red palm weevil, Rhynchophorus ferrugineus in Egypt*. - FAO Plant Protection Bulletin, 41: 30-31.
CRAVEDI P., 2005 - *Aspetti entomologici della gestione integrata delle colture*. - Atti Accademia nazionale di Entomologia, Rendiconti Anno LIII: 185-196.
DAISE 2008 - *European Invasive Alien Species gateway*. <http://www.europe-alienus.org>
EPPO 2007- *EPPO Standards: EPPO A1 and EPPO A2 list of pests recommended for regulation as quarantine pests*. <http://www.eppo.org>
FRANCESCHINI A., LONGO S., MORICCA S., 2009 - *Avversità biotiche e mutamenti climatici in ambienti forestali*. Atti III Congresso Nazionale di Selvicoltura. Taormina 16-19 ottobre 2008. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Vol.II: 605-610.
HANKS L.M., GOULD J.R., PAINE T.D., MILLAR J.G., WANG O., 1995 - *Biology and host relations of Avetianella longoi (Hymenoptera: Encyrtidae) an egg parasitoid of the Eucalyptus longhorned Borer (Coleoptera: Cerambycidae)*. Annals of the Entomological Society of America, 88 (5): 666-671 (6).
JUCKER C., MASPERO M., HERARD F., VALENTINI M., COLOMBO M., 2009 - *Indagini sulla presenza di limitatori naturali di Anoplophora chinensis (Forster) in Lombardia*. - Atti XXII Congr. Naz. it. Ent., Ancona, 15-18-giugno 2009: 340.
KESSLER K.J. JR., 1974 - *An apparent symbiosis between Fusarium fungi and ambrosia beetles causes canker on black walnut stems*. - Plant Dis. Rep., 58: 1044-1047.
LEPESME P., 1950 - *Sur la dispersion par l'Homme et l'acclimatation de quelques «Phoracanthini»* Longicornia. Etudes et notes sur les Longicornes, 1: 577-579.
LONGO S., 1985 - *Osservazioni morfologiche e biotologiche su Ceroplastes japonicus Green. (Homoptera: Coccoidea) in Italia*. - Atti XIV Congr. naz. it. Ent., Palermo, Erice, Bagheria: 185-192.

- LONGO S., PALMERI V., SOMMARIVA D., 1993 – *Sull'attività di Avetianella longoi ooparassitoide di Phoracantha semipunctata nell'Italia meridionale*. - Redia, LXXVI (1): 223-239.
- LONGO S., BARBAGALLO S., RAPISARDA C., TROPEA GARZIA G., MAZZEO G., SISCARO G., BELLA S., 2001 – *Note sull'artropodofauna degli ambienti forestali e agrari del Parco dell'Etna*. - Tecnica. Agricola, (3-4): 3-61.
- LONGO S., ROVERSI P.F., AGOSTINI S., 2009 – *Invasioni biologiche di insetti fitofagi e ricadute sul paesaggio italiano: due casi esemplari provocati da Rhynchophorus ferrugineus e da Matsucoccus feytaudi*. - Ital. J. Agron. / Riv. Agron. 2009, 3 Suppl.: 163-169.
- LONGO S., SUMA P., BELLA S., LA PERGOLA A., 2009 – *Artropodi associati al Punteruolo rosso delle palme*. In: Regione Siciliana - Assessorato Agricoltura e Foreste. La ricerca scientifica sul Punteruolo rosso delle palme e gli altri fitofagi delle palme in Sicilia. Vol. I: 61-64. . SBN Pal0217180. Centro Stampa Rubino Marsala.
- LONGO S., 2009 – Specie introdotte: *Paysandisia archon*. In: Jucker C., Barbagallo S., Roversi P.F., Colombo M. (Ed.). Insetti esotici e tutela ambientale. Morfologia, biologia, controllo e gestione. Arti Grafiche Maspero Fontana, Cermenate (CO), 416 pp.: 142-145.
- LONGO S., 2009 – Specie introdotte: *Rhynchophorus ferrugineus*. In: Jucker C., Barbagallo S., Roversi P.F., Colombo M. (Ed.). Insetti esotici e tutela ambientale Morfologia, biologia, controllo e gestione. Arti Grafiche Maspero Fontana, Cermenate (CO), 416 pp.: 182-185.
- LONGO S., PAPPALARDO V., SUMA P., VINCI A., 2009 – *Introduzioni di Crittolema per la lotta biologica al Cotonello di Madeira*. - Atti XXII Congr. Naz. it. Ent., Ancona, 15-18-giugno 2009: 349.
- LUHRING K.A., MILLAR J.G.F., PAINE T.D., REED D., CHRISTIANSEN H., 2004 – *Ovipositional preferences and progeny development of egg parasitoid Avetianella longoi factors mediating replacement of one species by a congener in a shared habitat*. - Biological Control, 30: 382-391.
- MASUTTI L., 2005 – *La custodia del patrimonio naturale, un impegno crescente per l'entomologia forestale italiana*. - Atti Accademia nazionale di Entomologia, Rendiconti Anno LIII: 282-296.
- MECTEAU M., MARCHANT K., 2003 – *Emerald ash borer in Essex County, Ontario*. - NAPPO Newsletter: 4-5.
- MIZZI S., DANDRIA D., MIFSUD D., LONGO S., 2009 – *The Red Palm Weevil, Rhynchophorus ferrugineus (Olivier, 1790) in Malta (Coleoptera: Cuculionioidea)*. - Bulletin of the Entomological Society of Malta, 22: 11-12.
- PAINE T.D., MILLAR J.G., PAINE E.O., HANKS M., 2001 – *Influence of host log age and refuge from natural enemies on colonization and survival of Phoracantha semipunctata*. - Entomologia Experimentalis et Applicata, 98: 157-163.
- PETRALI A., 1979 – *Comparsa sulle Alpi occidentali dell'Afide lanigero della Douglasia*. - Informatore Fitopatologico, 6: 3-5.
- QUACCHIA A., MORIYA S., BOSIO G., CUTTINI D., FERRACINI C., ALMA A., 2009 – *Introduzione del parassitoide Torymus sinensis, per il controllo del Cinipide orientale del Castagno*. - Atti XXII Congr. Naz. it. Ent., Ancona, 15-18-giugno 2009: 335.
- RIOM J., 1979 – *Etude biologique et écologique de la cochenille du Pin maritime Matsucoccus feytaudi Ducasse, 1942 (Coccoidea, Margarodidae, Xiloccoccinae) dans le sud-est de la France IV. Potential biotique et dynamique des populations*. - Ann. Zool. Ecol. Anim., 11 (3): 397-456.
- ROMANO M., 2007 – *Nuovi dati sulla presenza in Sicilia di Phoracantha recurva Newman, 1840 (Coleoptera Cerambycidae)*. - Naturalista sicil., S. IV, XXXI (3-4): 241-247.
- SAMA G., BOCCHINI R., 2003 – *Segnalazioni faunistiche Phoracantha recurva Newman, 1840 (Insecta Coleoptera, Cerambycidae) prima segnalazione per la fauna italiana*. - Quad. Studi Notizie Stor. nat. Romagna, Cesena, 18: 168.
- TASSI F., 1969 – *Un longicorne australiano per la prima volta in Italia*. - Boll. Ass. romana Entomol., Roma, 24: 69-71.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – Agricultural Service. <http://www.crl.ars.usda.gov> Accessed February 28, 2003.
- WANG Q., 1995 – *A taxonomic Revision of the Australian Genus Phoracantha. Newman (Coleoptera: Cerambycidae)*. - Invertebrate Taxonomy, 9: 865-958.
- WEBER B.C., MC PHERSON J.E., 1985 – *Relation between attack by Xylosandrus germanus (Coleoptera: Scolytidae) and disease symptoms in black walnut*. - Can. Ent., 117: 1275-1277.

EFFETTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE POPOLAZIONI DI INSETTI FORESTALI

ANDREA BATTISTI (*) - MASSIMO FACCOLI (*)

(*) Dipartimento di Agronomia Ambientale e Produzioni Vegetali, Università degli Studi di Padova. Viale dell'Università 16, 35020 Legnaro (Padova).

Lettura tenuta durante la Tavola rotonda «Biotecniche e nuove frontiere nella difesa degli ecosistemi forestali».
Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 27 novembre 2009.

Effects of climate change on forest insects populations

The climate change may affect the forest insects directly and indirectly. Climate change has been claimed to be responsible of the range expansion northward and upward of several insect species of northern temperate forests, as well as of changes in the seasonal phenology. Several papers have dealt with the prediction of the most likely consequences of the climate change on the phytophagous insects, including some of the most important forest pests. The temperature is affecting either the survival of the insects which are active during the cold period, such as the pine processionary moth, or the synchronization mechanism between the host and the herbivores, as in the case of the winter moth. An increase of temperature may alter the mechanism by which the insects adjust their cycles to the local climate (diapause), resulting in faster development and higher feeding rate, as in the case of the spruce bark beetle. Indirect effects of climate change have also to be considered, such as those mediated by plants, natural enemies, competitors, and mutualists.

KEY WORDS: climate change, forest insects, range expansion, performance.

INTRODUZIONE

Gli effetti del cambiamento climatico sugli esseri viventi sono riconosciuti dal livello individuale a quello di comunità, consistendo principalmente in variazioni degli areali dipendenti principalmente dalla temperatura (WALTHER *et al.*, 2002; ROOT *et al.*, 2003; HICKLING *et al.*, 2006). Essendo il numero di insetti per unità di superficie inversamente proporzionale alla latitudine e alla quota (SPEIGHT *et al.*, 2008), è possibile concludere che l'aumento della temperatura provochi un'espansione latitudinale e altitudinale di molte specie, in particolare di quelle con ampio areale che comprendono numerosi parassiti forestali. Questa ipotesi è suffragata da prove fossili relative a risposte a cambiamenti climatici avvenuti in un lontano passato: le impronte di attività trofiche di fitofagi sono significativamente aumentate nella transizione Paleocene-Eocene, caratterizzata da un aumento della temperatura (WILF e LABANDEIRA, 1999).

Secondo le previsioni attuali di aumento della temperatura (SOLOMON *et al.*, 2007) si possono aspettare profondi cambiamenti a livello della biosfera. Per quanto riguarda gli insetti forestali, ci sono vari modi di risposta al cambiamento climatico (WILLIAMS e LIEBHOLD, 1995; AYRES e

LOMBARDERO, 2000; HARRINGTON *et al.*, 2001; BALE *et al.*, 2002; PARMESAN, 2006). In primo luogo ci si aspetta un aumento della velocità di sviluppo, seppure nei limiti vitali di ciascuna specie, associato a una crescita del numero di generazioni e all'alterazione dei piani di sviluppo basati su meccanismi di diapausa prolungata. Le specie che possono meglio cogliere tale occasione sono quelle caratterizzate da elevato potenziale di crescita, polivoltinismo e assenza di diapausa prolungata. La riduzione del periodo di tempo passato come larva o pupa comporta un aumento della sopravvivenza per una minore esposizione ai fattori di mortalità (BERNAYS, 1997). La crescita demografica a sua volta può comportare un'ulteriore espansione dell'areale, con la possibilità di incontrare nuove piante ospiti per le specie polifaghe (HARRINGTON *et al.*, 2001; STASTNY *et al.*, 2006).

Le specie che dipendono da una sincronizzazione favorevole con le fasi di sviluppo della pianta ospite, come ad esempio *Operophtera brumata* (L.) (Lepidoptera, Geometridae), possono subire un effetto diretto del clima e uno indiretto attraverso la pianta ospite (BUSE e GOOD, 1996). Altri effetti indiretti sono causati dagli antagonisti naturali, che rispondono ovviamente sia al clima sia alla disponibilità di

vittime. Questo è il caso di un parassitoide di *O. brumata*, che risulta essere efficace a bassa quota e del tutto assente al margine superiore dell'areale (KERSLAKE *et al.*, 1996). Anche l'aumento del biossido di carbonio può indurre effetti indiretti, alterando la qualità della pianta e di conseguenza lo sviluppo degli erbivori e dei loro antagonisti (HUNTER, 2001).

ESPANSIONE DELL'AREALE E NUOVI OSPITI

Le anomalie climatiche sono eventi che, come visto, possono determinare colonizzazioni di nuove aree o nuovi ospiti, come osservato nel caso della processionaria del pino *Traumatocampa pityocampa* Denis & Schiffermüller (Lepidoptera, Notodontidae) (BATTISTI *et al.*, 2005; BATTISTI e FACCOLI, 2007). Un processo del tutto analogo si osserva nel caso del coleottero scolitide *Tomicus destruens* (Wollaston) (Coleoptera, Curculionidae), noto e comune parassita di pini mediterranei. Il riscaldamento globale sta infatti determinando un'espansione altitudinale dell'insetto, portandolo a contatto con specie continentali di pini, finora non annoverati fra le sue piante ospiti. Esperimenti preliminari hanno dimostrato che *T. destruens* è in grado di colonizzare anche specie continentali di pino, quali il pino nero (*Pinus nigra* Arnold) e il pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.). Nonostante gli adulti ne colonizzino le cortecce, il pino silvestre non sembra tuttavia essere un ospite adatto a garantire la schiusa delle uova e il completo sviluppo delle larve. In termini di fecondità delle femmine, lunghezza del tempo di sviluppo e longevità degli adulti neo-formati, il pino nero mostra invece risultati simili a quelli ottenuti da allevamenti condotti con pini termofili (FACCOLI, 2007). Osservazioni di campo condotte in vari paesi mediterranei hanno già evidenziato casi di popolazioni di *T. destruens* che hanno ampliato il loro areale fino ad entrare in formazioni costituite da specie continentali di pino dove trovano nei pini neri nuovi ospiti idonei al loro sviluppo.

PERFORMANCE E MORTALITÀ

Il cambiamento climatico può avere effetti diretti importanti anche agendo per esempio sulla sopravvivenza di alcuni stadi di sviluppo degli insetti forestali. Recenti studi condotti sulle Alpi orientali hanno al riguardo dimostrato che la mortalità invernale delle popolazioni

del bostrico tipografo [*Ips typographus* (L.)] (Coleoptera, Curculionidae) è strettamente dipendente dalle temperature minime invernali ma anche dallo stadio di sviluppo considerato. In particolare è emerso che nel corso dell'inverno le popolazioni campionate hanno subito una mortalità media pari a circa il 50% degli individui; tuttavia tale mortalità si è concentrata principalmente sulle forme pre-immaginali – per lo più larve di vari stadi – derivate dall'avvio di una seconda generazione interrotta prima del suo completamento dall'arrivo dell'inverno (FACCOLI, 2009). In questo caso, il riscaldamento globale può agire sulle popolazioni degli insetti sia attenuando le minime invernali, e quindi la mortalità, sia accelerando i ritmi estivi di sviluppo della seconda generazione, permettendo così alla specie di affrontare l'inverno in uno stadio più resistente, quello di adulto.

FENOLOGIA E SVILUPPO

Un recente studio dell'andamento climatico sulle Alpi orientali associato all'analisi dei principali parametri bio-ecologici delle popolazioni locali di *I. typographus* ha dimostrato l'esistenza di una serie di chiari effetti di temperatura e precipitazione, e delle loro variazioni temporali, sulla fenologia e dannosità di questo pericoloso parassita dell'abete rosso (FACCOLI, 2009). In particolare, dal 1922 al 2007 le precipitazioni primaverili del periodo marzo-luglio, epoca di massima attività fisiologica della pianta ospite e dell'insetto, sono diminuite di circa 200 mm (-22%), mentre dal 1962 al 2007 le temperature medie degli stessi mesi sono aumentate di circa 2°C (+13%). I danni causati da *I. typographus* sono risultati essere inversamente correlati con le precipitazioni di marzo-luglio dell'anno precedente, ma non con le temperature. Aumenti della temperatura primaverile hanno tuttavia determinato variazioni della fenologia dell'insetto, anticipando lo sfarfallamento degli svernanti – e quindi l'avvio della prima generazione – di circa 20 giorni in 12 anni. Questo ha inoltre indotto un più precoce avvio della seconda generazione e quindi, come osservato, una probabile minore mortalità invernale.

FUNZIONAMENTO DEGLI ECOSISTEMI

Recenti estati particolarmente calde e siccitose hanno determinato l'avvio di gravi infestazioni di insetti forestali, ed in particolare di coleotteri

scolitidi, a carico di conifere. Tutto ciò ha causato la scomparsa o comunque l'alterazione di estese superfici forestali in molte regioni delle Alpi meridionali. Fra gli ecosistemi più colpiti vi sono indubbiamente le formazioni di pino silvestre, diffusamente colpite da pullulazioni dello scolitide *Ips acuminatus* (Gyllenhal) (Coleoptera, Curculionidae) (FACCOLI *et al.*, 2007). Nella maggior parte dei casi le infestazioni di *I. acuminatus* segnalate sul territorio nazionale interessano pinete con prevalente funzione protettiva e paesaggistica; si tratta infatti di boschi situati in aree ad alta frequentazione turistica estiva e invernale. La loro presenza costituisce dunque un elemento insostituibile del paesaggio alpino che può venire gravemente compromesso dalla presenza di nuclei di piante morte in piedi visibili anche a chilometri di distanza. Inoltre le pinete di pino silvestre rappresentano spesso formazioni pioniere edificate su ghiaioni di sfaldamento di rocce carbonatiche, ambienti difficili e instabili che non consentono un'agevole evoluzione di suoli e soprassuoli e che sarebbero difficilmente colonizzabili da altre specie arboree. Si tratta di colonizzazioni spontanee di pendii franosi lasciate crescere senza cure particolari, e che ora si trovano frequentemente esposte ad avversità di natura parassitaria indotte dalle difficili condizioni stagionali e dalla compromessa vigoria degli alberi. In tale sfavorevole situazione vegetativa, i cambiamenti climatici - fra cui il variato ritmo delle precipitazioni, la sempre più breve e sottile copertura nevosa e le crescenti temperature estive (SOLOMON *et al.*, 2007) - possono contribuire ad innescare gravi processi di deperimento. Le recenti anomalie climatiche sembrano infatti avere un ruolo determinante negli equilibri fra piante ospiti e fitofagi (ROUAULT *et al.*, 2006), indebolendo i primi a vantaggio dei secondi o influenzandone profondamente la diffusione, come osservato nel caso di altri parassiti forestali (BATTISTI *et al.*, 2005 e 2006).

CONCLUSIONI

Il problema delle intense pullulazioni di insetti forestali presenta anche forti risvolti di natura sociale. Vi sono infatti nuove esigenze di protezione dei boschi dettate ad esempio da fini estetico-paesaggistici o ricreativi, come nel caso delle estese defogliazioni che spesso modificano l'aspetto di ampi versanti, creando allarme nell'opinione pubblica, o dagli intensi attacchi di scolitidi in pinete litoranee o alpine di località

turistiche. Nel quadro biocenotico non sono inoltre da trascurare le conseguenze dell'aumentata disponibilità di prede animali a favore di uccelli e mammiferi insettivori. Ciò riveste un particolare interesse per quanto riguarda la qualità degli habitat di specie a rischio, individuate nell'ambito delle reti di protezione della natura.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori sono riconoscenti alla Regione del Veneto, Servizi Fitosanitari e Servizi Forestali, per il sostegno al presente lavoro nell'ambito del progetto 'Monitoraggio fitosanitario delle foreste'.

RIASSUNTO

Il cambiamento climatico agisce in modo diretto e indiretto nei confronti degli insetti forestali. L'azione diretta consiste nel causare l'espansione dell'areale in latitudine e in altitudine, in particolare per le specie delle foreste temperate dell'emisfero settentrionale, e nell'indurre cambiamenti fenologici. Tali effetti possono avere conseguenze rilevanti nella dinamica di popolazione e nei danni economici che questi insetti possono causare. L'aumento della temperatura ha causato l'innalzamento delle zone colpite da specie termofile e l'aumento del numero di generazioni in specie polivoltine. Gli effetti indiretti consistono principalmente nell'alterazione della qualità nutritiva dell'ospite, che si ripercuote a livello di organismi antagonisti, competitori e mutualisti.

BIBLIOGRAFIA

- AYRES M.P., LOMBARDEO M.J., 2000 – *Assessing the consequences of global change for forest disturbance from herbivores and pathogens*. - Sci. Tot. Environm., 262: 263-286.
- BALE J.S., MASTERS G.J., HODKINSON I.D., AWMACK C., BEZEMER T.M., BROWN V.K., BUTTERFIELD J., COULSON J.C., FARRAR J., GOOD J.G., HARRINGTON R., HARTLEY S.E., JONES T.H., LINDROTH R.L., PRESS M.C., SYRMNIODIS I., WATT A.D., WHITTAKER J.B., 2002 – *Herbivory in global climate change research: direct effects of rising temperature on insect herbivores*. - Glob. Ch. Biol., 8: 1-16.
- BATTISTI A., STASTNY M., NETHERER S., ROBINET C., SCHOPF A., ROQUES A., LARSSON S., 2005 – *Expansion of geographic range in the pine processionary moth caused by increased winter temperatures*. - Ecol. Appl., 15: 2084-2096.
- BATTISTI A., STASTNY M., BUFFO E., LARSSON S., 2006 – *A rapid altitudinal range expansion in the pine processionary moth produced by the 2003 climatic anomaly*. - Glob. Ch. Biol., 12: 662-671.
- BATTISTI A., FACCOLI M., 2007 – *Gli insetti forestali nel quadro del cambiamento climatico*. - Atti Acc. Naz. It. Entomol., 55: 49-51.
- BERNAYS E.A., 1997 – *Feeding by lepidopteran larvae is dangerous*. - Ecol. Entomol., 22: 121-123.

- BUSE A., GOOD J.E.G., 1996 – *Synchronization of larval emergence in winter moth (Operophtera brumata L.) and budburst in pedunculate oak (Quercus robur L.) under simulated climate change.* - Ecol. Entomol., 21: 335-343.
- FACCOLI M., 2007 – *Breeding performance and longevity of Tomicus destruens on Mediterranean and continental pine species.* - Entomol. Exp. Appl., 123: 263-269.
- FACCOLI M., COLOMBARI F., FINOZZI V., DAL PONT C., BATTISTI A., 2007 – *Natural enemy occurrence and Ips acuminatus outbreaks in Southern Alps.* Proc. IUFRO “Natural enemies and other multi-scale influences on forest insects”, 9th - 14th September 2007, Vienna, Austria.
- FACCOLI M., 2009 – *Effect of weather on Ips typographus (Coleoptera Curculionidae) phenology, voltinism, and associated spruce mortality in the South-Eastern Alps.* - Env. Entomol., 38: 307-316.
- HARRINGTON R., FLEMING R.A., WOIWOD I.P., 2001 – *Climate change impacts on insect management and conservation in temperate regions: can they be predicted?* - Agr. For. Entomol., 3: 233-240.
- HICKLING R., ROY B.R., HILL J.K., FOX R., THOMAS C.T., 2006 – *The distributions of a wide range of taxonomic groups are expanding polewards.* - Glob. Ch. Biol., 12: 450-455.
- HUNTER M.D., 2001 – *Effects of elevated atmospheric carbon dioxide on insect-plant interactions.* - Agr. For. Entomol., 3: 153-159.
- KERSLAKE J.E., KRUUK L.E.B., HARTLEY S.E., WOODIN S.J., 1996 – *Winter moth Operophtera brumata (Lepidoptera: Geometridae) outbreaks on Scottish heather moorlands: effects of host plant and parasitoids on larval survival and development.* - Bull. Entomol. Res., 86: 155-164.
- PARMESAN C., 2006 – *Ecological and evolutionary responses to recent climate change.* - Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst., 37: 637-639.
- ROOT T.L., PRICE J.T., HALL K.R., SCHNEIDER S.H., ROSENZWEIG C., POUNDS J.A., 2003 – *Fingerprints of global warming on wild animals and plants.* - Nature, 421: 57-60.
- ROUAULT G., CANDAU J.N., LIEUTER F., NAGELEISEN L.M., MARTIN J.C., WARZÉE N., 2006 – *Effects of drought and heat on forest insects populations in relation to the 2003 drought in Western Europe.* - Ann. For. Sci., 63: 613-624.
- SOLOMON S., QIN D., MANNING M., ALLEY R.B., BERNTSEN T., BINDOFF N.L., CHEN Z., CHIDTHAISONG A., GREGORY J.M., HEGERL G.C., HEIMANN M., HEWITSON B., HOSKINS B.J., JOOS F., JOUZEL J., KATTSOV V., LOHMANN U., MATSUNO T., MOLINA M., NICHOLLS N., OVERPECK J., RAGA R., RAMASWAMY V., REN J., RUSTICUCCI M., SOMERVILLE R., STOCKER T.F., WHETTON P., WOOD R.A., WRATT D., 2007 – *Technical Summary.* In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K.B., Tignor M., Miller H.L., eds). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- SPEIGHT M.R., HUNTER M.D., WATT A.D., 2008 – *Ecology of insects: concepts and applications.* Blackwell Science, Oxford, UK.
- STASTNY M., BATTISTI A., PETRUCCO TOFFOLO E., SCHLYTER F., LARSSON S., 2006 – *Host plant use in the range expansion of the pine processionary moth, Thaumetopoea pityocampa.* - Ecol. Entomol., 31: 481-490.
- WALTHER G.-R., POST E., CONVEY P., MENZEL A., PARMESAN C., BEEBEE T.J.C., FROMENTIN J.-M., HOEGH-GULDBERG O., BAIRLEIN F., 2002 – *Ecological responses to recent climate change.* - Nature, 416: 389-395.
- WILF P., LABANDEIRA C.C., 1999 – *Response of plant-insect associations to Paleocene-Eocene warming.* - Science, 284: 2153-2156.
- WILLIAMS D.W., LIEBHOLD A.M., 1995 – *Herbivorous insects and global change - potential changes in the spatial-distribution of forest defoliator outbreaks.* - J. Biogeogr., 22: 665-671.

TECNICHE DI MONITORAGGIO FITOSANITARIO E UTILIZZO DI DATI GEOREFERENZIATI

PIETRO LUCIANO (*)

(*) Dipartimento di Protezione delle Piante, Università degli Studi di Sassari, Via E. De Nicola, 07100 Sassari; pluciano@uniss.it
Lettura tenuta durante la Tavola rotonda «Biotecniche e nuove frontiere nella difesa degli ecosistemi forestali».
Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 27 novembre 2009.

Phytosanitary monitoring techniques and utilization of georeferentiated data

The use of techniques for monitoring forest pest insects has been lately developed and widened also thanks to the availability of new survey technologies and georeferentiated data. The present review reports the direct and indirect population monitoring methods, techniques for the forecast and localization of infestations and their spatial-temporal distribution especially regarding the following species: *Matsucoccus feytaudi* Ducasse (Rhynchota Margarodidae), the Lepidoptera *Zeiraphera diniana* Guenée (Tortricidae), *Lymantria dispar* (Linnaeus) (Lymantriidae), *Thaumetopoea processionea* (Linnaeus) and *Thaumetopoea pityocampa* Denis & Schiffmüller (Thaumetopoeidae), *Epirrita autumnata* (Borkhausen) and *Operophtera brumata* (Linnaeus) (Geometridae), the Coleoptera Scolytidae *Ips typographus* (Linnaeus), *Ips amitinus* Eichhoff, *Ips duplicatus* Sahlberg, *Pityogenes chalcographus* Linnaeus, *Tomicus destruens* (Wollaston), *Dendroctonus frontalis* Zimmermann and *Dendroctonus ponderosae* Hopkins. A list of regional monitoring networks is also supplied together with a suggestion of carrying out a single Italian forest phytosanitary network.

KEY WORDS: forest pest insects, monitoring techniques, spatial distribution, infestation forecasting.

PREMESSA

In ambiente forestale generalmente si opera su estese superfici nelle quali spesso, per l'acclività dei luoghi e la struttura dei popolamenti, non è agevole muoversi e ancor più è difficoltoso compiere operazioni di rilevamento delle avversità biotiche. Per superare in parte tali difficoltà si sono compiuti notevoli sforzi per definire metodi di monitoraggio e studiare modelli previsionali utili anche alla realizzazione d'interventi di lotta.

La relativamente recente disponibilità di strumenti di rilevazione e di rappresentazione del territorio (telerilevamento e Geographical Information Systems) e di georeferenziazione dei dati di campo (Global Positioning System) ha permesso un significativo avanzamento nelle possibilità di indagare e descrivere fenomeni biologici complessi assemblando dati spaziali e temporali (LIEBHOLD *et al.*, 1993; BARRY LYONS *et al.*, 2002). Tutto ciò, integrato con l'impiego di metodi diretti di monitoraggio (come il conteggio di stadi di sviluppo, la valutazione dei danni e/o il prelievo di campioni biologici) o l'utilizzo di metodi indiretti di valutazione dell'abbondanza delle popolazioni (come l'uso di dispositivi di cattura quali le trappole a feromoni) o del rilevamento dei danni da esse prodotti

anche con metodiche di «remote sensing» (con aerei, satelliti e droni) (RILEY, 1989), consente attualmente la costruzione di modelli previsionali particolarmente attendibili di pullulazioni e/o di diffusione sul territorio delle avversità.

Nel presente lavoro, viene offerta una rassegna esemplificativa di quanto è stato realizzato in campo forestale sia per lo sviluppo di metodi di campionamento sia per la costruzione di modelli demografici e per la previsione delle infestazioni. In particolare, vista la notevole mole di dati a disposizione, si è limitata la disamina a ciò che di particolarmente significativo è stato fatto su *Matsucoccus feytaudi*, su alcune specie di Lepidotteri defogliatori di latifoglie e di conifere e di Coleotteri Scolitidi legate a conifere. Sono, quindi, trattate per ciascuna specie le acquisizioni più rilevanti sullo sviluppo di metodi di campionamento diretti e indiretti e sull'impiego di dati georeferenziati.

RHYNCHOTA

Matsucoccus feytaudi Ducasse (Margarodidae)

Il Margarodide, dopo aver determinato, a partire dagli anni '50, estese morie delle pinete di pino marittimo del sud-est della Francia si è

diffuso prima in Liguria (COVASSI e BINAZZI, 1992) per giungere verso la fine degli anni '90 in Toscana (CAMPANI *et al.*, 2005). In questa regione, oltre ad applicare strategie di contenimento delle infestazioni (BINAZZI, 2005), si è provveduto dal 2000, nell'ambito del Progetto META (Monitoraggio Estensivo dei boschi della Toscana a fini fitosanitari) (ROVERSI *et al.*, 2001), a realizzare un'apposita rete di monitoraggio della popolazione del fitomizo basata su controlli annuali in 129 stazioni georeferite, in ciascuna delle quali, durante il periodo di volo dell'insetto, è stata esposta una trappola a feromoni, nella quale fondo e dispenser sono stati sostituiti ogni 2 settimane; il conteggio dei maschi catturati è stato effettuato in laboratorio al microscopio stereoscopico (MARZIALI *et al.*, 2009). I dati di presenza/assenza di *M. feytaudi*, raccolti dal 2000 al 2006, sono stati spazializzati mediante l'impiego dei poligoni di Thiessen, ottenendo mappe della distribuzione della cocciniglia per ciascuno degli anni d'osservazione. Per simulare l'espandersi dell'infestazione, dato che la diffusione del fitomizo avviene prevalentemente per trasporto delle neanidi di prima età ad

opera del vento, si è considerato come fattore prevalente la direzione dei venti dominanti e si è inoltre tenuto conto della presenza di cenosi forestali a prevalenza o a compartecipazione di pino marittimo. Con il calcolo della *cost-distance*, si è quindi giunti a definire per ogni sito ancora indenne la distanza a costo minimo accumulato (*least-accumulative-distance*) dal bordo dei poligoni che rappresentavano le aree già infestate (BERRY, 1993; MCGREW e MONROE, 1993). L'attendibilità del modello di diffusione ottenuto è stata ogni anno verificata a posteriori con rilievi di campo. Le elaborazioni dei dati di cattura hanno evidenziato una veloce diffusione della cocciniglia nelle province toscane con un progressivo ampliamento dell'area colonizzata proprio lungo le direttrici dei venti dominanti, fornendo inoltre l'indicazione delle aree di nuova colonizzazione e di quelle a maggiore rischio d'infestazione nell'anno successivo (fig. 1). I dati ottenuti hanno permesso infine di localizzare in maniera proficua gli interventi selvicolturali e biotecnici di tipo fitosanitario volti a rallentare la diffusione del pericoloso fitomizo (MARZIALI *et al.*, 2009).

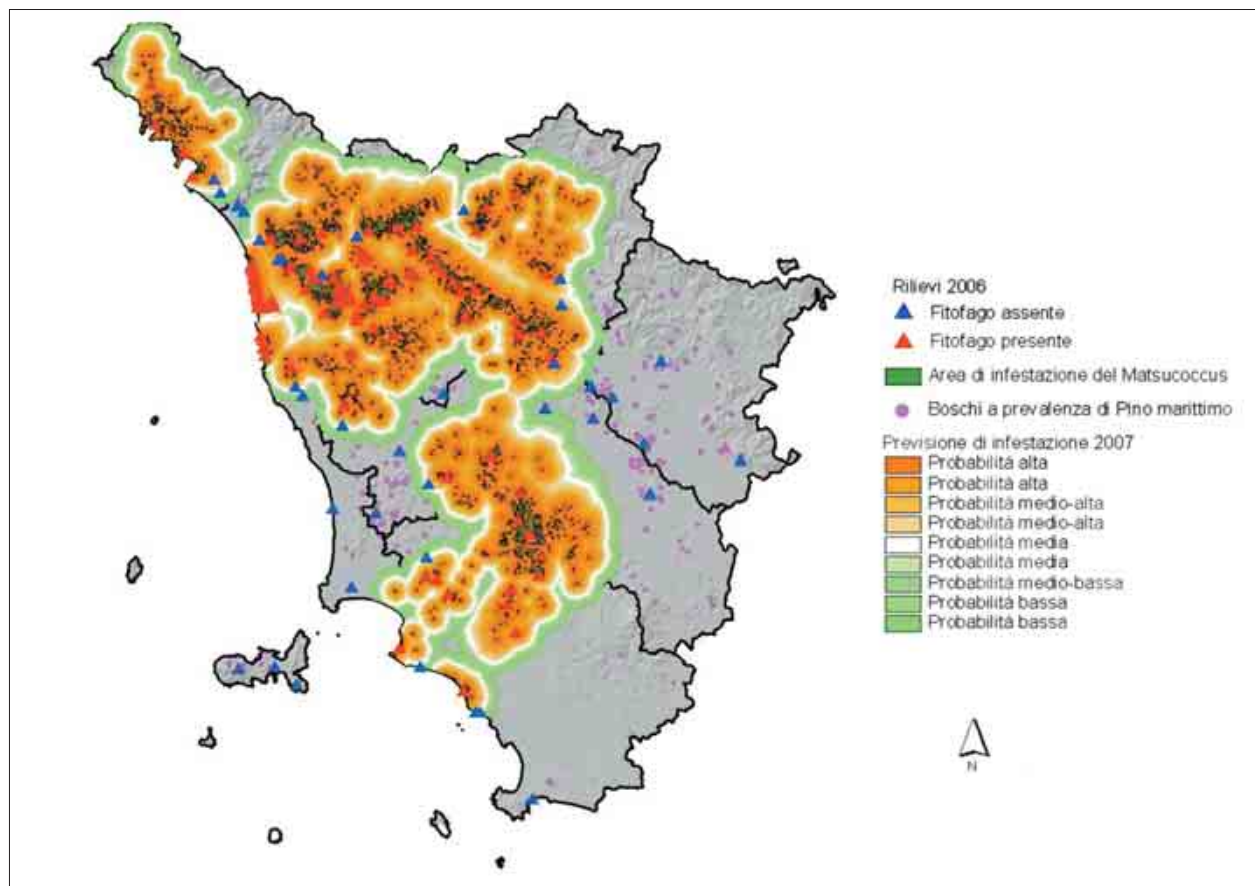


Figura 1
Diffusione di *Matsuococcus feytaudi* in Toscana nel 2006 e modello previsionale per il 2007 (da MARZIALI *et al.*, 2009).

LEPIDOPTERA

Zeiraphera diniana Guenée (Tortricidae)

Quando si parla di metodi di campionamento, di modelli demografici e di georeferenziazione dei dati non si può trascurare l'impegno profuso da un largo stuolo di ricercatori sulla Tortrice grigia del larice. Infatti, indagini condotte dal 1949 al 1977 nella valle dell'Alta Engadina, valutando in 20 siti la densità delle larve di III-V età su campioni di rametti e foglie raccolti annualmente da 400 larici, hanno evidenziato come la specie abbia avuto all'interno della valle fluttuazioni di abbondanza cicliche e sincrone dell'ampiezza di 9 anni (FISCHLIN, 1982) (fig. 2).

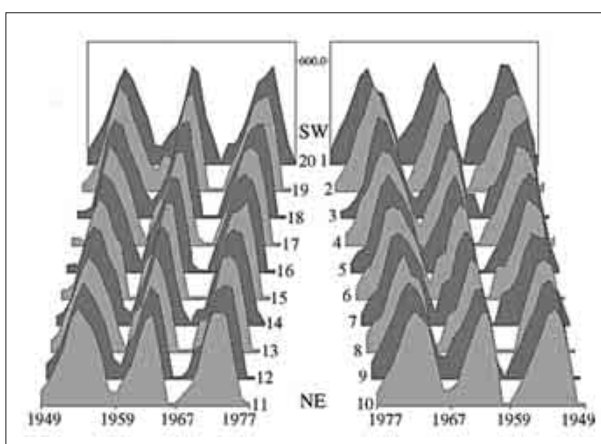


Figura 2

Densità larvali di *Zeiraphera diniana* osservate in 20 siti nella valle dell'Alta Engadina nel periodo 1949-1977 (il lato destro del grafico rappresenta i siti da 1 a 10 lungo il lato ovest della valle con esposizione generalmente a sud-est; il lato sinistro del grafico riporta i dati dei siti da 11 a 20 con esposizione prevalente a nord e nord-ovest) (da FISCHLIN, 1982).

Rilievi condotti, con la medesima tecnica di campionamento, in cinque valli alpine (figg. 3 e 4), pur confermando l'esistenza di cicli sincroni di abbondanza del tortricide al loro interno, hanno invece dimostrato, con la correlazione incrociata e l'analisi spettrale dei dati, l'esistenza di ritardi temporali nella manifestazione dei picchi di popolazione, che aumentano progressivamente fino ad un massimo di circa 2 anni, nel passare dall'ovest all'est dell'Arco Alpino (Tab. 1), confermando l'esistenza di ondate di spostamento della popolazione fra le valli (PRICE *et al.*, 2006). Sono state compiute numerose indagini ed elaborate diverse teorie per spiegare l'andamento del fenomeno, ad esempio lo studio effettuato da DELUCCHI (1982) sul ruolo dei parassitoidi ha evidenziato come essi abbiano una bassa mobilità e che verosimilmente non sono capaci di incidere

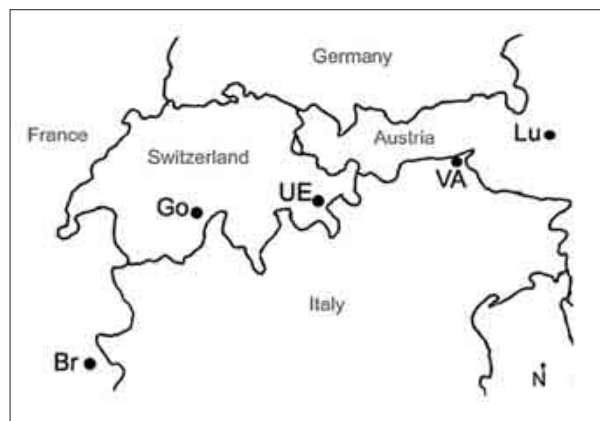


Figura 3

Localizzazione lungo l'Arco Alpino di 5 valli nelle quali sono stati compiuti rilievi sulle variazioni di abbondanza della popolazione di *Zeiraphera diniana* (Br = Briançonnais, France; Go = Goms, Svizzera; UE = Alta Engadina, Svizzera; VA = Valle Aurina, Italia; Lu = Lungau, Austria) (da PRICE *et al.*, 2006).

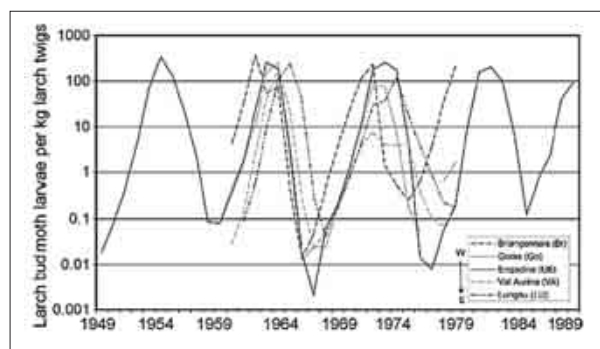


Figura 4

Densità larvali di *Zeiraphera diniana* in 5 valli dell'Arco Alpino dal 1949 al 1989 (da PRICE *et al.*, 2006).

Tabella 1 – Ritardo in mesi del picco di popolazione ottenuto dall'analisi spettrale incrociata dei dati di densità di *Zeiraphera diniana* in 5 valli dell'Arco Alpino dal 1949 al 1989 (da PRICE *et al.*, 2006).

Valle	Br	Go	UE	VA	Lu
Briançonnais (Br)	0				
Goms (Go)	9	0			
Alta Engadina (UE)	12	3	0		
Valle Aurina (VA)	12	5	4	0	
Lungau (Lu)	20	12	10	8	0

sulla diffusione della specie; modelli basati sulla qualità del cibo indicano onde di trasferimento nella direzione est-ovest (BJØRNSTAD *et al.*, 2002) opposta a quella effettivamente verificata. La teoria più accreditata ritiene che la dispersione a distanza sia operata dagli adulti, che sono favoriti nella migrazione dai venti predominanti sull'Arco Alpino, che spirano appunto da ovest verso est (BALTENSWEILER e RUBLI, 1999; PRICE *et al.*, 2006). Certamente le indagini sviluppate sulla *Z. diniana* hanno fortemente contribuito ad enfatizzare l'importan-

za degli studi sulla distribuzione spazio-temporale delle popolazioni entomatiche e a dare una svolta innovativa nel settore dell'entomologia forestale, incoraggiando l'avvio di ricerche di lungo periodo, che pur scontando la ripetitività di metodi diretti di campionamento e di onerosi rilievi di campo, sono spesso le uniche che permettono di esprimere giudizi compiti su fenomeni biologici complessi e di vasta scala.

Lymantria dispar (Linnaeus) (Lymantriidae)

Il limantride è, come noto, uno dei lepidotteri su cui è stata sviluppata una mole relevantissima di indagini volte a definire metodi di campionamento della popolazione nei diversi stadi di sviluppo, anche con la finalità di prevederne le pullulazioni e programmare gli interventi di lotta (per una sintesi vedi quanto riportato da DOANE e MCMANUS, 1981). Per i vincoli di spazio posti alla trattazione ci si limita a illustrare quanto fatto in Sardegna ad iniziare dallo studio, avviato nel 1964 dal Prof. Romolo Prota, delle fluttuazioni di abbondanza della specie allo stadio di adulto, condotto con l'ausilio di una lampada trappola per 40 anni. I rilievi sono stati effettuati in una sughereta della Sardegna nord-orientale e il mezzo di cattura ha permesso di compiere osservazioni sui voli e l'abbondanza allo stadio adulto di oltre 300 specie di lepidotteri fotosensibili (PROTA, 1973). Fra essi *L. dispar*, *Malacosoma neustria* (Linnaeus) (Lepidoptera Lasiocampidae) e *Tortrix viridana* (Linnaeus) (Lepidoptera Tortricidae) sono risultate le specie più abbondanti e dannose delle oltre 30 viventi a spese del fogliame di sughera. In particolare il limantride e il lasiocampide hanno dimostrato di avere fluttuazioni di tipo periodico di ampiezza variabile fra 8 e 9 anni, ma fra loro sfasate, con un ritardo di un anno della prima specie sulla seconda; *T. viridana* ha invece manifestato fluttuazioni di tipo temporaneo con un ampio numero di anni di latenza fra due massimi successivi (DELRIO *et al.*, 1991; LUCIANO *et al.*, 2003) (fig. 5). Al culmine delle fluttuazioni la densità di popolazione allo stadio di larva è risultata tale da determinare la defogliazione totale delle sughere circostanti il sito di localizzazione della trappola. Tale metodo di monitoraggio pur utilissimo risulta tuttavia difficilmente replicabile su scala regionale, dato l'alto numero di trappole necessarie e i problemi connessi con la loro quotidiana gestione. Si è quindi optato per l'adozione anche in Sardegna di un metodo di monitoraggio estensivo basato sul conteggio delle ovature del limantride. Infatti, proprio per la loro evidente colorazione paglierina e il lungo periodo di per-

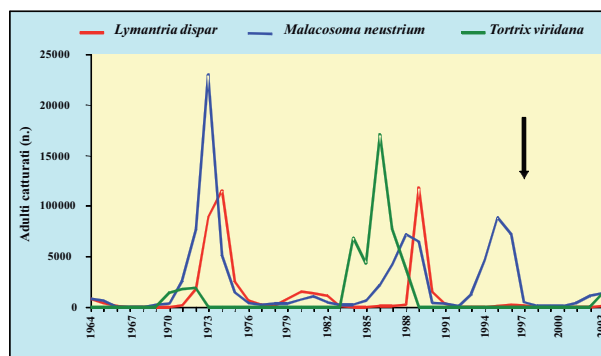


Figura 5

Catture annuali di adulti delle principali specie di lepidotteri defogliatori forestali ad una lampada trappola (Tempio Pausania, loc. Cusseddu). La freccia nera indica l'anno in cui è stato eseguito un trattamento con *Bacillus thuringiensis kurstaki* (da LUCIANO *et al.*, 2003).

manenza in campo (tutto l'autunno e tutto l'inverno), le ovature sono state ritenute in Europa, in Nord Africa e negli Stati Uniti d'America lo stadio ottimale per il monitoraggio della popolazione di *L. dispar*. Negli USA la densità della specie è stata generalmente stimata attraverso il conteggio diretto di tutte le ovature presenti sugli alberi e sugli arbusti di piccole parcelle campione e i risultati sono stati espressi poi in termini assoluti come numero per ettaro (CAMPBELL, 1967 e 1973). Più recentemente sono stati definiti metodi di campionamento basati su una combinazione di parcelle a dimensione fissa e variabile, impiegando in quest'ultimo caso un prisma ottico per l'individuazione delle piante su cui conteggiare le ovature (WILSON e FONTAINE, 1978). Altra tecnica impiegata è stata quella comunemente nota come «camminata di cinque minuti», che prevede l'osservazione e il conteggio delle ovature mentre si cammina nel bosco; trascorsi cinque minuti, il numero rilevato è trasformato in densità assoluta attraverso un'equazione di regressione precedentemente definita (WILSON *et al.*, 1981). Con studi comparativi si è comunque dimostrato che il metodo della parcella di grandezza fissa pari a 0,01 ettari è risultato superiore ad altri in un'ampia scala di abbondanza della specie (KOLODNY-HIRSCH, 1986). La densità delle ovature espressa in termini assoluti è stata usata in numerosi studi condotti nella ex-Yugoslavia (MAKSIMOVIC, 1953; MAKSIMOVIC *et al.*, 1970), in Italia (LUCIANO e PROTA, 1981) e in Marocco (FRAVAL *et al.*, 1978). Proprio a partire da un metodo di campionamento studiato nelle sughere di quest'ultimo Paese, si è realizzata in Sardegna una rete di monitoraggio che copre la gran parte dei boschi a querce dell'Isola e fornisce annualmente previsioni sull'abbondanza di *L. dispar*. Nella sughereta della Mamora, posta

sulla costa atlantica del Marocco, FRAVAL e collaboratori (1978) hanno compiuto uno studio particolarmente puntuale della distribuzione delle ovature su 1361 piante ricadenti su una superficie quadrata di 5 ettari. Per ciascuna pianta hanno registrato il numero medio di ovature presenti sulla parte decorticata del tronco, quelle entro 4 m dal suolo e il totale; dall'elaborazione di questi dati hanno inizialmente definito che l'unità di campionamento da adottare in tutti i casi dovesse essere l'intera pianta. Hanno quindi proceduto ad applicare i seguenti metodi di campionamento:

- scelta a caso di 34 piante con il sorteggio delle rispettive coordinate (fig. 6 A);
- individuazione su ciascuna di tre rette parallele, distanziate di 56 m, di 10 piante, distanti l'una dall'altra 20 m (fig. 6 B);
- esame di 10 piante successive e allineate per direzione cardinale a partire da un punto di riferimento comune centrale (fig. 6 C).

Tutti e tre i metodi di campionamento hanno fornito una stima attendibile del numero medio di ovature per pianta, tuttavia l'ultimo si è rivelato il meno oneroso e più facilmente applicabile anche su vasta scala, come verificato nella Mamora nell'inverno 1974-75 su una rete di monitoraggio con siti distanti circa 6 km (fig. 6 D). Questo metodo di campionamento è stato adottato, come detto precedentemente, anche in Sardegna, dove, a partire dall'inverno 1979-80, è stata impostata la rete di monitoraggio di *L. dispar* (LUCIANO *et al.*, 2002). Essa si è rivelata particolarmente utile a compiere previsioni sul rischio di defogliazione nelle diverse formazioni forestali sarde, consentendo tra l'altro la tempestiva individuazione dei primi focolai d'infestazione caratteristici della fase di progredizione del limantride. Dall'esame dei dati più che ventennali è stato inoltre possibile verificare come l'ampiezza temporale delle fluttuazioni di abbondanza di *L. dispar* sia influenzato dalle

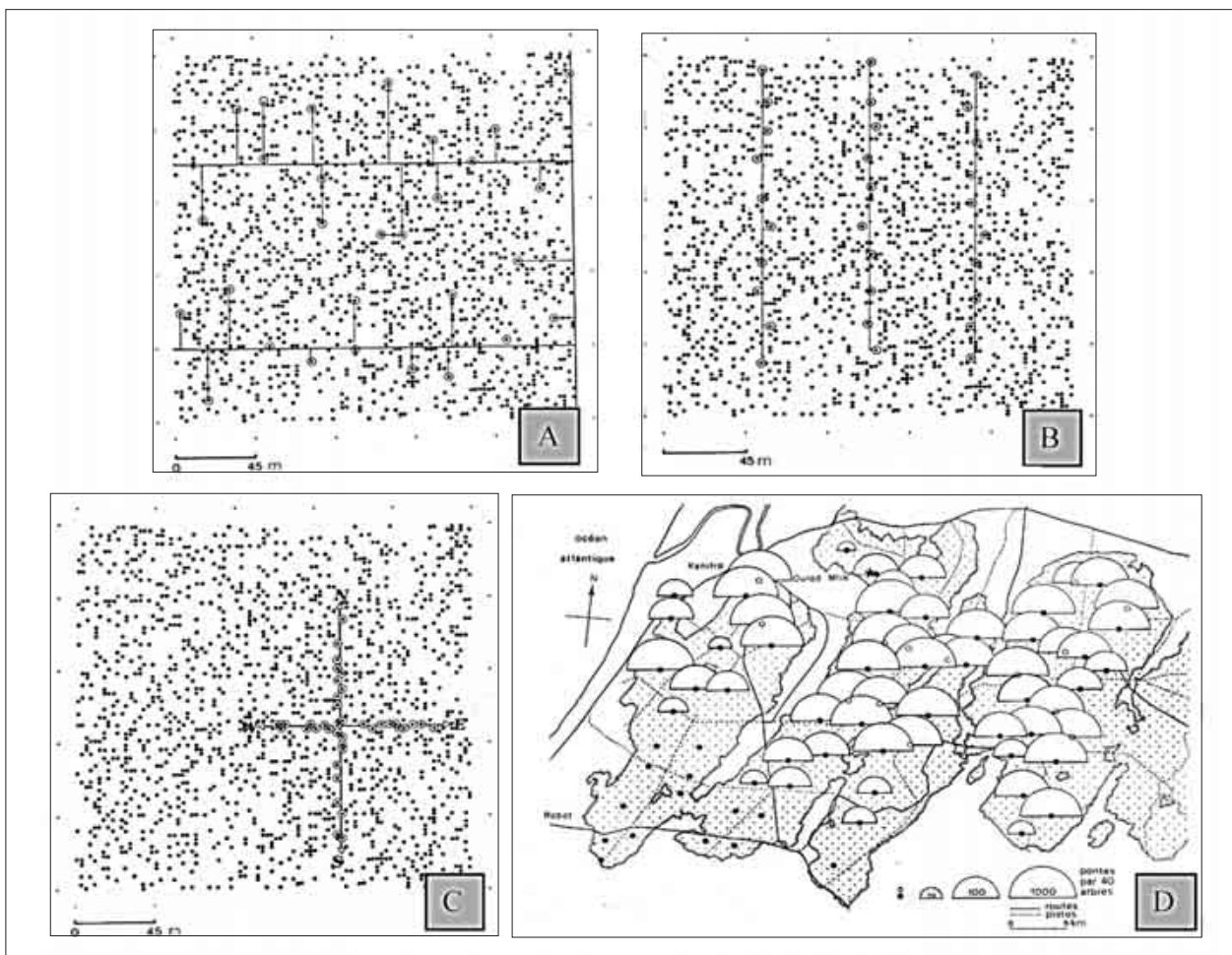


Figura 6

Illustrazione dei 3 metodi di campionamento utilizzati per definire il numero medio di ovature di *Lymantria dispar* per pianta in 5 ettari di sughereta e densità di ovature rilevata con il metodo C nella foresta della Mamora nell'inverno 1974-75 su una rete di monitoraggio con siti distanti circa 6 km (da FRAVAL *et al.*, 1978).

condizioni fitoclimatiche delle diverse aree boschive. Infatti, le sugherete maggiormente degradate da un eccessivo sfruttamento zootecnico e da frequenti lavorazioni a favore di erbai autunno-vernini, e ormai ridotte a bosco-pascolo, sono esposte a rischio frequente di defogliazione e il limantride ha manifestato alte densità di popolazioni ogni 5-6 anni con defogliazioni che si ripetono per 2-3 anni consecutivi. Le sugherete localizzate in ambienti poco accessibili con mezzi meccanici e poste in aree a pastorizia tradizionale meno intensiva, che conservano generalmente il sottobosco tipico delle zone mediterranee, sono invece risultate a rischio periodico di danno in quanto le fluttuazioni del defogliatore hanno un'ampiezza di 8-9 anni. Le aree subericole in cui l'uomo è intervenuto limitatamente o quelle contigue a formazioni forestali in cui dominano i boschi di leccio o di roverella, che vegetano quindi in un ambiente più complesso, risultano invece a rischio saltuario di danno, con infestazioni di *L. dispar* che si ripetono a intervalli di oltre 10 anni (LUCIANO *et al.*, 2002).

L'ampia disponibilità di dati e la georeferenziazione delle 282 stazioni di osservazione hanno più recentemente consentito l'applicazione di tecniche d'interpolazione dei dati in funzione della distanza fra essi, come quella del «kriging» che permette di predire valori sconosciuti da dati raccolti in luoghi conosciuti. In sostanza questi metodi di analisi consentono di esprimere la variazione spaziale di un fenomeno a partire da relativamente pochi dati noti. Con queste tecniche è inoltre possibile associare alla variabile principale osservata (nel nostro caso la densità di ovature) altre covariabili come frequenza delle infestazioni, diffusione della pianta ospite, caratteristiche geo-pedologiche o climatiche di un territorio («cokriging»). La spazializzazione dei dati di densità delle ovature impiegando la frequenza delle pullulazioni come covariabile ha permesso quindi la costruzione di mappe particolarmente significative di distribuzione delle aree infestate come quelle ottenute per gli anni 1986-93 (fig. 7). Esse pongono in evidenza il

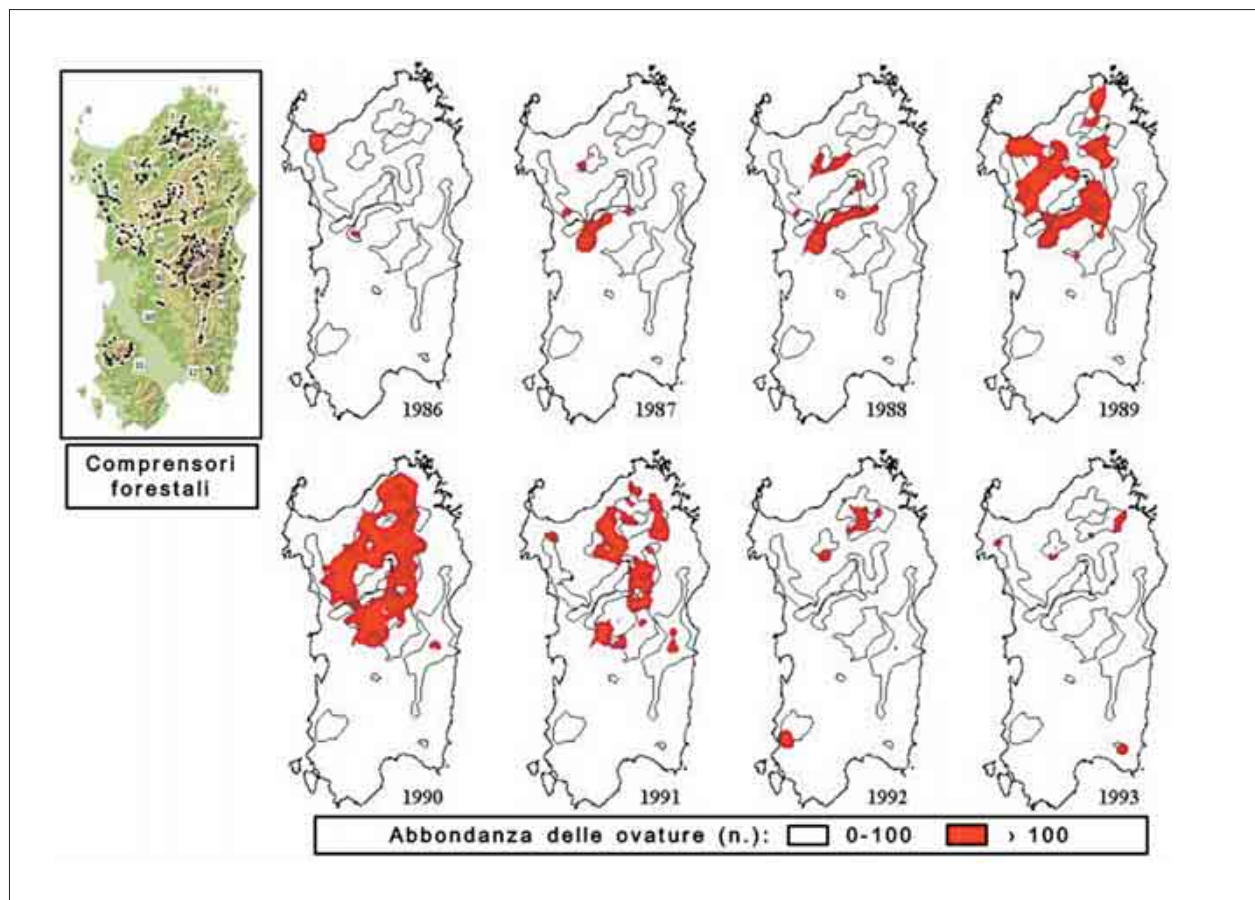


Figura 7

Principali comprensori forestali della Sardegna e mappe di distribuzione spaziale della densità di ovature di *Lymantria dispar* ottenute con l'interpolazione dei dati, raccolti in 282 stazioni georeferenziate dal 1986 al 1993, impiegando la frequenza delle pullulazioni come covariabile (tecnica del cokriging). L'abbondanza delle ovature è stata raggruppata in due classi, rispettivamente al di sotto e al di sopra della soglia di danno stabilita in 100 ovature per stazione (COCCO *et al.*, 2010).

diffondersi dell'infestazione in diversi comprensori forestali dal 1986 al 1989 (fase di progradazione); la massima estensione dell'infestazione raggiunta nel 1990 (41 % delle stazioni infestate) e la rapida diminuzione dell'abbondanza di popolazione negli anni successivi (retrogradazione). Le mappe, evidenziando l'evoluzione delle infestazioni, la localizzazione dei focolai nei vari comprensori forestali e le aree più frequentemente attaccate dall'insetto, dando una rappresentazione molto significativa del fenomeno in termini spazio-temporali (COCCO *et al.*, 2010).

La rete di monitoraggio si è rivelata infine indispensabile nella programmazione di interventi di lotta microbiologica per il contenimento delle popolazioni di *L. dispar* in fase di avanzata progradazione. Proprio la disponibilità dei dati di abbondanza delle ovature ha permesso la tempestiva delimitazione delle aree esposte a rischio di defogliazione e la programmazione adeguata di trattamenti con mezzo aereo (LUCIANO *et al.*, 2003), che dal 2001 hanno assunto carattere estensivo e nell'arco di un decennio hanno interessato oltre 110.000 ettari di sugherete sarde.

L'applicazione di metodi di monitoraggio diretto è generalmente molto onerosa e si è ritenuto quindi di poter limitare lo sforzo di campionamento ricorrendo a metodi indiretti, come la cattura dei maschi a trappole a feromoni. Purtroppo tale metodo nel caso di *L. dispar*, pur con la disponibilità di un efficacissimo feromone di sintesi (+ disparlure) e di efficientissimi dispositivi d'intrappolamento dei maschi (come la trappola Lure N Kill della Hercon Division, Health-Chem Corporation di New York), non ha fornito dati attendibili. Dal 1983 al 1987 in ciascuna delle stazioni di rilevamento dell'abbondanza delle ovature si è proceduto anche all'esposizione di una trappola a feromoni. Dall'elaborazione dei dati non è emersa alcuna correlazione fra catture alle singole trappole e numero di uova per sito (fig. 8). Tale risultato può essere giustificato sia per la competizione fra sorgenti artificiali di feromone e abbondanza di femmine presenti in campo sia per l'influenza che il rapporto dei sessi ha nel determinare la successiva abbondanza di popolazione (LUCIANO, 1989). I dati raccolti in Sardegna hanno trovato conferma in quelli ottenuti su scala «regionale» negli USA (fig. 9), dove la densità delle ovature fu sostanzialmente correlata con la successiva intensità di defogliazione mentre ci fu solo una ridotta correlazione incrociata fra defogliazione e catture di maschi

(LIEBHOLD *et al.*, 1995); a seguito di tali acquisizioni negli USA l'impiego delle trappole a feromoni è ormai limitato, con finalità d'allarme, alle aree a rischio d'espansione del temuto defogliatore.

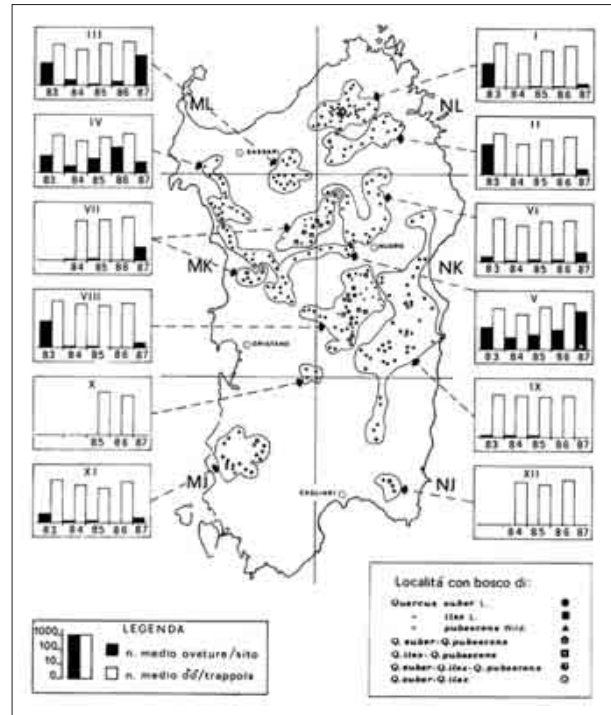


Figura 8

Principali comprensori forestali della Sardegna in cui sono stati effettuati, nel periodo 1983-87, rilievi sulla densità di popolazione di *Lymantria dispar* allo stadio di uovo e con catture a trappole a feromoni (i dati sono espressi come valori medi per comprensorio forestale omogeneo e sono riportati come log di $n + 1$) (da LUCIANO, 1989).

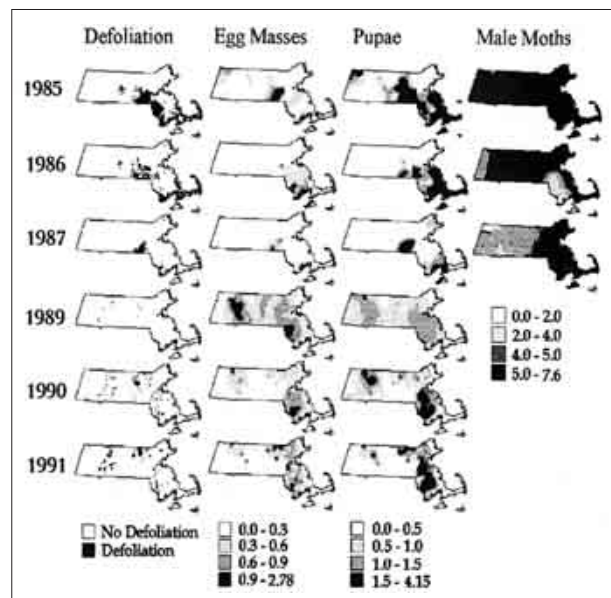


Figura 9

Relazione fra conteggio di ovature, pupe e catture di maschi (dati raccolti in 150 siti) di *Lymantria dispar* e defogliazione (rilevata con mezzo aereo) in Massachusetts negli anni 1985-91 (da LIEBHOLD *et al.*, 1995).

Thaumetopoea processionea (Linnaeus) (Thaumetopoeidae)

Da primi decenni del secolo scorso fino all'inizio degli anni '90 in Italia gli attacchi di questo defogliatore sono rimasti per lo più limitati a singole piante, viali alberati e piccoli nuclei di querce caducifoglie in condizioni di ecotono. A partire dal 1995 *T. processionea* ha assunto un'importanza crescente per il susseguirsi di forti ed estesi attacchi non solo in ambienti caratterizzati dalla presenza di querce medioeuropee, come la farnia, ma soprattutto in complessi forestali dominati da specie caducifoglie della fascia submediterranea come cerro e rovere (ROVERSI, 1997; ROVERSI *et al.*, 1997; CAMERINI *et al.*, 2002). In Toscana, la comparsa massale di questo fitofago, per le implicazioni connesse con la presenza di ingenti quantità di peli urticanti portati dalle larve, ha condizionato pesantemente le attività forestali e impedito la normale fruizione del bosco (ROVERSI *et al.*, 2002) e ha suggerito di avviare ricerche finalizzate a definire metodi di rilevamento utili a prevederne le infestazioni. In particolare, nel complesso del Demanio regionale della Foresta di S. Luce (PI), estesa su 1640 ha, dal 1996 sono state individuate 26 stazioni permanenti di monitoraggio. In ciascuna di esse si è proceduto annualmente (in autunno-inverno) al prelievo, dalla porzione più alta della chioma di 10 piante, di 10 rami della lunghezza di 2 m, e su di essi

è stato effettuato il conteggio delle ovature presenti nonché la stima della fecondità del lepidottero. La raccolta sistematica dei dati e la loro spazializzazione ha permesso di ottenere delle carte annuali di abbondanza della popolazione allo stadio di uovo (fig. 10) e di programmare tempestivamente interventi di lotta microbiologica, rivelatisi particolarmente efficaci nel contenere l'ultima pullulazione del temibile lepidottero (ROVERSI *et al.*, 2008).

Thaumetopoea pityocampa Denis & Schiffmüller (Thaumetopoeidae)

A causa dei cambiamenti climatici, e in particolare per l'innalzamento delle temperature invernali, si sta assistendo ad una progressiva espansione, in latitudine e altitudine, delle aree a pino infestate dalla processionaria (BATTISTI *et al.*, 2005 e 2006). Per monitorare il fenomeno e programmare eventuali interventi di lotta, dal 1999 al 2003, in Portogallo, Italia e Francia, sono state condotte indagini per definire un attendibile sistema di monitoraggio basato sull'impiego di trappole a feromoni (JACTEL *et al.*, 2006). In test di campo si è stabilito che il numero di maschi catturati incrementa significativamente con la dose di pityolure fino ad un massimo intorno a 10 mg; le trappole INRA «plate sticky» si sono dimostrate quelle con la più alta efficienza di cattura e il numero di maschi catturati è stato significativamente più alto nelle trap-

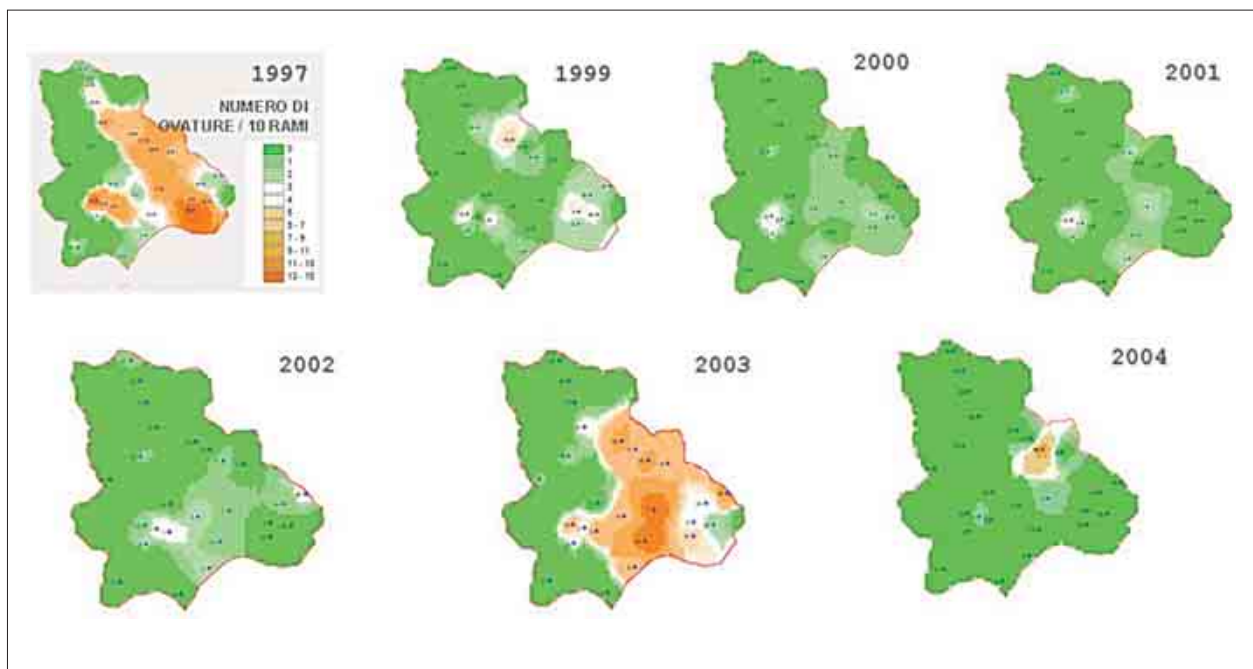


Figura 10

Spazializzazione dei livelli di presenza delle ovature di *Thaumetopoea processionea* in 26 stazioni georeferenziate collocate nel complesso del Demanio regionale della Foresta di S. Luce (PI) (al passare dal verde al rosso si ha incremento della densità delle ovature) (dati raccolti nell'ambito del Progetto META e forniti da P. F. Roversi).

pole regolarmente ripulite. Successivamente, in 14 aree a pino marittimo è stata studiata la relazione fra il numero di maschi catturati e la densità dei nidi invernali, utilizzando un numero crescente di trappole attivate con basse dosi di pityolure. La sperimentazione condotta ha dimostrato che l'impiego di quattro trappole attivate con 0,2 mg di feromone può consentire di monitorare, con uno sforzo di campionamento accettabile, la densità di popolazione della processionaria per ettaro. L'attendibilità di tale disegno di campionamento è stata testata in 33 aree forestali differenti per specie di pino ed età dei popolamenti ricadenti in una varietà di regioni geografiche (Francia, Italia e Portogallo) da sempre infestate o più recentemente interessate dalla diffusione dell'insetto. I risultati di tale impiego estensivo delle trappole hanno mostrato una significativa e positiva correlazione ($R^2 = 0,71$) fra il numero medio di maschi catturati per giorno e il numero totale di nidi invernali per ettaro nella stessa generazione, indipendentemente dalla regione di campionamento. La correlazione con il livello d'infestazione nella generazione successiva fu ugualmente positiva per tutte le regioni anche se meno significativa ($R^2 = 0,65$) (fig. 11). Queste indagini suggeriscono che nel caso della processionaria del pino l'impiego delle trappole a feromoni è un metodo appropriato e conveniente per ottenere una valida stima dell'abbondanza di popolazione del defogliatore (JACTEL *et al.*, 2006).

***Epirrita autumnata* (Borkhausen) e *Operophtera brumata* (Linnaeus) (Geometridae)**

In ambienti dove la copertura vegetale è omogenea è possibile fare ricorso a metodi di monitoraggio indiretto e remoto, come immagini aeree o satellitari, per seguire l'evolversi su vasta scala di manifestazioni di danni. È questo il caso di *E. autumnata* e di *O. brumata*, defogliatori dei boschi di betulle della Scandinavia, le cui pullulazioni sono da qualche anno monitorate via satellite (JEPSEN *et al.*, 2009). In particolare, con la finalità di generare serie temporali della distribuzione delle defogliazioni prodotte dagli attacchi dei due geometridi, è stata saggiata l'attendibilità delle immagini spettro-radiometriche a moderata risoluzione per valutare ogni 16 giorni l'indice normalizzato della diversità di vegetazione. Inizialmente è stata stabilita in aree campione la relazione fra la densità di larve e l'intensità della defogliazione e come quest'ultima influenzasse la riflettanza, misurata nel vicino infrarosso e nel canale del

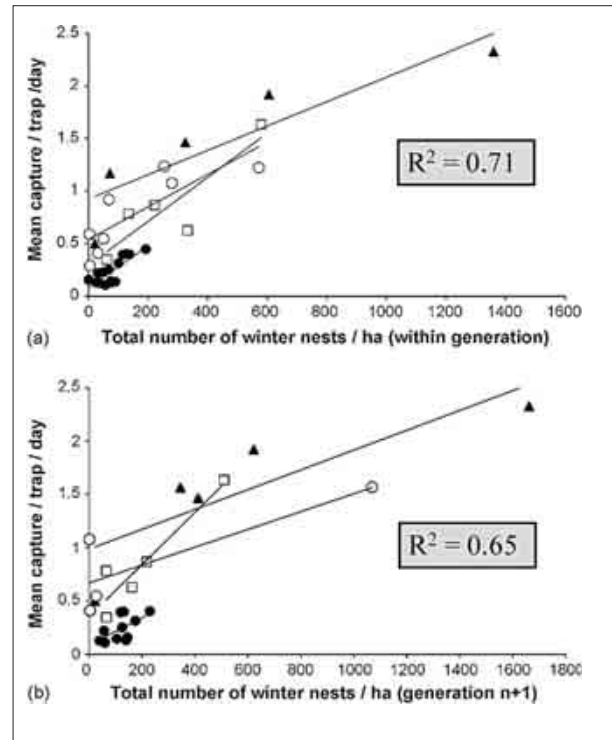


Figura 11

Regressione fra il numero medio dei maschi di *Thaumetopoea pityocampa* catturati giornalmente a 4 trappole a feromoni e il numero di nidi d'inverno per ettaro in pinete situate in Portogallo (area infestata) (triangoli pieni), Italia (zona di espansione) (quadrati vuoti), Francia (area infestata) (cerchi pieni) e Francia (zona di espansione) (cerchi vuoti). (a) Nidi costruiti dalle larve della stessa generazione (n) e (b) nidi tessuti dalle larve della generazione successiva ($n+1$) (da JACTEL *et al.*, 2006).

rosso. Dall'insieme dei dati raccolti si è giunti alla conclusione che aree con e senza defogliazione visibile possono essere discriminate con elevata affidabilità; le successive verifiche di campo del modello ottenuto ne hanno dimostrato l'attendibilità nel predire la quantità di aree con defogliazione visibile (fig. 12). Gli studiosi scandinavi concludono che il rilevamento via satellite degli andamenti delle defogliazioni può essere un prezioso mezzo anche per generare dati indiretti di dinamica di popolazione dei due lepidotteri su scala regionale (JEPSEN *et al.*, 2009).

COLEOPTERA

Recentemente nel nord-ovest della Slovacchia, ricorrendo al conteggio delle camere nuziali e alla successiva spazializzazione dei dati è stata studiata la distribuzione di 4 specie di Scolitidi. In particolare, in un territorio di oltre 1100 km² ricoperto da boschi di abete rosso, in 15 siti sono stati abbattuti 10 esemplari co-dominanti infe-

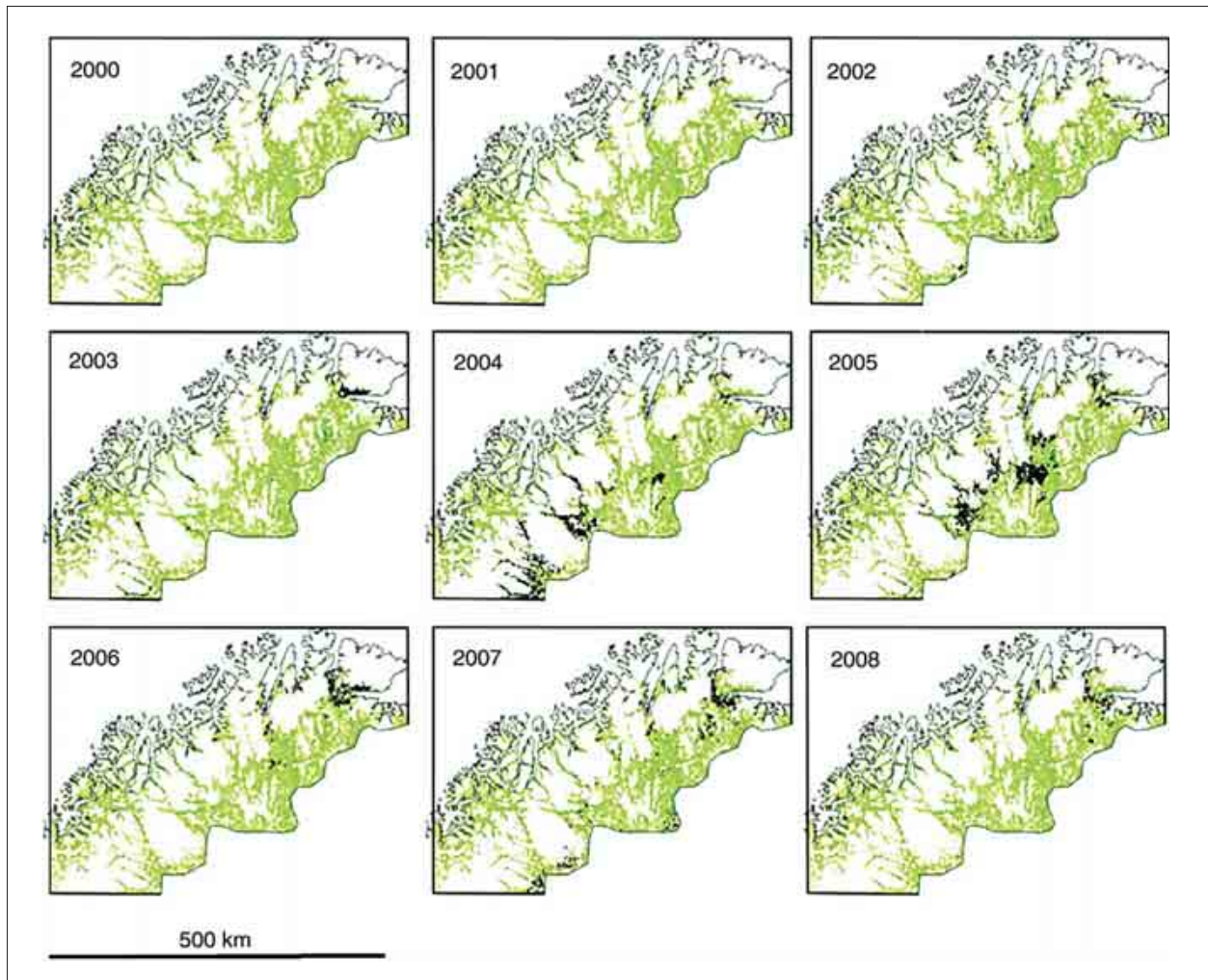


Figura 12

Mappe annuali di distribuzione delle aree della Scandinavia con un indice di defogliazione superiore al 14% (in nero); per esse il modello aveva predetto una severa defogliazione. In verde è riportata la distribuzione delle foreste di betulle (da JEPSEN *et al.*, 2009).

stati da scolitidi e di ciascuno sono stati controllati 5 settori lunghi 50 cm (alla base del tronco, a metà del tronco, appena al di sotto della chioma, a metà della chioma, nella parte alta della chioma). Su ognuno di questi ultimi è stato determinato il tipo di gallerie presenti e l'infestazione è stata espressa come numero di camere nuziali per dm² di superficie (TURČÁNI e HLÁSNY, 2007). L'analisi spaziale dei dati condotta con il metodo «kriging» ha permesso di ottenere delle mappe di distribuzione delle diverse specie di xilofagi in base a isolinee d'infestazione, che hanno evidenziato come: *Ips typographus* (Linnaeus) è presente dove la coltura è da tempo in deperimento; la diffusione di *Ips amitinus* Eichhoff è limitata alle zone più elevate (presso il confine con la Polonia); *Ips duplicatus* Sahlberg e *Pityogenes chalcographus* Linnaeus sono più frequenti a sud (fig. 13) (TURČÁNI e HLÁSNY, 2007).

Tomicus destruens (Wollaston) (Scolytidae)

Per questo Scolitide, che può essere considerato come la più seria avversità delle pinete mediterranee, sono stati messi a punto metodi diretti ed indiretti di campionamento, come ad esempio quelli adottati nelle pinete toscane, che permettono di ottenere informazioni sostanzialmente diverse sull'attività degli adulti. In particolare, con la raccolta di getti di *Pinus pinea*, effettuata con l'ausilio di piattaforme aeree e di forbici telescopiche, è stato stabilito che gli adulti dello scolitide sono rinvenibili all'interno delle gallerie di maturazione per buona parte dell'anno, con picchi di abbondanza nel periodo primaverile-estivo (fig. 14). Invece, l'impiego di trappole funnel attivate con (-)- α -pinene, ha evidenziato che essi compiano i voli di trasferimento verso le piante deperienti, sulle quali riprodursi, esclusivamente nel corso del periodo autunno-ver-

nino, anche se con due massimi di abbondanza rispettivamente in autunno e fra la fine dell'inverno e l'inizio della primavera (fig. 15) (SABBATINI PEVERIERI *et al.*, 2008). Quindi il metodo di campionamento va attentamente finaliz-

zato alla fase del ciclo biologico che si vuole indagare e dall'integrazione di diversi metodi è possibile definirne compiutamente il suo svolgimento.

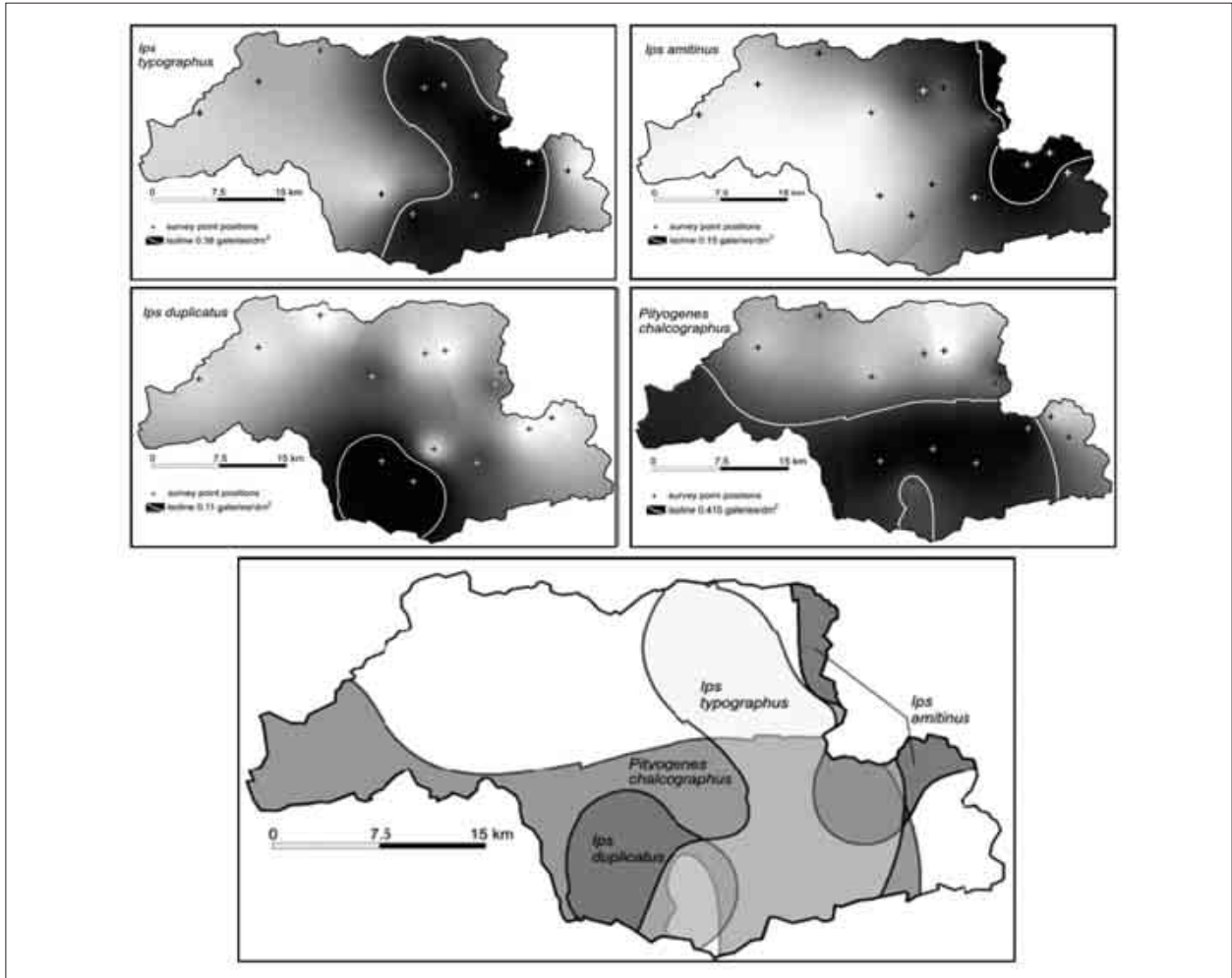


Figura 13

Mappe di distribuzione di 4 specie di Coleotteri Scolitidi nel nord-ovest della Slovacchia (le isolinee d'infestazione sono state determinate separatamente per ciascuna specie in funzione dell'intensità degli attacchi, del settore della pianta infestato e dell'importanza per la protezione della foresta) (da TURČANI e HLÁSNÝ, 2007).

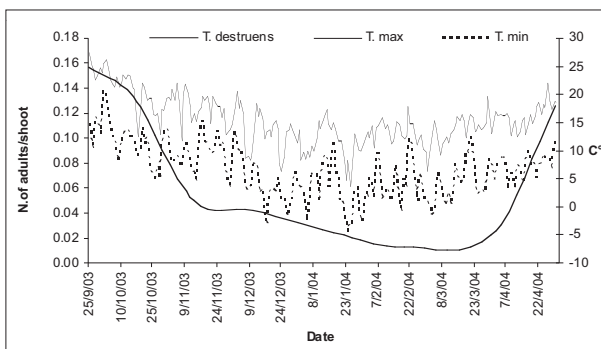


Figura 14

Presenza di adulti di *Tomiscus destruens* in getti di *Pinus pinea* e temperature giornaliere (Marina di Alberese) (da SABBATINI PEVERIERI *et al.*, 2008).

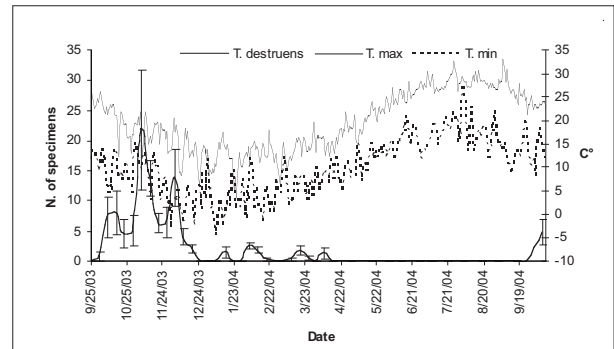


Figura 15

Numero medio ($\pm$ E. S.) di adulti di *Tomiscus destruens* catturati a trappole a feromoni a Marina di Alberese fra la fine di settembre 2003 e l'inizio di ottobre 2004 e temperature giornaliere (da SABBATINI PEVERIERI *et al.*, 2008).

***Dendroctonus frontalis* Zimmermann (Scolytidae)**

Negli Stati Uniti d'America per valutare il rischio d'infestazione da parte di *D. frontalis* nei boschi di pino dell'Arkansas è stato sviluppato un metodo basato sulla raccolta via satellite di dati. In particolare nelle Ouachita Mountains è stata studiata la relazione fra i dati raccolti in 2012 punti di campionamento e l'indice normalizzato della diversità di vegetazione, che è in relazione con la densità degli alberi, la loro età e l'area basimetrica, ottenendo elevate correlazioni fra i livelli di rischio determinati in campo e quelli valutati con i rilievi remoti. Con questa tecnica si riesce ad individuare le zone a diverso rischio d'infestazione poiché si ha una riflettanza nel vicino e medio infrarosso diversa in funzione dell'età, della densità e dell'area basimetrica dei pini. L'applicazione estensiva di questa tecnica consentirebbe di limitare considerevolmente gli onerosi rilievi di campo; infatti essa è risultata più affidabile anche delle mappe del rischio d'infestazione ottenute con la spazializzazione dei dati raccolti direttamente in foresta (fig. 16) (COOK *et al.*, 2007).

***Dendroctonus ponderosae* Hopkins (Scolytidae)**

Le infestazioni di questo xilofago stanno mettendo a rischio la sopravvivenza di circa 80 milioni di ettari di foreste di pini nell'ovest del Nord America. La localizzazione delle aree infestate e la stima della loro estensione sono normalmente svolte attraverso foto aeree che consentono di rilevare l'arrossamento delle chiome delle piante attaccate. Questi rilievi sono necessari, vista la vastità dell'area interessata, anche per programmare gli interventi di abbattimento delle piante in base alle capacità di lavorazione delle industrie del legno. Per ridurre l'onerosità dei rilievi con mezzo aereo è stato operato un confronto con quelli satellitari, che tra l'altro con una sola foto di IKONOS o di QuickBird possono rispettivamente coprire una superficie di 121 e 272 km², rispetto ai 47 km² di una foto aerea in scala 1:20000. La comparazione fra le immagini multispettrali IKONOS e le foto aeree ha permesso di verificare che le prime permettono di rilevare il 71 e il 92% degli attacchi rispettivamente in caso di bassa infestazione e di media infestazione. Si è giunti quindi alla conclusione che l'uso delle immagini multispettrali IKONOS è un valido metodo operativo (Fig. 17) (WHITE *et al.*, 2005).

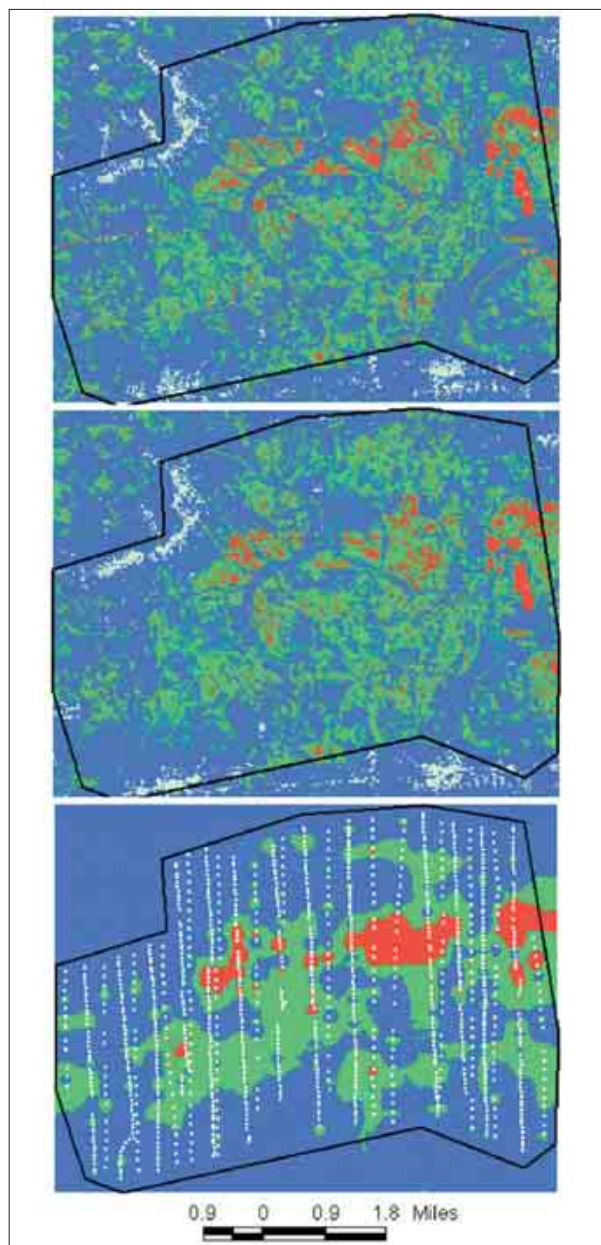


Figura 16

Mappe del rischio d'infestazione da parte di *Dendroctonus frontalis* nel bacino idrografico del Winona North Alum. In rosso sono riportate le zone ad alto rischio d'infestazione; in verde quelle a rischio moderato e in blu quelle a basso rischio. Le mappe, che interessano una superficie di circa 120 km², sono state costruite usando i dati raccolti il 3 agosto 1999 dal Landsat 7 ETM+ (mappa in alto); i dati raccolti il 22 ottobre 1999 sempre dal Landsat (mappa al centro) e con l'interpolazione dei dati di campo rilevati in 2012 punti di campionamento (usando la tecnica della distanza inversa ponderata) (mappa in basso) (COOK *et al.*, 2007).

CONCLUSIONI

L'ampia disponibilità di metodologie e di mezzi di rilevamento diretto e indiretto delle popolazioni entomatiche dannose nonché di tecniche di rilevamento aereo e satellitare delle loro infestazioni permettono di ipotizzare la realizzazione di reti di monitoraggio su estese

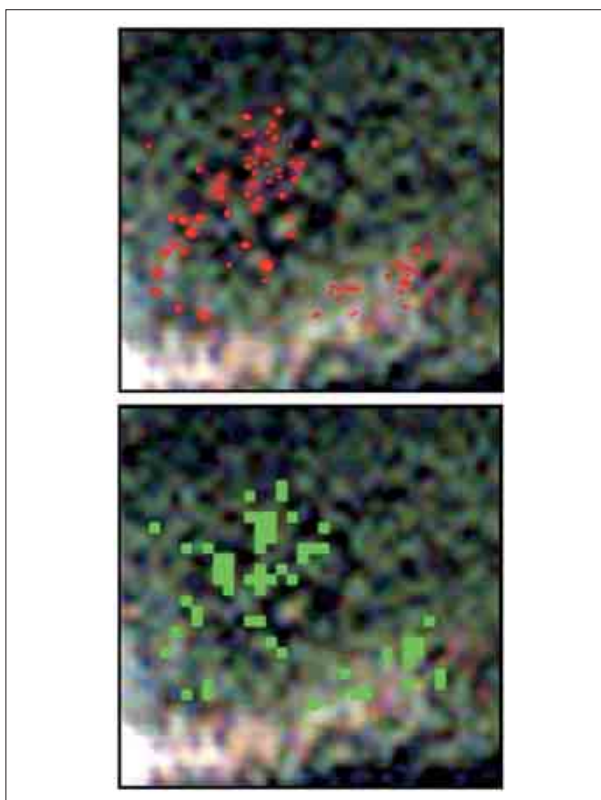


Fig. 17

Immagini aerea (sopra) e satellitare (sotto) della stessa area forestale con evidenziata la distribuzione delle chiome arrossate (in rosso nella foto sopra e in verde in quella sotto) dei pini attaccati da *Dendroctonus ponderosae* (da WHITE *et al.*, 2005).

superfici, in grado di fornire elementi utili per la salvaguardia dei boschi anche in un contesto come quello italiano, caratterizzato da un diversificato mosaico di formazioni forestali. Ciò appare particolarmente urgente non solo a seguito delle profonde modificazioni delle fitocenosi indotte dall'azione antropica e dai cambiamenti climatici in atto ma anche per poter fronteggiare adeguatamente le crescenti emergenze fitosanitarie, derivanti non solo dall'intensificarsi e dall'estendersi delle infestazioni di insetti fitofagi e nematodi fitoparassiti indigeni, ma anche dalla sempre più frequente introduzione accidentale e dalla diffusione epidemica di specie nocive provenienti da altri areali.

Attualmente in Italia sono attive alcune reti regionali di monitoraggio dello stato fitosanitario dei boschi, che utilizzano estensivamente qualcuno dei metodi di campionamento degli insetti fitofagi precedentemente illustrati. Dalle informazioni raccolte risulta la situazione riportata nella Tabella 2.

La costruzione di tali reti sta permettendo di affrontare le problematiche di difesa fitosanitaria delle foreste sulla base dell'annuale acquisizione di elementi utili per la definizione delle

Tabella 2 – Reti di monitoraggio dello stato fitosanitario dei boschi attivate sul territorio di alcune regioni italiane.

Regione	Anno di attivazione	Finalità
Trentino	1992	Monitoraggio fitosanitario delle foreste
Friuli	1994	Inventario fitopatologico forestale
Veneto	2004	Monitoraggio fitosanitario delle foreste (FITFOR)
Lombardia	1995	Rete di monitoraggio sulle condizioni dei boschi
Toscana	2000	Monitoraggio estensivo dei boschi della Toscana (META)
Sardegna	1980	Monitoraggio dei lepidotteri defogliatori delle querce
	2000	Rete sul deperimento delle querce
Calabria	1999	Monitoraggio dei lepidotteri defogliatori

scelte gestionali e per l'individuazione di eventuali fattori di rischio, consentendo nel contempo di predisporre tempestivamente, qualora necessario, idonee iniziative di controllo diretto compatibili con le esigenze di protezione dell'ambiente.

Questa situazione di parziale copertura del territorio potrebbe essere sostanzialmente modificata nel prossimo futuro superando la frammentarietà delle reti di monitoraggio, adottando metodi di raccolta dei dati univoci ed estendendo la rete stessa a tutta la Nazione. Per conseguire tale obiettivo si ritengono necessari alcuni passi:

- la collaborazione fra tutti gli specialisti che operano in Italia;
- la costituzione di una Scuola di sanità forestale, nella quale svolgere i corsi di base e la formazione continua dei rilevatori;
- l'avvio di un progetto nazionale che consenta l'impiego coordinato di uomini e risorse (LUCIANO *et al.*, 2009).

La costituzione della rete nazionale apporterebbe alcuni indiscutibili vantaggi:

- il rilevamento e lo studio in maniera continua sul territorio dell'andamento di fenomeni complessi (come ad esempio la diffusione d'infestazioni e l'estendersi del deperimento delle querce);
- la disponibilità di una banca dati comune e aperta alla consultazione di tutti gli specialisti;
- la realizzazione di interventi fitosanitari coordinati;
- la produzione di un report annuale sullo stato fitosanitario dei boschi italiani.

Sarebbe quindi auspicabile, in tempi brevi,

uno sforzo comune, che veda coinvolti innanzitutto il Corpo forestale dello Stato e quelli delle regioni autonome nonché gli Enti regionali che si occupano di boschi, foreste e aree protette, per salvaguardare l'inestimabile patrimonio ambientale e paesaggistico costituito dai boschi italiani e in breve tempo giungere ad avere una rete in grado di individuarne le criticità sanitarie e guidare al meglio gli interventi di difesa, ponendo così l'Italia allo stesso livello di Nazioni finora all'avanguardia.

RIASSUNTO

L'impiego di metodi di monitoraggio degli insetti dannosi in campo forestale si sta progressivamente estendendo grazie alla disponibilità di nuove tecnologie di rilevamento e di georeferenziazione dei dati. Si riporta una rassegna esemplificativa di quanto è stato realizzato sui metodi di campionamento diretto e indiretto delle popolazioni, per la definizione di tecniche di previsione e localizzazione delle infestazioni e per lo studio della loro distribuzione spazio-temporale. In particolare viene riferito quanto sviluppato sul Rhynchota *Matsucoccus feytaudi* Ducasse (Margarodidae), sui Lepidoptera *Zeiraphera diniana* Guenée (Tortricidae), *Lymantria dispar* (Linnaeus) (Lymantriidae), *Thaumetopoea processionea* (Linnaeus) e *Thaumetopoea pityocampa* Denis & Schiffermüller (Thaumetopoeidae), *Epirrita autumnata* (Borkhausen) e *Operophtera brumata* (Linnaeus) (Geometridae) e sui Coleoptera Scolytidae *Ips typographus* (Linnaeus), *Ips amitinus* Eichhoff, *Ips duplicatus* Sahlberg, *Pityogenes chalcographus* Linnaeus, *Tomicus destruens* (Wollaston), *Dendroctonus frontalis* Zimmermann e *Dendroctonus ponderosae* Hopkins. In conclusione si espone la lista delle reti di monitoraggio attive in Italia a livello regionale e si propone la realizzazione di un unico network nazionale.

BIBLIOGRAFIA

- BALTENSWIELER W., RUBLI D., 1999 – *Dispersal: an important driving force of the cyclic population dynamics of the larch bud moth, Zeiraphera diniana* Gn. - For. Snow Landsc. Res., 74 (1): 3-153.
- BARRY LYONS D., SANDERS C., GENE J., 2002 – *The use of geostatistics and GIS as tools for analyzing pheromone trap data at a landscape level: an update*. - IOBC wprs Bull., 25:1-14.
- BATTISTI A., STASTNY M., BUFFO E., LARSSON S., 2006 – *A rapid altitudinal range expansion in the pine processionary moth produced by the 2003 climatic anomaly*. - Global Change Biology (2006) 12: 662-671, doi: 10.1111/j.1365-2486.2006.01124.x
- BATTISTI A., STASTNY M., NETHERER S., ROBINET C., SCHOPF A., ROQUES A., LARSSON S., 2005 – *Expansion of geographic range in the pine processionary moth caused by increased winter temperatures*. - Ecological Applications, 15 (6): 2084-2096.
- BERRY J.K., 1993 – *Beyond mapping: Concepts, algorithms, and issues in GIS*. Fort Collins, CO, GIS World.
- BINAZZI A., 2005 – *La cocciniglia del pino marittimo (Matsucoccus feytaudi Ducasse)*. Capitolo 3. *Strategie di contenimento delle infestazioni di M. feytaudi: monitoraggio e controllo bio-tecnologico*. Capitoli 3 e 4 (pp.: 75-103).
- Strategie di contenimento dell'insetto e orientamenti per gli interventi di riqualificazione ambientale. In: AA. vari - Recupero delle aree colpite dalla cocciniglia del pino marittimo. - APAT, ROMA: (vol. presentato il 12.12.05 all'APAT, Roma).
- BJØRNSTAD O.N., PELTONEN M., LIEBHOLD A. M., BALTENSWIELER W., 2002 – *Waves of larch bud moth outbreaks in the European Alps*. - Science, 298 (5595): 1020-1023.
- CAMERINI A., CARONNI F., ROVERSI P.F., 2002 – *Gradazioni di processionea della quercia (Thaumetopoea processionea L.) in boschi planiziali: monitoraggio e controllo nel Parco lombardo della Valle del Ticino*. - Atti XIX Congr. Naz. Ital. Entomol., Catania, 10-15 giugno 2002: 879-883.
- CAMPANI C., BALDI L., GUIDOTTI A., BAGNOLI M., TOCCAFONDI P., ROVERSI P.F., 2005 – *Monitoraggio in Toscana: Progetto Meta*. In: La cocciniglia del pino marittimo in Italia, Rapporti APAT (55): 94-101.
- CAMPBELL R.W., 1967 – *The analysis of numerical change in gypsy moth population*. - For. Sci. Monogr., 15: 33 pp.
- CAMPBELL R.W., 1973 – *Forecasting gypsy moth egg-mass density*. - USDA For. Serv., Northeastern Forest Experiment Station, Res. Pap. NE-268: 19 pp.
- COCO A., COSSU A.Q., ERRE P., NIEDDU G., LUCIANO P., 2010 – *Spatial analysis of gypsy moth populations in Sardinia using geostatistical and climate models*. - Agricultural and Forest Entomology (2010), DOI: 10.1111/j.1461-9563.2010.00488.x
- COOK S., CHERRY S., HUMES K., GULDIN J., WILLIAMS C., 2007 – *Development of a satellite-based hazard rating system for Dendroctonus frontalis (Coleoptera: Scolytidae) in the Ouachita Mountains of Arkansas*. - J. Econ. Entomol., 100 (2): 381-388.
- COVASSI M., BINAZZI A., 1992 – *Primi focolai di Matsucoccus feytaudi Ducasse nella Liguria orientale (Homoptera Margarodidae)*. - Redia, LXXV, n. 2: 453-466.
- DELRIO G., LUCIANO P., PROTA R., DI COLA G., 1991 – *Analisi delle fluttuazioni di Lepidotteri infeudati alla quercia da sughero in Sardegna*. - Atti Convegno «Problematiche fitopatologiche del genere Quercus in Italia»; Firenze, 19-20 novembre 1990: 305-315.
- DELUCCI V., 1982 – *Parasitoids and hyperparasitoids of Zeiraphera diniana Gn. (Lep., Tortricidae) and their role in control in outbreak areas*. - Entomophaga, 27 (1): 77-92.
- DOANE C.C., MCMANUS M.L., 1981 – *The Gypsy moth: research toward integrated pest management*. - USDA, Tech. Bull., 1584.
- FISCHLIN A., 1982 – *Analyse eines Wald-Insekten-Systems: Der subalpine Lärchen-Arvenwald und der graue Lärchenwickler Zeiraphera diniana Gn. (Lep., Tortricidae)*. Diss. ETH No. 6977, Swiss Federal Institute of Technology, Zurich, Switzerland, 294 pp.
- FRAVAL A., HERARD F., JARRY M., 1978 – *Méthodes d'échantillonnage des populations de pontes de L. dispar (Lep.: Lymantriidae) en Mamora (Maroc)*. - Ann. Zool. Ecol. Anim., 10 (2): 267-279.
- JACTEL H., MENASSIEU P., VÉTILLARD F., BARTHÉLÉMY B., PIOUS D., FRÉROT B., ROUSSET J., GOUSSARD F., BRANCO M., BATTISTI A., 2006 – *Population monitoring of pine processionary moth (Lepidoptera: Thaumetopoeidae) with pheromone-baited traps*. - Forest Ecology and Management, 235: 96-106.

- JEPSEN J.U., HAGEN S.B., HØGDA K.A., IMS R.A., KARLSEN S.R., TØMMERVIK H., YOCOZ N.G., 2009 – *Monitoring the spatio-temporal dynamics of geometrid moth outbreaks in birch forest using MODIS-NDVI data*. - Remote Sensing of Environment, 113: 1939-1947.
- KOLODNY-HIRSCH D.M., 1986 – *Evaluation of methods for sampling gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) egg mass populations and development of sequential sampling plan*. - Environ. Entomol., 15: 122-127.
- LIEBHOLD A.M., ELKINTON J.S., ZHOU C., HOHN M.E., ROSSI R.E., BOETTNER G.H., BOETTNER C.W., BURNHAM C., MCMANUS M.L., 1995 – *Regional correlation of gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) defoliation with counts of egg masses, pupae, and male moths*. - Environ. Entomol., 24 (2): 193-203.
- LIEBHOLD M.A., ROSSI R.E., KEMP W.P., 1993 – *Geostatistic and geographic information systems in applied ecology*. - Annu. Rev. Entomol., Vol. 38: 303-327.
- LUCIANO P., 1989 – *L'impiego delle trappole a feromoni nella programmazione della lotta alla Lymantria dispar L.* Atti «Convegno sulle avversità del bosco e delle piante arboree da legno» ; Firenze, 15-16 ottobre 1987: 345-357.
- LUCIANO P., LENTINI A., CAO O.V., 2003 – *La lotta ai defogliatori delle sugherete in Provincia di Sassari*. Industria grafica Poddighe s.r.l., Sassari: 72 pp.
- LUCIANO P., LENTINI A., GIANNASI M.P., BRUNDU G., 2002 – *La previsione delle infestazioni nelle sugherete della Sardegna*. In: Il monitoraggio fitosanitario delle foreste. Quaderno ARSIA 2/2002: 67-73.
- LUCIANO P., PROTA R., 1981 – *La dinamica di popolazione di Lymantria dispar L. in Sardegna. I. Indicatori della gradazione ricavati dalle ovideposizioni*. - Studi Sass., sez. III, Ann. Fac. Agr. Univ. Sassari, 27 (1979): 137-160.
- LUCIANO P., ROVERSI P.F., VANNINI A., 2009 – *Il monitoraggio fitosanitario forestale e la formazione del personale operativo*. In: Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura. Taormina (ME), 16-19 ottobre 2008, FIRENZE: Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, vol. II, p. 620-625, ISBN/ISSN: 978-88-87553-16-1, doi: 10.4129/CNS2008.085.
- MAKSIMOV M., 1953 – *Some observations about gradation crisis of gypsy moth in plane and mountain forests in 1950*. - Zast. Bilja, 15: 12-27.
- MAKSIMOV M., BJEGOVI P., VASILJEVI L., 1970 – *Maintaining the density of gypsy moth enemies as a method of biological control*. - Zast. Bilja, 21: 3-15.
- MARZIALI L., MARIANELLI L., TOCCAFONDI P., CAMPANI C., BAGNOLI M., ROVERSI P. F., 2009 – *Analisi spaziale della diffusione di Matsucoccus feytaudi Ducasse nelle pinete di pino marittimo della Toscana (Homoptera Margarodidae)*. - Notiziario sulla Protezione delle Piante, 22 (N.S.): 161-164.
- MCGREW J. C., MONROE C. B., 1993 – *Statistical problem solving in geography*. Dubuque, IA: Wm C. Brown Publisher.
- PRICE B., ALLGOWER B., FISCHLIN A., 2006 – *Synchrony and travelling waves of larch bud moth? Time series analysis with changing scale*. - Ecological modeling, 199: 433-441.
- PROTA R., 1973 – *Contributi alla conoscenza dell'entomofauna della quercia da sughero (Quercus suber L.)*. VII. Indagine sulla composizione e consistenza della lepidotterofauna di una sughereta e sul dinamismo delle principali specie nocive. - Mem. Staz. Sper. Sughero, Tempio Pausania, 35: 130 pp.
- RILEY J. R., 1989 – *Remote Sensing in Entomology*. - Annu. Rev. Entomol., Vol. 34: 247-271.
- ROVERSI P.F., 1997 – *Attacchi in aree urbanizzate di lepidotteri defogliatori provvisti di peli urticanti*. ISZA, Firenze, Nota Tecnica n. 3: 30 pp.
- ROVERSI P.F., 2002 – *Dinamica di popolazione di Thaumetopoea processionea L.: indicatori biologici ottenuti dalle ovature (Lepidoptera Thaumetopoeidae). Primo contributo*. - Notiziario sulla Protezione delle Piante, 15 (N.S.): 185-195.
- ROVERSI P.F., BORETTI R., MERENDI G.A., BARTOLOZZI L., TOCCAFONDI P., 1997 – *Processionaria della quercia: danni e criteri di controllo*. - Sherwood, 3(8): 1-16.
- ROVERSI P.F., MARIANELLI L., MARZIALI L., TOCCAFONDI P., 2008 – *Controllo di Thaumetopoea processionea (L.) su ampie superfici forestali (Lepidoptera Thaumetopoeidae)*. - Notiziario sulla Protezione delle Piante, 22 (N.S.): 165-169.
- ROVERSI P.F., VETRALLA G., GUIDOTTI A., TOCCAFONDI P., 2001 – *Studio preliminare per l'implementazione di un programma di monitoraggio permanente dello stato fitosanitario delle foreste della Toscana*. SISEF, III Congr. Naz. Soc. Ital. Selvicoltura ed Ecologia Forestale, Viterbo, 15-18 ottobre 2001.
- SABBATINI PEVERIERI G., FAGGI M., MARZIALI L., TIBERI R., 2008 – *Life cycle of Tomicus destruens in a pine forest of central Italy*. - Bulletin of Insectology, 61 (2): 337-342.
- TURČÁNI M., HLÁSNY T., 2007 – *Spatial distribution of four spruce bark beetles in north-western Slovakia*. - J. For. Sci., 53: 45-52.
- WHITE J.C., WULDER M.A., BROOKS D., REICH R., WHEATE R.D., 2005 – *Detection of red attack stage mountain pine beetle infestation with high spatial resolution satellite imagery*. - Remote Sensing of Environment, 96: 340-351.
- WILSON R.W. JR., FONTAINE G.A., 1978 – *Gypsy moth egg-mass sampling with fixed and variable radius plot*. - USDA, Agric. Handb., 523: 46 pp.
- WILSON R.W. JR., IVANOWSKY W.M., TALERICO R. L., 1981 – *Direct evaluation*. In: *The gypsy moth: research toward integrated pest management*. - USDA, Tech. Bull., 1584: 34-38.

STRATEGIE DI CONTROLLO CON ENTOMOPATOGENI

ORESTE TRIGGIANI (*)

(*) Di.B.C.A. sez. Entomologia e Zoologia, Università degli Studi di Bari Aldo Moro, via Amendola 165/a, 70126 - Bari. triggian@agr.uniba.it
Lettura tenuta durante la Tavola rotonda «Biotecniche e nuove frontiere nella difesa degli ecosistemi forestali».
Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 27 novembre 2009.

Employing entomopathogens as a control strategy

The limits imposed by the European Union on the utilization of chemical pesticides has prompted researchers to seek out alternative means to control harmful insects.

Certain subspecies of *Bacillus thuringiensis* are largely employed worldwide mostly against the larvae of phytophagous in both sectors of farming and forestry, in parks and in water sources to control the larvae of dipterans, culicids and simuliids.

Among the viruses that naturally cause insect mortality are Baculoviridae, which are marketed and released by airplanes over large forest areas, principally against the larvae of leaf-eating insects. In Italy only the use of *Cydia pomonella* granulosis virus (MADEX) has been legalized.

The entomopathogenic nematodes (EPNs) Steinernematidae and Heterorhabditidae are successfully applied in numerous biotopes; these are reproduced in biolabs and marketed worldwide.

A few examples of the use of these bioinsecticides in Italy are reported.

KEY WORDS: Bioinsetticidi, *Bacillus thuringiensis*, Baculovirus, nematodi entomopatogeni .

La direttiva 91/414 della Commissione CEE sulla commercializzazione dei fitofarmaci, che ha rivisitato tutte le sostanze attive presenti sul mercato limitandone il loro impiego (CAVALLARO e GRAGNOLA, 2007; CONTE e VASCIMINNO, 2007), se da una parte ne riduce l'utilizzo, dall'altra costituisce un forte stimolo per la ricerca e la sperimentazione con prodotti alternativi, tra i quali i bioinsetticidi.

Mi riferisco in particolare al *Bacillus thuringiensis* Berl. la cui applicazione a protezione di boschi e foreste, parchi e giardini, colture arboree e erbacee, e della salute animale e umana hanno diffusione mondiale (ENTWISTLE *et al.*, 1993). Al secondo posto porrei alcuni virus, mentre l'impiego dei nematodi entomopatogeni (EPN) è circoscritto a situazioni più particolari.

Molto diffuso in natura nel terreno, suo serbatoio naturale, e in insetti morti, il *Bth* è un batterio aerobico sporigeno della famiglia Bacillaceae; durante la sporulazione forma, oltre alla spora, una o più corpi parasporali di aspetto cristallino che contengono le protossine (Fig. 1).

Per esempio, la ssp. *kurstaki* produce un solo corpo parasporale mentre la ssp. *finitimus* può averne anche più di due (DEBRO *et al.*, 1986).

I test sierologici-immunologici basati sugli antigeni flagellari (antigeni H) permettono la identifi-

cazione dei ceppi di *Bth* in sierovarietà: così la ssp. *kurstaki*, corrisponde alla sierovarietà H 3a 3b 3c del sierotipo H 3.

In Europa le sottospecie di *Bth* più utilizzate sono: *kurstaki* e *aizawai* per il controllo delle larve dei lepidotteri, *israelensis* contro i ditteri simuliidi e culicidi, *tenebrionis* per il contenimento degli stati preimmaginali di molti coleotteri.

Le tossine prodotte durante il ciclo del *Bth* sono



Fig. 1

Spora e corpo parasporale di *B. thuringiensis* sp. *kurstaki*.

diverse e distinte in endotossine e esotossine. Alle prime appartiene la δ -endotossina, protossina che viene attivata dalle reazioni chimiche che si verificano nell'ambiente alcalino dell'intestino dell'insetto suscettibile ed è prodotta nello sporangio durante la sporulazione. Solitamente è sufficiente un solo cristallo per uccidere l'insetto, ma la spora ne esalta la tossicità per la presenza di tossine sulla sua parete e per la setticemia scatenata dalla sua germinazione.

Alle esotossine appartiene la α -esotossina termolabile, prodotta da molte sspp. di *Bth*, attiva verso alcune specie di lepidotteri e la β -esotossina, termostabile, con effetti subletali in quanto riduce la fecondità, la durata della vita, e agisce da fagoderrente per gli insetti. Se ingerita in dosi elevate risulta pericolosa nei confronti dei vertebrati.

MECCANISMO DI AZIONE DEL BTH

Agisce per ingestione e nell'intestino medio, in presenza di $\text{pH} > 7$, il cristallo proteico si scioglie e le tossine, assieme alle proteasi intestinali, vengono attivate legandosi ai recettori presenti nelle cellule che rivestono l'intestino, alterandone le capacità osmotiche. L'insetto subisce paralisi intestinale e degli gnatidi e smette di nutrirsi. Nell'intestino in disfacimento le spore del *Bth* germinano, favorendo la setticemia e quindi la morte dell'ospite. Ma come spesso accade, ci sono delle scappatoie per l'insetto il quale riesce a sopravvivere se il pH intestinale non è alcalino, oppure manca la proteasi per attivare le tossine del cristallo o se non sono presenti i recettori specifici sulle cellule del suo intestino. Anche l'alimento può svolgere un ruolo di protezione variando il pH intestinale dell'ospite come avviene per le lecitine e i tannini.

ESEMPI DI APPLICAZIONI DI BTK IN FORESTA

La bibliografia internazionale sulle applicazioni di *Btk* nei biotopi forestali è molto vasta.

Per quanto concerne il suo utilizzo nei boschi e nelle foreste italiane, una sintesi dei risultati e delle prospettive di utilizzo di *Btk* per il controllo di *Traumatocampa* (= *Thaumetopoea*) *pityocampa* (Den. et Schiff.) (Lepidoptera Thaumetopoeidae) è stata riportata da BATTISTI *et al.*, (1998).

Mi limiterò, qui di seguito, a riferire i risultati di prove effettuate dal gruppo di ricercatori dell'Università di Bari in biotopi forestali e da gruppi di ricerca Europei con cui abbiamo collaborato o collaboriamo e che ritengo scientificamente importanti.

Alla fine degli anni '80 le nostre prime esperienze di campo con sierotipi di *Btk*, provenienti dalla ex Jugoslavia e dalla Svizzera, contro *T. pityocampa* nei rimboschimenti pugliesi di *Pinus halepensis* Mill, e all'inizio degli anni '90 contro *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera Thaumetopoeidae) su *Quercus trojana* Webb., fornirono risultati molto validi (TRIGGIANI e SIDOR, 1980). Mi piace anche ricordare che successivamente, fummo coinvolti dalla Protezione Civile, sollecitata dai proprietari di complessi turistici nell'arco ionico tarantino e dai sindaci dei paesi più interni, nel controllo di *T. pityocampa* che al culmine della sua gradazione metteva in serio pericolo pini e cittadini. I trattamenti aerei con *Btk* (Bactucide), rifiniti con interventi da terra nelle aree a maggiore densità di popolazione, ridussero di oltre il 95% le popolazioni larvali (TRIGGIANI, dati non pubblicati) (Fig. 2).

Purtroppo, nonostante la provata innocuità del *Btk* nei riguardi degli organismi non target, in Italia i trattamenti con il mezzo aereo sono vietati mentre in altre Nazioni questi sono prassi consolidata, anche in foreste di ampia estensione.



Fig. 2
Aereo con cui furono effettuati i trattamenti con *Btk* nelle pinete dell'arco ionico.

Qualche spiraglio si sta, però, aprendo anche nella nostra Nazione infatti, le Regioni Sardegna e Toscana, su motivata richiesta, vengono di anno in anno autorizzate dal Ministero della Salute a effettuare trattamenti in bosco con il FORAY 48B Avio (*B. thuringiensis* sp. *kurstaki*). In Toscana nel 2003-2004, nel complesso boschivo del Demanio Regionale nella Foresta di Santa Luce (PI), a prevalenza di *Quercus cerris* L, furono trattati 1.640 ha all'inizio di una progradazione di *Thaumetopoea processionea* L. (Lepidoptera Thaumetopoeidae) con *Btk* (FORAY 48 B a 12.7 BIU/l). Il trattamento fu realizzato con elicottero a fine aprile sulle giovani larve. Dopo circa 15 gg nell'area trattata con 4,5 l/ha la mortalità larvale fu superiore al 96% e successivamente venne riscontrata una irrisoria presenza dei nidi nel periodo estivo (ROVERSI *et al.*, 2008).

In Sardegna soprattutto nelle ampie estensioni di *Quercus suber* L. ove la raccolta del sughero è una importante fonte di reddito per l'Isola, i trattamenti aerei con *Btk* hanno cadenza annuale per il controllo di *L. dispar* L., *Malacosoma neustria* L. (Lepidoptera Lasiocampidae), *Tortrix viridana* L. (Lepidoptera Tortricidae) le cui larve causano un cronico indebolimento delle piante compromettendo seriamente produzione sughericola (TRIGGIANI, 2007).

VIRUS

I microrganismi utilizzano gli insetti così come questi utilizzano le piante per nutrirsi e moltiplicarsi, tra questi oltre ai batteri, sono numerosi i virus patogeni per gli insetti.

Semplificando: la struttura di un virus è il DNA

o l'RNA circondato da una capsula di proteina e, alcune volte, da una membrana o da un involucro a formare il virione e, sia che contengano DNA o RNA, questi si comportano da parassiti obbligati intracellulari. Solo quelli di dimensioni maggiori sono appena visibili al microscopio ottico come, ad esempio, i Poxvirus i cui virioni raggiungono i 470 nm.

Dei numerosi virus che colpiscono gli artropodi, attualmente soltanto alcuni Baculovirus sono registrati. Essi agiscono per ingestione infettando, principalmente le larve dei lepidotteri, degli imenotteri tentredinidi e quelle dei ditteri culicidi (Fig. 3). Avendo un elevato grado di specificità nei riguardi delle specie degli insetti risultano interessanti per il controllo di insetti nocivi.

In Italia pioniere nell'impiego di Baculovirus fu Magnoler il quale negli anni '60-'70, in maniera artigianale ma molto valida, protesse efficacemente e a costi molto contenuti alcune sugherete sarde con macerati di larve di *L. dispar* e *M. neustria* infettate da virus e raccolte in natura. Successivamente Cavalcaselle sperimentò un NPV proveniente dal Canada contro *Neodiprion sertifer* Geoff. dimostrandone la possibilità di trasmissione alle successive generazioni (TRIGGIANI, *l.c.*).

A differenza del *Btk* le cui applicazioni devono essere ripetute negli anni, in alcuni casi sono sufficienti introduzioni anche ridotte di NPV nell'ambiente perché questo si diffonda tra le generazioni future dell'insetto bersaglio.

La sperimentazione con i virus delle poliedrosi non mi risulta che in Italia abbia avuto un seguito, facendo salva una comunicazione di CARBONNESCHI (2007) in occasione del Convegno Nazio-

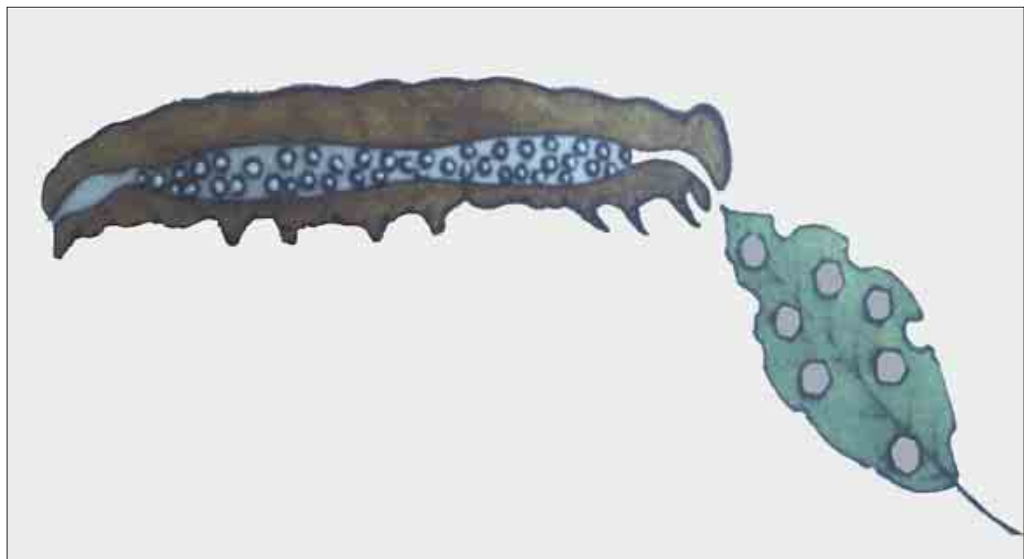


Fig. 3
Poliedri virali che, ingeriti da una larva di fitofago assieme al cibo, si sviluppano nell'intestino.

nale sulle Emergenze Fitosanitarie in Ambito Forestale, tenuto a Nuoro nel 2007.

In Canada e Stati del Nord America, in particolare, ma anche in Polonia molti Baculovirus vengono distribuiti con mezzo aereo su vaste superfici dal Servizio Forestale (LEWIS, 1981). Tra i vari prodotti in commercio nelle succitate Nazioni ricordo DISPARVIRUS e GYPCHEK (bioinsetticidi a base di NPV) specifici di *Lymantria dispar* e VIROX e NEOCHEK-S per il controllo delle larve di *Neodiprion sertifer* (Huber, 1998).

In Italia è registrato solo il virus della granulosi di *Cydia pomonella* CpGV (MADEX).

NEMATODI ENTOMOPATOGENI (EPN)

Gli EPN (= *entomopathogenic nematodes*) possono indurre sterilità, ridurre la fecondità, la longevità, le capacità di movimento, ritardare lo sviluppo o anche causare alterazioni morfologiche e la morte dell'ospite (POINAR, 1979). Di oltre trenta famiglie di nematodi associate in vario modo agli insetti, l'ordine Rhabditida e in particolare le famiglie *Steinernematidae* (TRAVASSOS, 1927) e *Heterorhabditidae* (POINAR, 1975) sono quelle che rivestono maggiore interesse per il controllo degli esapodi. Sebbene non siano microrganismi, albergano nel loro intestino microrganismi simbionti patogeni per molte specie di artropodi. Insomma, il nematode si comporta da «cavallo di Troia» per introdurre i microrganismi nella vittima.

A seconda della specie, gli EPN ricercano attivamente gli ospiti oppure tendono loro imboscate, o anche rivelano un comportamento intermedio: lo scopo è di penetrare nella cavità celomatica ove scaricare il batterio simbiote. Il rapporto simbiotico nematode-batterio determina che il nematode protegga il batterio dall'ambiente esterno e lo trasporti nella vittima, mentre il batterio fornisce cibo al nematode permettendone lo sviluppo.

Le specie di EPN in commercio e maggiormente utilizzati sono *Steinernema* spp. e *Heterorhabditis* spp.

Solo il terzo stadio del nematode è infettivo (DJ= *dauer juvenile*) e molto comune in tutti i tipi di suolo compresa la battigia; dal terreno i nematodi sono facilmente recuperabili utilizzando larve di *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera Galleriinae) quali esca (Fig. 4).

Da anni svolgiamo ricerche sugli EPN e grazie anche a un progetto PRIN in collaborazione con le Università di Catania e Firenze, stiamo effet-

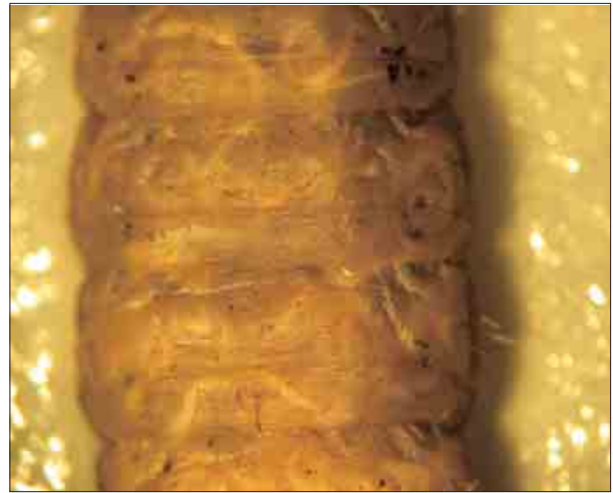


Fig. 4

Larva di *G. mellonella* contenente stadi giovanili e adulti di *S. feltiae*.

tuando una mappatura degli EPN sul territorio e la loro identificazione attraverso lo studio morfologico e molecolare. Fino ad oggi abbiamo raccolto circa 2.000 campioni di terreno da differenti biotopi e da quasi tutte le Regioni Italiane rinvenendo 11 specie. Ciascuna di esse ha il suo specifico microrganismo simbiote (*Xenorhabdus* spp. per *Steinernematidae* and *Photorhabdus* spp. per *Heterorhabditidae*).

Nell'ambito delle specie, i vari isolati hanno le loro peculiarità quali: propensione per un ordine di esapodi, resistenza alle diverse temperature e alla disidratazione, facilità o meno di moltiplicazione in laboratorio, tempi di riproduzione, temperature per una ottimale conservazione.

Si riportano qui di seguito le specie, il numero di isolati rinvenuti da noi in Italia e i microrganismi loro simbionti:

<i>Heterorhabditis bacteriophora</i> (<i>P. luminescens</i>)	38	isolati
<i>H. downesi</i> (<i>P. temperata</i>)	1	»
<i>Steinernema feltiae</i> (<i>X. bovienii</i>)	39	»
<i>S. affine</i> (<i>X. bovienii</i>)	11	»
<i>S. kraussei</i> (<i>X. bovienii</i>)	4	»
<i>S. carpocapsae</i> (<i>X. nematophila</i>)	1	»
<i>S. ichnusae</i> (<i>X. bovienii</i>)	3	»
<i>Steinernema</i> sp.n. (appartenente al gruppo <i>S. arenarium</i>)	2	»
<i>S. apuliae</i> (<i>X. kozodoii</i> sp.n.)	8	»
<i>S. vulcanicum</i>	1	»

S. apuliae, fino ad oggi, tipica della Puglia *S. ichnusae* trovata in Sardegna e *S. vulcanicum* sull'Etna, sono presenti solo in Italia (TRIGGIANI *et al.*, 2004; TARASCO *et al.*, 2008).

Una terza specie di *Steinernema* sp., appartenente al gruppo *S. arenarium*, è raccolto anch'esso

in Puglia (identificato con la sigla ItS-C31), è in corso di descrizione.

Pertanto, alla luce di quanto riportato, in Europa oggi l'Italia è la nazione che presenta la maggiore biodiversità di EPN (TARASCO *et al.*, 2009) (Fig. 5) e la presenza più elevata di *Steinernema* e *Heterorhabditis* si rinviene nei biotopi forestali e più precisamente nei querceti.

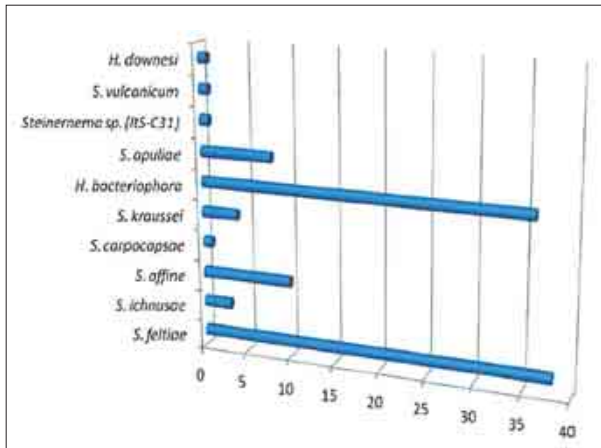


Fig. 5

Numero di isolati e specie di EPN rinvenuti in Italia.

Per quanto concerne l'utilizzo di EPN in campo, la Direttiva 91/414 della Commissione sui Fitofarmaci che regola la registrazione dei biocidi chimici, dei microrganismi e dei virus, considera i nematodi, gli insetti e gli acari ausiliari organismi a basso impatto ambientale. Nei confronti di tale direttiva i Paesi dell'Unione Europea si pongono in maniera differente infatti, Danimarca, Finlandia, Francia, Grecia, Germania, Italia, Portogallo e Spagna non prevedono una registrazione, mentre altre nazioni richiedono una qualche forma di registrazione anche se meno rigida di quella prevista per i fitofarmaci (EHLERS e HOKKANEN, 1996; EHLERS, 2004).

Sui rischi dell'utilizzo di EPN verso i parassitoidi e i predatori nel terreno o in ambienti criptici, questi sono classificati da EHLER e HOKKANEN da remoti a moderati e temporanei (1996). BATHON (1996) accertò, su oltre 400.000 specie «non target» testate in campo, un impatto di poco conto causando una limitata riduzione in alcune popolazioni interessate. Anche l'introduzione di specie non indigene viene considerata sostanzialmente un fatto etico, così BARBERCHECK e MILLAR (2000) dimostrarono che l'introduzione di *S. riobravae* dal Texas nella Carolina del Nord con presenza di popolazioni endemiche di *H. bacteriophora* e *S. carpocapsae* non poneva queste ultime a rischio di estinzione.

FATTORI CHE DETERMINANO IL RISULTATO DI UN INTERVENTO CON MICRORGANISMI

I principali fattori che possono influenzare la buona riuscita o il fallimento di un intervento con i microrganismi dipendono da:

- le peculiarità delle singole specie e isolati di microrganismi;
- le condizioni climatiche;
- le parti delle piante trattate (chioma, esterno tronco, interno tronco, terreno circostante, ecc.);
- il mezzo in cui sono sospesi;
- lo stadio e la specie dell'insetto bersaglio;
- attrezzature per i trattamenti;
- orario in cui si tratta.

ESEMPI DI APPLICAZIONI DI EPN IN DIFFERENTI HABITAT

Nel terreno

L'ambiente ideale per gli EPN è il terreno, ma i risultati di un loro utilizzo nei biotopi forestali ha fornito risultati spesso contrastanti dovuti, fondamentalmente, allo stadio dell'insetto e all'habitat.

A livello europeo un esempio di controllo molto efficace riguarda *Hylobius abietis* L., uno dei coleotteri curculionidi maggiormente dannosi alle conifere nei rimboschimenti. In Inghilterra è stato valutato un danno all'industria forestale pari a 12.000.000 di £. (GEORGIS *et al.*, 2006).

Ceppaie e radici di conifere morte o moribonde rappresentano il luogo di elezione per il nutrimento e lo sviluppo delle larve mentre gli adulti, particolarmente dannosi nei giovani rimboschimenti di conifere, preferiscono la corteccia e il cambio.

Per il veto della UE all'uso di fitofarmaci in foresta, la protezione da *Hylobius* ha dovuto cercare nuove strategie. Poiché l' α -cipermetrina è costosa e le larve nei tronchi sono difficilmente raggiungibili dagli insetticidi, sono stati sperimentati gli EPN contro le larve nelle ceppaie di piante tagliate di recente e le pupe (BRIXEY, 2000). La finestra per l'applicazione è situata tra metà maggio inizi di giugno. Con sospensioni di 3.5×10^6 di DJ di *S. carpocapsae*/500 ml H₂O alla base delle ceppaie, si riduce del 70% la emergenza di nuovi adulti distribuendo il bioinsetticida con lance manuali oppure, se il terreno lo permette, con i trattori. In Inghilterra questi ultimi hanno permesso di abbassare notevolmente i costi dei trattamenti che però restano ancora molto elevati (GEORGIS *et al.*, l.c.). A detta di HEREDITAGE e MOORE (2000) l'utilizzo di EPN

assieme a una tecnica selvicolturale più mirata può costituire un efficace applicazione di controllo integrato in foresta nel controllo di *Hylobius* in Inghilterra. Secondo Dillon *et al.* (2008) oltre a *S. carpocapsae* anche *H. downesi* specie nuova da loro rinvenuta nei terreni sabbiosi irlandesi, sarebbero i più efficienti nel controllo dell'*Hylobius*.

L'efficacia di *H. megidis* nel controllo di *Operophtera brumata* L. e *O. fagata* Schar. (Lepidoptera Geometridae) fanno consigliare all'autore il suo utilizzo in foreste e parchi nel momento in cui le larve scendono nel terreno per incrisalidarsi (TOMALAK, 2003).

Altra applicazione interessante è quella cui fa riferimento BATTISTI (1994) i cui trattamenti con *S. feltiae* e *S. kraussei* sul terreno di *Picea abies* (L.) Karsten, prima che le larve si impupassero, ridusse la emergenza di nuovi adulti di *Cephalcia arvensis* Panzer (Hymenoptera Pamphiliidae).

Nei nidi

La capacità di EPN di penetrare nelle larve di *T. pityocampa* svernanti nei nidi è stata dimostrata iniettando in essi con una grossa siringa fornita una cannula perforata, DJ di *S. feltiae* sospesi in un gelatinoso frullato di un polimero fortemente idrofilo. Oltre il 60 % delle larve della Processionaria fu ucciso dal nematode che si riprodusse in gran parte delle vittime senza arrecare danni alle larve e alle pupe del dittero larveoride *Phryxe caudata* Rondani (TRIGGIANI e TARASCO, 2002) (Fig. 6).

Sulle foglie

Gli interventi con EPN sulla chioma delle piante sono complicati e frequentemente inefficaci per la grande sensibilità dei nematodi agli UV e alla disidratazione. I trattamenti con acqua non sono indicati in quanto percola dalle foglie e asciuga velocemente rendendo inefficaci gli EPN.

Un risultato degno di essere menzionato è stato da noi ottenuto trattando in primavera con *S. carpocapsae* le chiome di *Ulmus campestris* L. attaccate dalle larve di *Xanthogaleruca luteola* Müller (Coleoptera Chrysomelidae). I DJ furono sospesi nel polimero precedentemente citato per il controllo di *T. pityocampa*, addizionato con Xanthan gum per migliorarne l'adesione alla pagina inferiore delle foglie ove stazionavano le larve (TRIGGIANI e TARASCO, 2007).

Sotto le cortecce

A volte i risultati che si ottengono in laboratorio non hanno lo stesso riscontro in campo. È questo



Fig. 6

S. feltiae sviluppatasi nelle larve svernanti di *T. pityocampa*.

l'esempio di *H. bacteriophora* e *S. carpocapsae* che in laboratorio controllano molto bene gli adulti svernanti di *Corythuca ciliata* Say (Hemiptera Tingidae) mentre in pieno campo, con temperature di 13°-22°C, sono poco efficaci nel controllo delle colonie svernanti sotto il ritidoma dei Platani (TARASCO e TRIGGIANI, 2006).

Nei tronchi

Le capacità di EPN di muoversi nelle gallerie scavate dagli xilofagi e colpirli a morte sono riconosciute da molti autori. Le gallerie dei Lepidotteri e Coleotteri xilofagi sono uno degli ambienti ottimali per i nematodi entomopatogeni in quanto le gallerie umide e rettilinee li proteggono dalla disidratazione e dagli UV. Ricordo le prove della Deseö (DESEÖ, 1982; DESEÖ *et al.*, 1984) con cotton fiocch imbevuti di sospensioni di nematodi inseriti nei fori scavati dalle larve di *Cossus cossus* L. e *Zeuzera pyrina* L. (Lepidoptera Cossidae) e i risultati della Curto irrorando i tronchi di pioppi attaccati da *Saperda carcharias* L. (Coleoptera Cerambycidae) (CURTO *et al.*, 2003).

CONCLUSIONI

Sia i boschi che le foreste ma anche il verde urbano, ove le piante di importanza forestale sono quelle più presenti e diffuse, rappresentano i biotopi ove la diffusione di prodotti chimici è sconsigliabile per la nota ricaduta negativa sia sulla salute umana che sulla biodiversità animale. In tali situazioni appunto, il *Bacillus thuringiensis kurstaki*, senza ombra di dubbio, fornisce le migliori garanzie di controllo per il controllo dei lepidotteri. I formulati commerciali (granulari, polveri, sospensioni acquose o oleose, incapsu-

lati, etc.) che attualmente sono più di 400 offrono un ampio ventaglio di soluzioni a seconda del «problema da risolvere». Inoltre, il batterio ha il vantaggio di essere facilmente biodegradabile in condizioni di campo.

Dopo più di 30 anni di utilizzo su milioni di ettari e vari biotopi, non c'è stata alcuna segnalazione di effetti negativi sull'ambiente a seguito dell'uso del *Btk*. Svariati test di tossicità hanno ripetutamente confermato che le tossine sono innocue per l'uomo e gli animali superiori (il basso pH intestinale dei mammiferi solubilizza e denatura i cristalli proteici). Il *Btk* è risultato innocuo per uccelli, pesci, vertebrati e invertebrati acquatici e terrestri, compresa l'entomofauna utile (parassiti, predatori e impollinatori). Unica eccezione per i ceppi che producono la β -esotossina. Meno selettiva delle α -endotossine, nociva per 55 specie di 10 ordini diversi (i.e. *Pieris brassicae*, *Musca domestica*, *Locusta migratoria*, *Apis mellifera*) oltre a nematodi (*Meloydogine*) e vertebrati (topi).

Colgo l'occasione per dolermi pubblicamente che l'uso del *Btk* con il mezzo aereo, ampiamente utilizzato in molte Nazioni per facilitarne la distribuzione in aree altrimenti inaccessibili e velocizzare i tempi di intervento, sia ancora ostacolato nel nostro Paese.

I Baculovirus rappresentano anch'essi una efficace alternativa ai fitofarmaci data la loro specificità. Alcuni di questi, come detto in precedenza, sono in commercio e vengono distribuiti su vaste superfici forestali. I limiti sono rappresentati dai costi sostenuti dovuti alla loro moltiplicazione su colture di tessuto o ospite specifico. In campo forestale molti paesi controllano efficacemente, con prodotti commerciali a base di Baculovirus, le infestazioni di *Lymantria dispar* e *Neodiprion sertifer*. Per altri virus, anche se causano vaste epizootie in natura tra le popolazioni degli esapodi, viene consigliata prudenza e una sperimentazione molto accurata prima di diffonderli. I recenti allarmi di pandemie da virus animali consiglia cautela.

Per quanto riguarda gli EPN la loro facile moltiplicazione nei fermentatori comincia a renderli economicamente competitivi, soprattutto in coltivazioni agrarie di pregio quali le biologiche. In campo forestale il loro utilizzo si complica a causa delle vastità di superficie da trattare, i terreni irregolari, la presenza di lettiera ecc. anche se molto efficaci nel terreno, luogo di elezione, per controllare gli insetti terricoli e quelli che vanno nel terreno per completare il loro ciclo biologico. Così possono risultare molto utili nei rimboschimenti e nei parchi urbani attaccati dalla *T. pityocampa*,

magari a integrazione del *Btk*, ricordando che i trattamenti aerei con il *Btk* non sono autorizzati e che il taglio dei nidi è l'ultima soluzione. Molto interessante il loro impiego contro le larve di *Cossidae*, *Cerambycidae*, *Buprestidae* che confinate nel legno non hanno scampo alla azione mirata del nematode. Soprattutto per piante di pregio quali i Patriarchi, così chiamate per la loro vetustà e che vanno periodicamente protette dagli xilofagi, gli EPN rappresentano una efficace soluzione stante anche la inefficacia dei fitofarmaci.

RIASSUNTO

Le limitazioni imposte della CEE sull'utilizzo dei fitofarmaci stimola i ricercatori verso prodotti alternativi per il controllo di insetti dannosi.

Alcune sottospecie di *Bacillus thuringiensis* sono ampiamente utilizzate in tutto il mondo principalmente contro le larve dei fitofagi sia in campo agrario che forestale, nei parchi e anche nelle acque per il controllo delle larve dei ditteri culicidi e simuli.

Tra i virus che decimano in natura gli insetti, alcuni Baculoviridae sono commercializzati e distribuiti con gli aerei su vaste superfici forestali principalmente contro le larve dei defogliatori. In Italia è autorizzato solo il virus della granulosi di *Cydia pomonella* (MADEX).

Tra nematodi entomopatogeni (EPN), Steinernematidae e Heterorhabditidae trovano soddisfacente applicazione in svariati biotopi e sono riprodotti nelle biofabbriche e commercializzati in tutto il mondo.

Vengono forniti alcuni esempi di applicazioni di questi bioinsetticidi in Italia.

BIBLIOGRAFIA

- BATHON H., 1996 – *Impact of entomopathogenic nematodes on non target hosts*. - Biocontrol Sciences Technology 6, 421-434
- BATTISTI A., 1994 – *Effects of entomopathogenic nematodes on the spruceweb-spinning sawfly Cephalcia arvensis Panzer and its parasitoids in the field*. - Biocontrol Sciences and Technology, 4: 95-102
- BATTISTI A., LONGO S., TIBERI R., TRIGGIANI O., 1998 – *Results and perspectives in the use of Bacillus thuringiensis Berl. var. kurstaki and other pathogens against Thaumetopoea pityocampa (Den. et Schiff.) in Italy (Lep., Thaumetopoeidae)* Anz. Schadlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz 71, 72-76.
- BRIXEY J., 2000 – *The use of entomopathogenic nematode to control the immature stage of the large pine weevil Hylobius abietis (L.)* Ph.D. Thesis, University of Reading, UK.
- CARBONESCHI A., 2007 – *Esito di alcune prove finalizzate all'impiego del virus della poliedrosi nucleare nella lotta a Lymantria dispar L. (Lepidoptera Lymantriidae) in Sardegna*. - Notiziario sulla Protezione delle Piante 21: 185-187.
- CAVALLARO P., GRAGNOLA P., 2007 – *Il contesto comunitario dell'autorizzazione di prodotti fitosanitari: scenari attuali e sviluppi futuri*. - Notiziario sulla Protezione delle Piante 21, 31-40
- CONTE E., VASCIMINNO G., 2007 – *Problemi della difesa in bosco ed in vivaio in rapporto all'evoluzione della norma-*

- tiva dei prodotti fitosanitari*. - Notiziario sulla Protezione delle Pianta 21, 175-181
- CURTO G., SANTI R., VAI N., BARANI A., VEZZADINI S., RICCI M., 2003 – *Controllo biologico di larve di Saperda carcharias (L.) in un pioppeto industriale*. Atti Convegno Nazionale «*Nematodi quali agenti biologici di controllo su insetti di rilevanza sia per l'agricoltura che per la salute*». Perugia, 23 settembre 2003 (in formato elettronico CD).
- DESEÖ K.V., 1982 – *Prove di lotta col nematode entomopatogeno Neoplectana carpocapsae Weiser contro i rodilegno Cossus cossus L. e Zeuzera pyrina L. (Lepidoptera Cossidae)*. Atti Giornate Fitopatologiche, Sanremo, 3: 3-10.
- DESEÖ, K.V., GRASSI, S., FOSCHI, F., ROVESTI, L., 1984 – *Un sistema di lotta biologica contro il Rodilegno giallo (Zeuzera pyrina L., Lepidoptera Cossidae)*. Atti Giornate Fitopatologiche: 403-414
- ENTWISTLE P.F., CORY J.S., BAILEY M.J., HIGGS S., 1993 – *Bacillus thuringiensis, an Environmental Biopesticide: Theory and Practice*. J. Wiley & Sons, New York.
- DEBRO L., FITZ-JAMES P.C., ARONSON A. 1986 – *Two different parasporal inclusions are produced by Bacillus thuringiensis subsp. finitimus*. - Journal of Bacteriology. 1986 January; 165 (1): 258-268.
- DILLON A. B., ROLSTON A.N., MEADE C.V., DOWNESAND M. J., GRIFFIN C.T., 2008 – *Establishment, Persistence, and Introgression of Entomopathogenic Nematodes in a Forest Ecosystem*. - Ecological Applications: Vol. 18, No. 3, pp. 735-747.
- EHLERS R.-U., 2004 – *Safety and regulation of entomopathogenic nematodes*. Cost Action 850, Legal and Safety: 1-12.
- EHLERS R.-U., HOKKANEN H.M.T., 1996 – *Insect biocontrol with non-endemic entomopathogenic nematodes Steinernema and Heterorhabditis spp.: Conclusions and recommendations of a combined OECD and COST workshop on scientific and regulatory policy issues*. - Biocontrol Sciences Technology, 6: 295-302.
- GEORGIS R., KOPPENHOFER A.M., LACEY L.A., BÉLAIR G., DUNCAN L.W., GREWAL P.S., SAMISH M., TAN L., TORR P., VAN TOL R.W., 2006 – *Success and failures in the use of parasitic nematodes for pest control*. - Biological Control 38, 103-123.
- HERITAGE S., MOORE R., 2000 – *The assessment of site characteristics as part of a management strategy to reduce damage by Hylobius*. Forestry Commission Information Note 38.
- HUBER J., 1998 – *Western Europe*. In «*Insect Viruses and Pest Management*». Hunter-Fujita F.R., Entwistle P.E., Evans H. F., Crook P. (Eds.): 201-215. J. Wiley & Sons, Chichester, UK.
- POINAR G. O., 1979 – *Nematodes for biological control of insects*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- ROVERSI P.F., MARIANELLI L., MARZIALI L., TOCCAFONDI P., 2008 – *Controllo di Thaumetopoea processionea (L.) su ampie superfici forestali (Lepidoptera Thaumetopoeidae)*. - Notiziario sulla Protezione delle Pianta 22, 165-169.
- TARASCO E., CLAUSI M., RAPAZZO G., VINCIGUERRA M., LONGO A., TRIGGIANI O., 2009 – *Could Italy be considered a favorite place in Europe for EPN biodiversity?* - IOBC/wprs Bulletin, 45: 387-389
- TARASCO E., MRÁČEK Z., NGUYEN K.B., TRIGGIANI O., 2008 – *Steinernema ichnusae sp. n. (Nematoda: Steinernematidae) a new entomopathogenic nematode from Sardinia Island (Italy)*. Journal of Invertebrate Pathology, 99: 173-185.
- TARASCO E., TRIGGIANI O., 2006 – *Evaluation and comparison of entomopathogenic nematodes and fungi to control Corythucha ciliata Say (Rhynchoa Tingidae)*. - Redia LXXXIX pp 51-54.
- TOMALAK M., 2003 – *Biocontrol Potential of Entomopathogenic Nematodes Against Winter Moths (Operophtera brumata and O. fagata (Lepidoptera: Geometridae) on Urban Trees*. - Biocontrol Science and Technology. 13, 5: 517-527.
- TRIGGIANI O., 2007 – *Controllo microbiologico di insetti forestali*. - Notiziario sulla Protezione delle Pianta 21:115-134 21.
- TRIGGIANI O., MRÁČEK Z., REID A., 2004 – *Steinernema apuliae sp. n. (Rhabditida, Steinernematidae), a new entomopathogenic nematode from southern Italy*. - Zootaxa 460: 1-12.
- TRIGGIANI O., SIDOR C., 1982 – *Prove di controllo microbiologico della Processionaria del pino (Thaumetopoea pityocampa Schiff.) nelle pinete in Puglia*. - Entomologica, Bari 17, 91-102.
- TRIGGIANI O., TARASCO E., 2002 – *Efficiency and persistence of entomopathogenic nematodes in controlling larval populations of Thaumetopoea pityocampa (Den. et Schiff.) (Lepidoptera, Thaumetopoeidae)*. - Biocontrol, Sciences and Technology 12, 747-752
- TRIGGIANI O., TARASCO E., 2007 – *Applying entomopathogenic nematode to Xanthogaleruca luteola (Coleoptera Chrysomelidae)-infested foliage*. - Redia, XC, 29-31.

CONTROLLO BIOLOGICO DEGLI INSETTI IN FORESTA: PASSATO, PRESENTE E FUTURO

RIZIERO TIBERI (*)

(*) Dipartimento di Biotecnologie agrarie, Sezione di Protezione delle piante, Università degli Studi, via Maragliano, 77 - 50144 Firenze.
rtiberi@unifi.it

Lettura tenuta durante la Tavola rotonda «Biotecniche e nuove frontiere nella difesa degli ecosistemi forestali».
Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 27 novembre 2009.

Biological pest control in forests: past, present and future

After a brief description of the procedures to follow when planning operations for the protection of trees in forests and the advisability of using biological pest control in such systems, we take a look at the most significant and successful measures adopted in Italy starting from the mid-nineteenth century using native, insectivorous insects to limit important forest phytophages. The research conducted on the introduction, breeding and release of exotic, insectivorous insects of phytophages, also exotic, is subsequently described. Such discussion also dedicates due space to the presentation of the results of studies performed to ascertain the role of the volatile substances released by the plants in mediating the relations occurring in nature between the plant hosts, their phytophages and antagonists of the latter. The possible measures to take in order to overcome the obstacles currently making breeding, multiplication and storing of insectivorous insects onerous are also investigated. Lastly, reference is made to the issues, highlighted in many spheres of research, related to the introduction and liberation of exotic antagonists into the pre-existing system of the local entomofauna and on the degree of appreciation expressed by public opinion on biological pest control in general.

KEY WORDS: entomophagous insects, protection, forest trees.

L'individuazione e l'adozione di appropriati mezzi di intervento nella protezione delle piante arboree in ambienti forestali è stata prospettata, e in alcune circostanze attuata, già a partire dal secolo XIX. Sebbene si fosse ancora agli albori di una nuova strategia di «comportamento» dell'uomo nell'affrontare i problemi fitosanitari negli ambienti boschivi, già venivano delineati con sufficiente chiarezza alcuni criteri specifici da adottare nella corretta e razionale scelta delle metodologie, dell'intensità e dei tempi di intervento in bosco.

Da quanto anticipato si intuisce subito come la lotta biologica trovi in contesti forestali la più opportuna collocazione in quanto i rimedi biologici sono i più promettenti in tali ambienti perché basati sull'uso strategico delle stesse risorse di cui dispone la natura. Si tratta di una strategia che spesso è stata impropriamente invocata come una soluzione miracolistica nel controllo dei fitofagi in foresta, mentre i risultati di numerose esperienze applicative evidenziano non poche, né lievi, difficoltà da superare nell'elaborazione dei piani operativi. Quanto finora è stato realizzato nelle applicazioni pratiche è frutto di programmi molto impegnativi e che comunque hanno

consentito di accertare che i mezzi biologici di controllo non forniscono una soluzione universale e definitiva ai problemi fitosanitari in ambito forestale, anche se sono tuttora ritenuti i più idonei, nonostante le condizioni dei sistemi forestali siano oggi profondamente modificate rispetto al passato, sia in termini di complessità che di struttura, anche in conseguenza di interventi dell'uomo. La convinzione che tali rimedi rappresentino una delle più valide strategie su cui fondare il controllo dei fitofagi forestali è avvalorato dalla consapevolezza che nella protezione delle cenosi boschive non si riesce a ottenere, e neppure si attende, con un solo tipo di intervento, il livello di efficacia richiesto nel settore dell'agricoltura (COVASSI & MASUTTI, 1999).

In foresta si è chiamati, infatti, a indicare le strategie operative idonee a favorire il ripristino degli equilibri naturali o, nel caso di specie fitofaghe provenienti da altri areali, ad instaurare un soddisfacente equilibrio tra fitofago e antagonista.

Questi obiettivi possono essere conseguiti attraverso la manipolazione dei rapporti interspecifici o la modificazione delle relazioni intraspecifiche. Nel primo caso le iniziative si

basano sullo sfruttamento dei fenomeni di antagonismo e prevedono pertanto l'impiego di nemici naturali per procedere nella direzione di ristabilire gli equilibri o per rafforzare l'azione di specifici fattori biotici di contenimento. Nel secondo, invece, si tende ad interferire sul comportamento degli individui di una stessa specie, modificandolo in modo da risultare vantaggioso per il sistema.

Il ripristino degli equilibri entro gli areali naturali dei fitofagi responsabili degli scompensi ecologici si può ottenere trasferendo antagonisti da zone in cui essi si trovano ad elevata densità di popolazione, ad altre in cui essi sono assenti o dove la loro attività è limitata. L'efficacia dell'intervento dei nemici naturali può essere incrementata anche attraverso il costante sostegno degli antagonisti con l'apporto di nuovi individui per sopperire alla loro incapacità di accrescersi numericamente, nell'intento di ostacolare l'incremento demografico dei fitofagi ospiti.

RICERCHE CONDOTTE

Per affrontare l'argomento della lotta biologica in foresta è necessario ricordare anche le esperienze condotte nel passato, più o meno recente, non solo perché alcune di esse rappresentano casi la cui importanza è ancora riconosciuta, ma anche perché l'esito degli interventi di lotta biologica non può che essere valutato nel tempo, specialmente quando essi tendono ad innescare modificazioni durature nel sistema. Questo modo di procedere è risultato sempre più condiviso, come risulta evidente dalla consultazione della letteratura recente in materia (KIMBERLING, 2004).

Concrete possibilità di conseguire soddisfacenti risultati sembrano prospettarsi con l'impiego di parassitoidi oofagi, ottenuti attraverso allevamenti massali in ambiente confinato su ospiti alternativi o naturali, in quanto sopprimono le vittime prima ancora che queste possano causare danno. L'impiego in programmi di lotta biologica, in ambienti forestali, si prospetta vantaggioso quando vi sia la possibilità di incrementare le popolazioni degli oofagi agli inizi della progradazione dei fitofagi ospiti.

In Italia una prima esperienza in campo forestale sul potenziamento numerico delle popolazioni degli oofagi in natura è stata condotta in una giovane pineta ubicata sulle colline limitrofe a Firenze (Pian di S. Bartolo, Fiesole) nel 1977 nell'intento di incrementare l'azione di contenimento della Processionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa* Denis et Schiffermüller) svolta dai parassitoidi oofagi. In tale occasione sono state liberate a metà luglio circa 800 femmine dell'eulofide *Baryscapus servadeii* (Domenichini) ottenute da ovature della Processionaria del pino raccolte in pinete prealpine del Veneto. A seguito di questo intervento si è registrato negli anni seguenti un evidente incremento della parassitizzazione dovuto principalmente all'incremento demografico dell'eulofide (Fig. 1).

Tuttavia a seguito dell'intervento si è registrata anche una parallela diminuzione della densità di *Ooencyrtus pityocampae* (Mercet), che negli anni precedenti era presente a livelli di popolazione sostanzialmente simili con quelle dell'eulofide (TIBERI, 1980). Un'analoga esperienza che ha previsto il potenziamento in natura delle popolazioni di *Ooencyrtus kuwanae* (Howard) è stata effettuata in querceti della Sicilia attaccati da *Lymantria dispar* L. conseguendo soddisfacenti risultati (LONGO *et al.*, 1994).

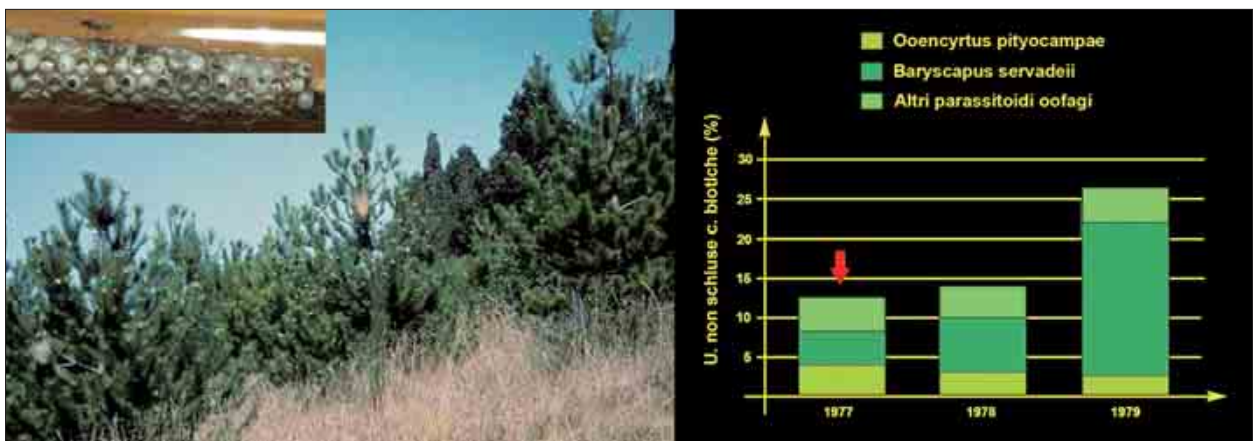


Figura 1

Andamento della parassitizzazione delle uova della processionaria nel biennio successivo al potenziamento numerico della popolazione di *Baryscapus servadeii* nella pineta di Pian di S. Bartolo.

Esperimenti che hanno previsto il rilascio di parassitoidi oofagi allevati in laboratorio su ospite alternativo sono stati condotti nel corso dell'ultimo decennio del secolo passato in una pineta del Lazio e in due della Toscana, dove già da anni erano in svolgimento indagini sulla dinamica di popolazione della Processionaria del pino e dei suoi parassitoidi oofagi. Ravvisata una specie particolarmente idonea alla moltiplicazione massale su uova di *Nezara viridula* (L.) nel microimetto *O. pityocampae*, si sono programmati da un lato gli allevamenti in ambiente confinato dell'ospite alternativo e dall'altro i tempi di liberazione in natura dell'oofago nel corso del periodo di volo del lepidottero ospite.

Nell'estate del 1991, in un giovane impianto situato in prossimità del litorale laziale (Fondi, LT) sono stati liberati 19000 esemplari dell'encirtide; sempre in coincidenza degli sfarfallamenti della Processionaria sono stati liberati nel 1993 in una pineta ubicata a Monte Senario (FI) oltre 26000 individui di *O. pityocampae* e ancora durante il periodo di volo della Processionaria sono stati liberati in una pineta della Consuma (FI) circa 17000 individui dello stesso parassitoide (Figg. 2 e 3).

Dall'esame delle ovature raccolte nelle tre pinete, nel corso dell'autunno successivo al potenziamento demografico dell'encirtide, è risultato un evidente incremento delle uova parassitizzate rispetto a quelle registrate negli anni precedenti (TIBERI, 1994; TIBERI *et al.*, 1994, 2002a). Comunque, anche nel corso di queste indagini sono stati registrati fenomeni di concorrenza tra *O. pityocampae* e *B. servadeii*, i due oofagi più diffusi ed efficaci nella parassitizzazione delle uova della processionaria.

Quando si considerano le esperienze condotte in Italia che hanno previsto l'impiego di antagonisti introdotti per il controllo di insetti fitofagi



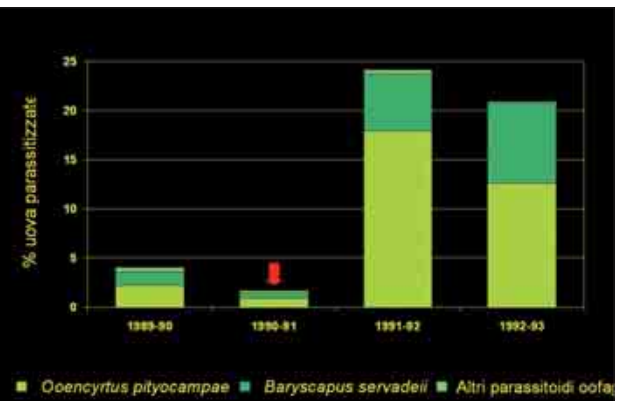
Figura 3
Parassitizzazione delle uova della processionaria del pino nelle pinete di Monte Senario e di Cascine nel periodo 1992-2001.

esotici, il primo riferimento riguarda il parassitoide oofago *Anaphes (Patasson) nitens* (Girault) (Hymenoptera, Mymaridae) introdotto in Italia nel 1978 dall'Australia per contenere i danni prodotti all'eucalipto dal curculionide *Gonipterus scutellatus* Gyllenhal, anch'esso di origine australiana (ARZONE, 1985). Questa specie è stata introdotta anche in molti altri Paesi europei ed extra-europei e nella maggior parte di essi, Italia compresa, la sua efficacia è stata molto soddisfacente, al punto che l'oofago, da solo, è stato in grado di controllare con successo il curculionide.

Altra esperienza coronata da successo riguarda l'introduzione, avvenuta nel 1987 in Veneto, dell'imenottero driinide nordamericano *Neodryinus typhlocybae* (Ashmead) per il controllo di un fitofago neartico *Metcalfa pruinosa* Say (GIROLAMI & CAMPORESE, 1994). Il parassitoide, allevato e moltiplicato a Padova è stato liberato in natura in varie regioni dell'Italia del nord e del centro come pure in Stati limitrofi ed ha dimostrato una notevole capacità di diffusione e di ricerca della vittima. Analoga esperienza è stata condotta, e con successo, mediante l'in-



Figura 2
Risultati del potenziamento numerico della popolazione di *Ooencyrtus pityocampae* a Fondi.



troduzione e il successivo allevamento dell'eulofide *Closterocerus chamaeleon* (Girault) nel controllo del galligeno, anch'esso eulofide, *Ophelimus maskelli* (Ashmead) in Sicilia, Sardegna ed altre regioni meridionali del nostro Paese (CALECA *et al.*, 2009).

Un altro antagonista esotico verosimilmente giunto a seguito dell'ospite di elezione, il cerambicide *Phoracantha semipunctata* (F.), è l'encirti-de oofago *Avetianella longoi* Siscaro. Il microimenottero è stato rinvenuto in Calabria e Sicilia, dove si è rapidamente diffuso ed attualmente è in grado di ostacolare efficacemente lo sviluppo numerico delle popolazioni del coleottero in oggetto (LONGO *et al.*, 1993).

L'impiego di antagonisti esotici nel controllo di insetti forestali è un settore della ricerca applicata molto considerato all'estero, come dimostrano i risultati di numerose esperienze tra le quali si ricorda quella che ha previsto l'introduzione e la liberazione dell'imenottero icneumonide *Rhyssa persuasoria* (L.) nella lotta contro *Sirex noctilio* F. in Nuova Zelanda. A seguito di questo successo sono stati introdotti ed utilizzati altri tre imenotteri parassitoidi ottenendo nel complesso elevati tassi di parassitizzazione, oltre il 70% delle larve del fitofago ospite. Attualmente nel continente australe sono ben 11 le specie di imenotteri parassitoidi del siricidae che vengono normalmente impiegate in programmi di controllo biologico (HURLAY *et al.*, 2007) (Tab. 1).

Riguardo l'impiego di entomofagi predatori nel controllo diretto di insetti fitofagi in foresta non sono state molte le esperienze condotte nel nostro Paese. In ogni caso meritano di essere citati i vari tentativi di controllo biologico della Processionaria del pino intrapresi su vasta scala in Italia e con larga disponibilità di mezzi, utilizzando imenotteri formicidi del gruppo *Formica rufa* L., predatori non specifici di larve di lepidotteri. Intere colonie di questi generici antago-

nisti sono state prelevate dai loro «habitat» naturali in diverse zone alpine e prealpine e trasferite in pinete appenniniche, in alcuni casi in ambienti mediterranei, isole maggiori comprese (Fig. 4).

Nonostante il notevole impegno profuso in tali operazioni nell'arco temporale di circa un ventennio, i risultati non sono stati apprezzabili (PAVAN; 1950; 1951 e 1959). Si è dimenticato, per esempio, che in genere questi imenotteri sono diffusi ed attivi in boschi in cui, oltre a condizioni ottimali di ambiente fisico, sia loro assicurata una costante alimentazione di melata ottenuta dalla frequentazione di colonie di afidi per lo più lacnidi (COVASSI & MASUTTI, 1999).

Se nel nostro Paese l'impiego di predatori in ambiente forestale non ha avuto gran seguito, all'estero invece sono state effettuate molte sperimentazioni che prevedevano l'allevamento e il rilascio di predatori, nonostante le molte perplessità sorte fra gli esperti del settore in merito all'utilizzazione di entomofagi generalisti (DE CLERCQ, 2002; SYMONDSON *et al.*, 2002). A riguardo si ricordano i buoni risultati ottenuti in Francia nel controllo del coleottero scolitide *Dendroctonus micans* (Kugelann) mediante la liberazione del rizofagide *Rhyzophagus grandis* Gyllenhal allevato e moltiplicato in laboratorio su tronchi di abete rosso infestati dallo scolitide o mantenendo il predatore in contenitori entro i quali veniva inserita rosura fresca di abete rosso o segatura insieme a larve di scolitidi o alimenti alternativi (GREGOIRE *et al.*, 1985).

Più recentemente in Turchia, per il contenimento della Processionaria del pino, è stata impiegata *Calosoma sycophanta* L. (Coleoptera: Carabidae), noto predatore di larve e pupe di numerosi lepidotteri defogliatori; per la realizzazione di questa esperienza il predatore è stato moltiplicato in laboratorio, a partire da larve di varia provenienza, su larve di *T. pityocampa*, *T. solitaria* Freyer ed *Ephestia kuehniella* Zeller (KANAT & ÖZBOLAT, 2006).

Tuttavia nel corso degli ultimi due decenni del XX secolo anche in Italia sono stati approntati allevamenti in ambiente controllato di predatori delle cocciniglie del genere *Matsucoccus* Cock e tra queste di *M. feytaudi* Ducasse. I predatori allevati sono due rincoti antocoridi attivi su tutti gli stadi della cocciniglia *Elatophilus nigricornis* (Zetterstead) ed *E. pini* (Bärensprung) e un coleottero coccinellide *Rhyzobius chrysomeloides* (Herbst) particolarmente attivo su uova e giovani neanidi di *M. feytaudi*; i tre predatori sono stati regolarmente rinvenuti in pinete

Tabella 1 – Principali parassitoidi di siricidi allevati per la liberazione in campo (da HURLAY *et al.*, 2007).

Specie	Stadio attaccato	Origine
<i>Ibalia leucospoides leucospoides</i>	uova/larve giovani	Europa
<i>Ibalia l. ensiger</i>	uova/larve giovani	USA
<i>Ibalia rufipes rufipes</i>	uova/larve giovani	USA
<i>Ibalia r. drewseni</i>	uova/larve giovani	Europa
<i>Megarhyssa nortoni nortoni</i>	larve mature	USA
<i>Megarhyssa praecellens</i>	larve mature	Giappone
<i>Rhyssa persuasoria persuasoria</i>	larve mature	Europa
<i>Rhyssa p. himalayensis</i>	larve mature	India
<i>Rhyssa alaskensis</i>	larve mature	USA
<i>Rhyssa hoferi</i>	larve mature	USA
<i>Rhyssa lineolata</i>	larve mature	Canada



Figura 4
Acervo di *Formica rufa* sulle Alpi.

di pino marittimo infestate da *M. feytaudi*; comunque tali esperienze non hanno superato tuttora la fase preliminare (COVASSI *et al.*, 1991).

Nell'ambito generale della lotta biologica merita di essere considerato anche il ruolo rivestito in natura da varie sostanze volatili prodotte dalle piante nel modificare i rapporti tra i vegetali e i loro fitofagi. Su questo argomento esiste una nutrita documentazione bibliografica che riguarda esperienze svolte in altri Paesi europei e nordamericani. Pertanto, per analogia, nel corso degli ultimi decenni, anche in Italia sono state intraprese indagini per verificare l'ipotesi che sostanze terpeniche volatili presenti negli aghi dei pini possano influenzare il comportamento delle femmine della Processionaria del pino durante la ricerca della pianta ospite per la deposizione delle uova. La prima prova sperimentale è stata condotta nell'estate del 1997 in una giovane pineta mista del Lazio e in un'altra della Toscana impiegando S-limonene e il suo enantiomero R-limonene. Dai risultati conseguiti in queste due prove è emersa una significativa efficacia proprio di R-limonene nel disorientare le femmine durante la localizzazione delle piante. Altre prove si sono susseguite fino al 2005 in varie giovani pinete della Toscana e nel corso di queste prove oltre ai due già citati terpeni, sono stati impiegati anche β -pinene e α -pinene. I risultati di questi ulteriori esperimenti confermano l'azione di disturbo prodotta da R-limonene sulle femmine della processionaria e al tempo stesso mettono in evidenza anche l'efficacia di β -pinene nel disorientare il lepidottero durante la ricerca della

pianta su cui deporre le uova (TIBERI *et al.*, 1999, 2002b; NICCOLI *et al.*, 2008).

RICERCHE IN CORSO

Alcune delle indagini sugli antagonisti naturali, essenzialmente insetti entomofagi, dei fitofagi forestali di cui si è già riferito tuttora proseguono. In particolare l'attenzione dei ricercatori italiani si rivolge verso i parassitoidi oofagi di importanti lepidotteri defogliatori delle conifere, per esempio la Processionaria del pino, e delle latifoglie, essenzialmente *Lymantria dispar*, *Euproctis chrysorrhoea* L., *Thaumetopoea processionea* L. e *Tortrix viridana* L. Non perché non fosse già abbastanza nota la composizione specifica del complesso parassitario di questi fitofagi, quanto per verificare eventuali variazioni del loro areale di distribuzione e della prevalenza delle singole specie in relazione agli effetti dei cambiamenti climatici in atto. Si possono, per esempio, citare il ritrovamento di *Baryscapus servadeii* in pinete dell'Etna, dove finora non era segnalato (LONGO, c.p.) e la progressiva diminuzione della presenza di *Trichogramma embryophagum* (Hartig) in pinete pedemontane e collinari interne della penisola (TIBERI, dati non pubblicati).

Indubbiamente, però, sono le indagini sull'adattamento di entomofagi indigeni a insetti fitofagi introdotti nel nostro Paese o l'introduzione programmata di entomofagi esotici, nell'intento di costituire una nuova associazione con l'ospite, anch'esso esotico, che rappresentano la parte preponderante dell'attività di

ricerca al momento attuale. Al riguardo è opportuno ricordare i progetti di controllo biologico dell'imenottero cinipide *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu, che prevedono l'impiego dell'imenottero torimide *Torymus sinensis* Kamijo proveniente dal Giappone, dove è stato introdotto dalla Cina (Paese di origine delle due specie). In Italia il *Torymus* è stato ottenuto da materiale vegetale importato dal Giappone e mantenuto in ambiente confinato fino al momento dello sfarfallamento del parassitoide dalle galle determinate dall'attività del cinipide. È stato riferito che da circa 28000 galle sono sfarfallati 2117 adulti di *T. sinensis* (tutti liberati in natura) e oltre 3000 esemplari di altri parassitoidi, i quali, una volta classificati risultavano appartenere alle specie di seguito elencate in ordine di importanza: i calcidoidei *Eurytoma brunniventris* Ratzeburg (Eurytomidae) (908 individui), *Eupelmus urozonus* Dalman (Eupelmidae) (790 individui), *Ormyrus* spp. (Ormyridae) (756 individui) e *Torymus geranii* (Walker) (Torymidae) (352 individui) (QUACCHIA *et al.*, 2008).

In Italia oltre al rilascio in pieno campo dell'entomofago è stata messa a punto una strategia di allevamento definita «area di moltiplicazione», al fine di costituire un serbatoio biologico da cui regolarmente prelevare individui del parassitoide da liberare in altre aree castanicole infestate. Queste esperienze, iniziate in Piemonte nel 2003, sono tuttora in corso anche in altre regioni italiane. I risultati ottenuti fino ad oggi dimostrano una buona capacità del torimide di diffondersi sul territorio, e di localizzare e parassitizzare l'ospite. Indagini sono in corso, in varie regioni italiane dove è nota la presenza di *Dryocosmus kuriphilus*, per accertare l'avvenuto adattamento di entomofagi autoctoni al nuovo ospite e i primi risultati ottenuti indicano una certa reazione degli antagonisti indigeni, anche se i livelli di efficacia sono ancora modesti.

Di notevole risalto scientifico sono anche le indagini che vengono condotte, in particolare in Toscana, per verificare, ed eventualmente, quantificare l'adattamento di antagonisti indigeni all'emittero coreide neartico *Leptoglossus occidentalis* Heideman. In una giovane pineta artificiale di pino laricio e pino marittimo ubicata tra i 550 e 850 metri di altitudine (Firenze), nel 2008 sono state raccolte nel periodo agosto-settembre ovature della cimice americana delle conifere, che presentavano, insieme alle uova schiuse, altre ancora chiuse dalle quali sono sfarfallati individui femminili e maschili dell'eupelmide

Anastatus bifasciatus (B. de Fonsc.), noto parassitoide delle uova di vari insetti forestali, tra cui la Processionaria del pino, che regolarmente, da oltre un decennio, viene ritrovata nella stessa pineta. *A. bifasciatus*, per altro già rinvenuto nelle uova di *L. occidentalis* in Nord-Italia (CAMPONOVARA *et al.*, 2003) viene attualmente mantenuto in allevamenti di laboratorio a spese delle uova del coreide, per studiare le possibilità applicative dell'impiego del parassitoide nel controllo biologico della cimice americana (NICCOLI *et al.*, 2009). Appare interessante rilevare che dalle ovature di Processionaria raccolte nella stessa pineta nell'autunno del 2008 sono emersi individui, ovviamente maschi, dell'eupelmide in quantità decisamente superiore rispetto agli anni precedenti. Quindi, non sembra azzardato ipotizzare che la presenza delle femmine nello stesso ambiente, sviluppatesi nelle uova di *Leptoglossus*, abbia favorito la crescita numerica della popolazione dell'*Anastatus* (TIBERI, dati non pubblicati).

Altre indagini sono in corso da alcuni anni per accertare il ruolo rivestito dai componenti secondari volatili, di natura terpenica, presenti negli aghi di pino, la cui attività è già stata valutata nei confronti delle femmine ovideponenti della Processionaria, anche sul comportamento dei suoi due principali oofagi: *O. pityocampae* e *B. servadeii*. Le indicazioni finora emerse dai test effettuati in olfattometro autorizzano un certo ottimismo e inducono a perseverare nel tentativo di definire metodiche che permettano di potenziare l'azione degli entomofagi con l'aiuto di infochimici propri degli ospiti vegetali del fitofago (TIBERI *et al.*, 2002c; PANZAVOLTA *et al.*, 2003).

PROSPETTIVE

È noto che la lotta biologica trova un notevole ostacolo nella necessità di mantenere allevamenti degli antagonisti allo scopo di avere a disposizione un congruo numero di individui da liberare in natura. Tale limitazione potrebbe essere superata individuando idonee tecniche di moltiplicazione degli entomofagi su diete artificiali e così superare il gravoso impegno che richiede il simultaneo allevamento dei fitofagi ospiti siano essi specifici che sostitutivi (GRENIER, 2009).

La necessità, poi, di disporre dei sufficienti quantitativi di esemplari degli antagonisti, nel momento più indicato per la loro liberazione in natura, comporta inevitabilmente lo stoccaggio di questi ausiliari che potrebbe essere assi-

curato dalla tecnica della crioconservazione (LEOPOLD, 1998).

Inoltre, è da tenere nella giusta considerazione, prima di intraprendere l'allevamento e il successivo potenziamento in natura, l'opportunità di verificare l'effettiva presenza e densità di popolazione, nel sistema dove si intende operare, dell'entomofago prescelto, in quanto i cambiamenti climatici in atto potrebbero anche, nel caso dei limitatori naturali, modificarne la distribuzione geografica e la dinamica di popolazione.

Altra linea di ricerca che meriterebbe di essere approfondita riguarda la possibilità di utilizzare le sostanze volatili prodotte ed emesse dalle piante per potersi inserire, con le dovute cautele, nelle relazioni che intercorrono tra i vegetali e i loro fitofagi e anche con gli antagonisti naturali, entomofagi di quest'ultimi. In questo ambito un razionale impiego di sostanze di origine vegetale, quelle monoterpeniche in particolare, viene ritenuto utile a potenziare il controllo biologico (KHAN *et al.*, 2008).

Nella letteratura estera sono riportati numerosi esempi relativi alla possibilità di utilizzare i semiochimici rilasciati dall'ospite vegetale, per i quali è stato dimostrato il ruolo di caïromoni nei confronti di predatori e parassitoidi. R- α -limonene, ad esempio, è risultato molto attrattivo per *Dastarcus helophoroides* (Fairmaire) (Coleoptera: Bothrideridae), parassitoide di alcune specie di cerambicidi: sia in olfattometro che in prove di laboratorio, infatti, in presenza di questo monoterpene, si è osservato un incremento nella percentuale di parassitizzazione delle larve dei cerambicidi (WEI *et al.*, 2008). α -Pinene è risultato poco attrattivo, quando impiegato da solo, per tre predatori di scolitidi, *Thanasimus dubius* (F.) (Cleridae), *Platysoma cylindrica* (Paykull) (Histeridae) e *Corticus parallelus* Melsheimer (Tenebrionidae), ma si è invece dimostrato molto utile per potenziare l'attrazione esercitata nei loro confronti dai feromoni di aggregazione di due scolitidi ospiti: *Ips pini* (Say) e *Ips grandicollis* (Eichhoff) (ERBILGIN & RAFFA, 2001). Dallo stesso monoterpene, quando usato con etanolo entro trappole, è risultato attirato anche un altro cleride, *Thanasimus formicarius* (L.), noto predatore di scolitidi, come *Ips typographus* (L.) (SCHROEDER, 2003). Anche un altro componente terpenico delle conifere, mircene, è risultato efficace nell'incrementare la risposta di un predatore, il cleride *Enoclerus sphègeus* (F.), al feromone di *Dendroctonus ponderosae* Hopkins (BOONE *et al.*, 2008).

CONSIDERAZIONI

Recentemente si registra il crescere della consapevolezza, da parte dell'opinione pubblica, dei potenziali rischi connessi all'uso di prodotti fitosanitari chimici di sintesi e un conseguente aumento nel gradimento della lotta biologica. La problematica riguardante l'apprezzamento da parte dell'opinione pubblica della lotta biologica è stata affrontata in California (JETTER & PAIN, 2004) e in Canada (CHANG *et al.*, 2009). In entrambi gli studi è emersa una netta preferenza (80% degli intervistati in California) per la lotta biologica rispetto a quella chimica sia in ambiente urbano che in ambiente forestale. Questa preferenza è anche avvalorata dalla dichiarata disponibilità degli intervistati a sopportare anche un esborso decisamente maggiore per gli interventi di tipo biologico rispetto a quelli di tipo chimico.

Tuttavia la lotta biologica non è del tutto priva di potenziali conseguenze negative, infatti, già alla fine dell'800 alcuni studiosi espressero i primi dubbi sulla reale assenza di effetti collaterali legati alla lotta biologica classica, portando ad esempio il drastico cambiamento della fauna invertebrata hawaiana in seguito al rilascio di alcune specie di coccinellidi (PERKINS, 1897). Successivamente altri autori si sono interessati al problema, per cui la tematica è divenuta sempre più sentita e si è iniziato ad avanzare il dubbio che la dichiarata assenza di effetti collaterali della lotta biologica classica fosse dovuta più che altro ad una carenza di indagini sull'argomento (HOWARTH, 1983 e 1991). Il dibattito tra i sostenitori della lotta biologica e coloro che non accettano un suo uso incondizionato è stato per molto tempo acceso e ripetutamente ripreso anche in anni recenti. Attualmente è in genere riconosciuta la necessità di effettuare indagini approfondite prima del rilascio di un entomofago esotico e anche successivamente ad esso, per ottenere previsioni più accurate dell'impatto di tali interventi (WRIGHT *et al.*, 2005; HOELMER & KIRK, 2005; GROSS *et al.*, 2005; BARRATT *et al.*, 2010). È ormai appurato, infatti, che l'introduzione di agenti di controllo biologico esotici potrebbe avere conseguenze di vario tipo, sia sui fitofagi non-target che sui livelli trofici superiori e comporta comunque rischi ambientali che devono essere attentamente valutati (LOUDA *et al.*, 2003; DELFOSSE, 2005; VAN LENTEREN *et al.*, 2006; BARRATT *et al.*, 2010).

L'entomofago esotico, ad esempio, potrebbe attaccare fitofagi non-target riducendone le densità di popolazione. Raramente questo comporta

la scomparsa delle specie in questione, comunque, in ambienti di limitata estensione e caratteristiche ambientali particolari questo fenomeno potrebbe aumentare le probabilità che l'azione di altri fattori, quelli abiotici ad esempio, induca una riduzione della biodiversità (MACARTHUR & WILSON, 1967). Sono documentati casi di estinzione di alcune specie di insetti nelle isole Fiji e nelle Hawaii, che si sospetta siano attribuibili all'introduzione di agenti di controllo biologico (VAN LENTEREN *et al.*, 2006).

Per quanto riguarda gli effetti sui livelli trofici superiori si possono ipotizzare varie eventualità:

- l'entomofago introdotto potrebbe rivelarsi un iperparassita, capace quindi di nutrirsi anche a spese dei nemici naturali indigeni sia del fitofago-target sia di altri fitofagi;
- l'entomofago introdotto potrebbe entrare in competizione con nemici naturali indigeni del fitofago-target e, nei casi più estremi, questa competizione interspecifica potrebbe portare alla scomparsa di una delle specie (VAN LENTEREN *et al.*, 2006). Più frequentemente, però, si assiste ad una parziale sostituzione dell'entomofago indigeno entrato in competizione con quello esotico. Esempi di questo fenomeno sono riportati da vari autori, nel sud Italia, ad esempio, *Cales noacki* Howard, introdotto per il controllo di *Aleurothrixus floccosus* (Maskell), è entrato in competizione con *Encarsia tricolor* (Förster), parassitoide indigeno di *Aleurotuba jelinekii* (Frauenfeld) riducendone le densità di popolazione (VIGGIANI, 1994). In Giappone il parassitoide *Torymus sinensis*, introdotto per il contenimento del galligeno *Dryocosmus kuriphilus*, ha fatto registrare, nel corso di circa 10 anni, crescenti densità di popolazione a discapito di quelle del parassitoide indigeno *Torymus beneficus* Yasumatsu & Kamijo (MORIYA *et al.*, 1992);
- l'entomofago introdotto potrebbe, infine, causare cambiamenti genetici in altre popolazioni dell'ecosistema. Si potrebbero, infatti, verificare fenomeni di ibridazione tra l'entomofago introdotto ed entomofagi indigeni, come osservato in Giappone per *Torymus sinensis* e *Torymus beneficus* (YARA *et al.*, 2007). Tali fenomeni potrebbero risultare di notevole impatto, come si è, per esempio, verificato in Nord America dove l'ibridazione avvenuta tra biotipi di *Aphelinus varipes* Förster provenienti da varie parti del mondo ha indotto un cambiamento delle preferenze ecologiche della specie (HOPPER *et al.*, 2006). In alcuni Paesi in cui la lotta biologica classica

viene praticata da tempo, come Australia, Canada, Nuova Zelanda, Sud Africa, Regno Unito e Stati Uniti, esiste una legislazione che regola l'introduzione degli agenti di controllo biologico e sono state stabilite precise procedure per valutarne i rischi. Attualmente si riscontra la tendenza a rendere i regolamenti sempre più stringenti ed a sollecitarne l'adozione da parte degli Stati Europei (HUNT *et al.*, 2008), di conseguenza è necessario aumentare l'accuratezza del processo di valutazione degli eventuali rischi legati alla lotta biologica, sviluppando protocolli che permettano, da una parte, di prevenire seri errori nel rilascio di insetti esotici utili e, dall'altra, di promuovere forme di controllo biologico sicure ed efficienti.

RINGRAZIAMENTI

L'Autore ringrazia vivamente la Dr.ssa Angela Niccoli (CRA/ABP) e i Dottori Matteo Bracalini, Francesco Croci e Tiziana Panzavolta (Dipartimento di Biotecnologie Agrarie) per il costante e prezioso contributo nella realizzazione del lavoro.

RIASSUNTO

Dopo una breve illustrazione delle linee operative da seguire nella programmazione degli interventi per la protezione delle piante in ambienti forestali e dell'opportunità di adottare la lotta biologica in tali sistemi, si procede alla rassegna delle esperienze condotte in Italia, a partire dalla seconda metà del secolo scorso, con l'impiego di insetti entomofagi indigeni nel contenimento di importanti fitofagi forestali e che hanno dato i risultati più significativi. Vengono illustrate, successivamente, le ricerche condotte sull'introduzione, l'allevamento e la liberazione di entomofagi esotici di fitofagi, anch'essi esotici. Nella trattazione viene riservato il dovuto spazio anche alla presentazione dei risultati di studi svolti per accertare il ruolo rivestito dalle sostanze volatili rilasciate dalle piante nel mediare le relazioni che intercorrono in natura tra gli ospiti vegetali e i loro fitofagi e gli antagonisti di quest'ultimi. Si indicano, inoltre, le possibili azioni da intraprendere per superare gli ostacoli che, al momento, rendono molto impegnativi l'allevamento, la moltiplicazione e lo stoccaggio degli entomofagi. Infine si fa riferimento alle problematiche, evidenziate in numerosi contesti di studio, inerenti l'introduzione e la liberazione di antagonisti esotici sul preesistente assetto delle entomocenosi locali e sull'indice di apprezzamento espresso dall'opinione pubblica sulla lotta biologica in generale.

BIBLIOGRAFIA

- ARZONE A., 1985 – *Biological control of the eucalyptus snout beetle in Italy*. - Bulletin SROP, 8 (1): 70-73.
BARRATT B.I.P., HOWARTH F.G., WITHERS T.M., KEAN J.M., RIDLEY G.S., 2010 – *Progress in risk assessment for*

- classical biological control*. - *Biological Control*, 52: 245-254.
- BOONE, C.K., SIX, D.L. & RAFFA K.F., 2008 - *The enemy of my enemy is still my enemy: Competitors add to predator load of primary bark beetles*. - *Agr. For. Entomol.* 10: 411-421.
- CALECA V., RIZZO M.C., LO VERDE G., RIZZO R., BUCCELLATO V., LUCIANO P., CAO O., PALMERI V., GRANDE S.B., CAMPOLO O., 2009 - *Diffusione di Closterocerus chamaeleon (Girault) introdotto in Sicilia, Sardegna e Calabria per il controllo biologico di Ophelimus maskelli (Ashmead) (Hymenoptera, Eulophidae), galligeno esotico sugli eucalipti*. - *Atti del III Congresso Nazionale di Selvicoltura, Taormina*, 16-19 Ottobre 2008. *Atti* 2: 638-642.
- CAMPONOGARA P., FESTI M., BATTISTI A., 2003 - *La cimice dei semi americana: un ospite indesiderato delle nostre conifere*. - *Vita in Campagna*, XXI, num. 07-08: 49.
- CHANG W.Y., LANTZ V.A., MACLEAN D.A., 2009 - *Public attitudes about forest pest outbreaks and control: case studies in two Canadian provinces*. - *Forest Ecology and Management*, 257: 1333-1343.
- COVASSI M., BINAZZI A., TOCCAFONDI P., 1991 - *Studi sugli entomofagi predatori di cocciniglie del gen. Matsuccus Cock. in Italia. I - Note faunistico-ecologiche su specie osservate in pinete della Liguria e della Toscana*. - *Redia*, 74 (2): 575-598.
- COVASSI M., MASUTTI L., 1999 - *La protezione del patrimonio forestale dagli artropodi dannosi*. - *Atti del II Congresso Nazionale di Selvicoltura, Venezia*, 24-27 Giugno 1998. *Atti* 3: 301-333.
- DE CLERCQ P., 2002 - *Dark Clouds and Their Silver Linings: Exotic Generalist Predators in Augmentative Biological Control*. - *Neotropical Entomology*, 31(2): 169-176.
- DELFOSE E.S., 2005 - *Risk and ethics in biological control*. - *Biological Control*, 35: 319-329.
- ERBILGIN N., RAFFA K.F., 2001 - *Modulation of predator attraction to pheromones of two prey species by stereochemistry of plant volatiles*. - *Oecologia*, 127: 444-453.
- GIROLAMI V., CAMPORESE P., 1994 - *Prima moltiplicazione in Europa di Neodryinus typhlocybae (Ashmead) (Hymenoptera: Dryinidae) su Metcalfa pruinosa (Say) (Homoptera: Flatidae)*. - In atti del XVII Congresso Nazionale Italiano di Entomologia, Udine 13-18 Giugno 1994. *Atti*: 655-658.
- GREGOIRE J.C., MERLIN J., PASTEELS J.M., JAFFUEL R., VOULAND G., SCHVESTER D., 1985 - *Biocontrol of Dendroctonus micans by Rhizophagus grandis Gyll. (Col., Rhizophagidae) in the Massif Central (France). A first appraisal of the mass-rearing and release methods*. - *Zeitschrift für angewandte Entomologie = Journal of applied entomology*, 99 (2): 182-190.
- GRENIER S., 2009 - *In vitro rearing of entomophagous insects - Past and future trends: a minireview*. - *Bulletin of Insectology*, 62 (1): 1-6.
- GROSS P., HAWKINS B. A., CORNELL H. V., HOSMANE B., 2005 - *Using lower trophic level factors to predict outcomes in classical biological control of insect pests*. - *Basic and Applied Ecology*, 6: 571-584.
- HOELMER K.A., KIRK A.A., 2005 - *Selecting arthropod biological control agents against arthropod pests: Can the science be improved to decrease the risk of releasing ineffective agents?* - *Biological Control*, 34 255-264.
- HOPPER KR, BRITCH SC, WAJNBURG E., 2006 - *Risks of interbreeding between species introduced for biocontrol and native species and methods for evaluating its occurrence and impact*. - In: *Environmental Impact of Arthropod Biological Control: Methods and Risk Assessment*, U. Kuhlmann, F. Bigler and D. Babendreier (Ed.) CABI Bioscience, Delemont, Switzerland: 78-97.
- HOWARTH, F.G., 1983 - *Classical biological control: panacea or Pandora's box*. - *Proceedings of the Hawaiian Entomological Society*: 239-244.
- HOWARTH, F.G., 1991 - *Environmental impacts of classical biological control*. - *Annual Review of Entomology*: 489-509.
- HUNT E.J., KUHLMANN U., SHEPPARD A., QIN T.-K., BARRATT B.I.P., HARRISON L., MASON P. G., 2008 - *Review of invertebrate biological control agent regulation in Australia, New Zealand, Canada and the USA: recommendations for a harmonized European system*. - *J. Appl. Entomol.*, 132 (2008): 89-123.
- HURLEY B.P., SLIPPERS B., WINGFIELD M.J. 2007 - *A comparison of control results for the alien invasive woodwasp, Sirex noctilio, in the southern hemisphere*. - *Agricultural and forest entomology*, 9 (3): 159-171.
- JETTER K., PAINE T.D., 2004 - *Consumer preferences and willingness to pay for biological control in the urban landscape*. - *Biological Control*, 30: 312-322.
- KANAT M., ÖZBOLAT M., 2006 - *Mass production and release of Calosoma sycophanta L. (Coleoptera: Carabidae) used against the Pine Processionary Moth, Thaumetopoea pityocampa (Shiff.) (Lepidoptera: Thaumetopoeidae), in Biological Control*. - *Turk. J. Zool.*, 30: 181-185.
- KHAN Z.R., JAMES D.G., MIDEGA C.A.O., PICKETT J.A., 2008 - *Chemical ecology and conservation biological control*. - *Biological Control*, 45: 210-224.
- KIMBERLING D.N. 2004 - *Lessons from history: predicting successes and risks of intentional introductions for arthropod biological control*. - *Biological Invasions*, 6: 301-318.
- LEOPOLD R.A., 1998 - *Cold Storage of Insects for Integrated Pest. In: Guy J. Hallman and David L. Denlinger. (eds). Temperature sensitivity in insects and application in integrated pest management*. - 311 pp. Published: Boulder, Colo.: Westview Press, 1998: 235-266.
- LONGO S., PALMERI V., SOMMARIVA D., 1993 - *Sull'attività di Avetianella longoi ooparassitoide di Phoracantha semipunctata nell'Italia meridionale*. - *Redia*, 76 (1): 223-239.
- LONGO S., PALMERI V., SISCARO G., SPAMPINATO R.G., 1994 - *Rilievi sui lepidotteri defogliatori nei querceti*. - *Atti del Convegno MiRAAF «Innovazioni e prospettive nella difesa fitosanitaria»*, Ferrara 1994. *Atti*: 343-346.
- LOUDA S.M., PEMBERTON R.W., JOHNSON M.T., FOLLETT P.A., 2003 - *Nontarget Effects - The Achilles' Heel of Biological Control? Retrospective Analyses to Reduce Risk Associated with Biocontrol Introductions* - *Annu. Rev. Entomol.* 2003. 48: 365-96.
- MACARTHUR R.H., WILSON E.O.(Eds.), 1967 - *The theory of island biogeography*. - Princeton Univ. Press, Princeton, NJ, 203 pp.
- MORIYA S., INOUE K., SHIGA M., MABUCHI M., 1992 - *Interspecific relationship between an introduced parasitoid, Torymus sinensis Kamijo, as a biological control agent of the chestnut gall wasp, Dryocosmus kuriphilus Yasumatsu, and an endemic parasitoid, T. beneficus Yasumatsu et Kamijo*. - *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 27: 479-483.
- NICCOLI A., PANZAVOLTA T., MARZIALI L., SABBATINI

- PEVERIERI G., TELLINI FLORENZANO G., TIBERI R., 2008 – *Further Studies on the Role of Monoterpenes in Pine Host Selection and Oviposition of Thaumetopoea pityocampa*. - *Phytoparasitica*, 36(4): 313-321.
- NICCOLI A., BENASSAI D., CROCI F., ROVERSI P.F., 2009 – *Anastatus bifasciatus ooparassitoide di Leptoglossus occidentalis*. - In *atti del XXII Congresso Nazionale Italiano di Entomologia*. - Ancona 15-18 giugno, Atti: 337.
- PANZAVOLTA T., NICCOLI A., TIBERI R., 2003 – *Influenza di alcuni terpeni dei pini sul comportamento dei principali parassitoidi oofagi della processionaria*. - Atti del IV Congresso Nazionale S.I.S.E.F. «Meridiani foreste» . Pignola (PZ), 7-10 ottobre 2003. www.sisef.it: c.4.8.5.
- PAVAN M., 1950 – *Sugli inizi di un esperimento pratico di lotta biologica con Formica rufa L. contro la Processionaria del pino (Thaumetopoea pityocampa Sch.)*. - Atti Soc. It. Sc. Nat., 89 (3-4): 195-201.
- PAVAN M., 1951 – *Primi risultati di un esperimento pratico di lotta biologica con Formica rufa L. (s. l.) contro la Processionaria del pino (Thaumetopoea pityocampa Sch.)*. - Atti Soc. It. Sc. Nat., 90 (1): 43-54.
- PAVAN M., 1959 – *Attività italiana per la lotta biologica con formiche del gruppo Formica rufa contro gli insetti dannosi alle foreste*. - Ministero Agricoltura e Foreste, Roma, Collana Verde 4: 1-79.
- PERKINS R.C.L., 1897 – *The introduction of beneficial insects into the Hawaiian Islands*. - *Nature*, 55: 499-500.
- QUACCHIA A., MORIYA S., BOSIO G., SCAPIN I., ALMA A., 2008 – *Rearing, release and settlement prospect in Italy of Torymus sinensis, the biological control agent of the chestnut gall wasp Dryocosmus kuriphilus*. - *BioControl*, 53 (6): 829-839.
- SCHROEDER L. M., 2003 – *Differences in responses to α -pinene and ethanol, and flight periods between the bark beetle predators Thanasimus femoralis and T. formicarius (Col.: Cleridae)*. - *Forest Ecology and Management*, 177, (1-3): 301-311.
- SYMONDSON W.O.C., SUNDERLAND K.D., GREENSTONE M.H., 2002 – *Can generalist predators be effective biocontrol agents?* - *Annu. Rev. Entomol.*, 2002. 47: 561-94.
- TIBERI R., 1980 – *Modificazioni della distribuzione dei parassiti oofagi in ovature di processionaria del pino conseguenti al potenziamento artificiale di Tetrastichus servadeii Dom. (Hymenoptera: Chalcidoidea)*. - *Redia*, LXIII: 307-321.
- TIBERI R., 1994 – *Nuovi orientamenti per la protezione delle piante forestali da insetti fitofagi*. - *Informatore fitopatologico*, 46 (1): 7-12.
- TIBERI R., NICCOLI A., SACCHETTI P., 1994 – *Parassitizzazione delle uova di Thaumetopoea pityocampa: modificazioni conseguenti al potenziamento artificiale di Ooencyrtus pityocampae*. - Atti del XVII Congresso Nazionale Italiano di Entomologia, Udine, 13-18 giugno. Atti: 763-766.
- TIBERI R., NICCOLI A., CECCHERELLI P., CURINI M., EPIFANO F., MARCOTULLIO C., ROSATI O., 1999 – *The role of the monoterpene composition in Pinus spp. Needles, in host selection by the Pine Processionary Caterpillar, Thaumetopoea pityocampa*. - *Phytoparasitica*, 27 (4): 263-272.
- TIBERI R., NICCOLI A., NICCOLI T., PANZAVOLTA T., 2002 a – *Modificazioni nella parassitizzazione delle uova della processionaria del pino conseguenti al potenziamento artificiale di Ooencyrtus pityocampae (Mercet) (Hymenoptera: Chalcidoidea: Encyrtidae) allevato in laboratorio*. - *Boll. Lab. Ent. agr. Filippo Silvestri*, 58: 3-19.
- TIBERI R., NICCOLI A., PANZAVOLTA T., MARZIALI L., BONUOMO L., 2002 b – *Plant-phytophagous interactions in pine-forests. Oviposition preferences of pine processionary moth for different host-plants*. - *Proceedings IUFRO Conference on Collecting and analyzing information for sustainable forest management and biodiversity monitoring with special reference to mediterranean ecosystems*. - Palermo, 4-7 Dicembre 2001. Atti: 176-178.
- TIBERI R., PANZAVOLTA T., NICCOLI A., 2002 c – *Influence of monoterpenes in pine needles on the behaviour of Baryscapus servadeii and Ooencyrtus pityocampae, two egg parasitoids of pine processionary moth*. - *Proc. Egg Parasitoids for biocontrol of insect pests - 6th International Symposium - Perugia (Italy)*, 15-18 September 2002: 49-50.
- VAN LENTEREN J.C., BALE J., BIGLER F., HOKKANEN H.M.T., LOOMANS A.J.M., 2006 – *Assessing risks of releasing exotic biological control agents of arthropod pests*. - *Annu. Rev. Entomol.*, 51: 609-634.
- VIGGIANI G., 1994 – *Recent cases of interspecific competition between parasitoids of the family Aphelinidae (Hymenoptera: Chalcidoidea)*. - *Norw. J. Agric. Sci. Suppl.*, 16: 353-59.
- WEI J.R., YANG Z.Q., HAO H.L., DU J.W., 2008 – *(R)-(+)-limonene, kairomone for Dastarcus helophoroides, a natural enemy of longhorned beetles*. - *Agricultural and Forest Entomology*, 10 (4): 323-330.
- WRIGHT M.G., HOFFMANN M.P., KUJAR T.P., GARDNER J., PITCHER S. A. 2005 – *Evaluating risks of biological control introductions: A probabilistic risk-assessment approach* - *Biological Control*, 35 :338-347.
- YARA K., SASAWAKI T., KUNIMI Y., 2007 – *Displacement of Torymus beneficus (Hymenoptera: Torymidae) by T. sinensis, an indigenous and introduced parasitoid of the chestnut gall wasp, Dryocosmus kuriphilus (Hymenoptera: Cynipidae), in Japanese chestnut fields: possible involvement in hybridization*. - *Biological Control*, 42: 148-154.

INTERVENTI BIOTECNICI REALIZZATI IN ITALIA IN AMBIENTI FORESTALI

ANDREA BINAZZI (*) - PIO F. ROVERSI (*) - FABRIZIO PENNACCHIO (*) - VALERIA FRANCARDI (*)
JACOPO DE SILVA (*) - LORENZO MARZIALI (*) - LEONARDO MARIANELLI (*)

(*) CRA-ABP, Via Lanciola 12/A, Cascine del Riccio, 50125 Firenze.

Lettura tenuta durante la Tavola rotonda «Biotecniche e nuove frontiere nella difesa degli ecosistemi forestali».
Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 27 novembre 2009.

On recent defence managements by bio-techniques in Italian forest ecosystems

In the frame of preserving the biodiversity as well as of a profitable sustainability of environmental resources, a convenient defence management of the forest ecosystems has to be carried out actually. On these bases, advanced bio-techniques have to be promoted more and more also in forests in order to protect trees from many of the native or introduced exotic pests.

Recent experiments by means of bio-techniques gave good results in Central Italy against three forest pests, i.e., *Ips typographus* (L.), *Thaumetopoea processionea* L. and *Matsucoccus feytaudi* Ducasse.

The European spruce bark beetle since 2004 has been developing heavy outbreaks in Northern Tuscany Apenines menacing seriously the native spruce woods of Campolino Park in Pistoia Province. A mass-trapping experiment carried out recently against that scolytid, by the CRA-ABP (ex-ISZA), by means of "Tyson" traps baited with the aggregation pheromone, led to huge captures of adults, up to 16 millions in one year, making it expect this method will be really effective in a successful control of that bark beetle.

As to the oak processionary caterpillar which in recent years gave outbreaks too in oak woods of the coastal Tuscany (Santa Luce in Pisa Province), a control experiment by means of aerial treatments of *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*, gave good results too in breaking down the moth population levels. That success resulted in useful also in avoiding medical diseases to the public health due to the harmful effects of the larval urticating hairs of that lepidopterous species.

Finally, with reference to the maritime pine bast scale which has destroyed so many pine stands during the last forty years from Provence to Tuscany, trials to control it in the San Rossore Reservation by a mass-trapping, with both pheromone and antagonist attracting traps, are giving good results the same in order to reduce the decay of the external coastal protective maritime pine belt aimed to shelter the mixed woods at the back from the marine aerosol.

KEY WORDS: bio-technology, defence trials, forest insects, Tuscany.

INTRODUZIONE

Quando si parla di ecosistemi forestali non si può non fare riferimento alla cosiddetta «diversità biologica» che è costitutiva predominante degli ecosistemi stessi: essa è espressione della molteplicità degli organismi viventi che vi insistono, della variabilità dell'informazione genetica che possiedono oltre che della complessità dei sistemi ecologici in cui si organizzano. Le specie, con i loro patrimoni genetici, e gli ecosistemi presenti sulla terra sono infatti la risultante di oltre 3.000 milioni di anni di evoluzione e costituiscono quel sistema di organizzazione della vita sul nostro pianeta che è indispensabile per la stessa sopravvivenza della specie umana.

In tale contesto, la diversità delle specie di un determinato ambiente, oltre che costituire riserva di ricchezza biologica, assolve il compito primario di conservazione degli ecosistemi stessi. In questo ambito, il ruolo svolto dagli animali, e in particolare dagli insetti che vivono in foresta,

è da inquadrare con la precisazione di fondo che nessun organismo vivente è di per sé inutile o dannoso se considerato nel novero delle «funzioni» assegnate dai processi evolutivi e dalla selezione naturale. Nelle tipologie forestali originarie infatti tutti gli organismi nel loro insieme svolgono una funzione inerziale di mantenimento degli assetti biocenotici allorché intervengono a mantenere gli equilibri inter- e intraspecifici fra tutte le componenti dei vari habitat coinvolti nelle catene alimentari, assicurando loro la capacità di mantenersi stabili e sostenibili.

Va da sé dunque che l'alterazione anche di una qualsiasi delle componenti di detti sistemi porta inevitabilmente con sé conseguenze deleterie più o meno dannose. Per questi motivi l'urgenza di ridurre il «trend» negativo del degrado ambientale in atto per molteplici cause e di affrontare con azioni concrete il problema della salvaguardia delle diversità biologiche nei diversi ambienti è un fatto ormai collegialmente rico-

nosciuto. Tutto ciò pone necessariamente il problema, anche nel nostro paese, di interventi fitosanitari ecocompatibili ogni qualvolta si verificano turbative degli habitat, in particolare di quelli forestali, a carico di organismi nocivi come purtroppo avviene sempre più di frequente per talune specie di insetti, sia indigeni che introdotti.

Ricordando inoltre che, nel novero delle specie entomatiche fitofaghe, le componenti potenzialmente dannose vengono di norma controllate anche da molteplici fattori naturali, si conferma la necessità di non alterare i predetti equilibri riducendo al massimo l'uso dei fitofarmaci al fine di evitare impoverimenti della biodiversità e la contaminazione dei prodotti alimentari e degli ambienti. È pertanto in un simile contesto di salvaguardia della biodiversità e di uso sostenibile delle risorse che devono trovare collocazione le problematiche di una ben oculata e programmata difesa integrata sia delle colture agrarie che degli habitat forestali. In tale ottica, l'uso delle biotecnologie in foresta si sta rivelando uno dei migliori sistemi di controllo ecocompatibile non solo nei confronti di specie indigene ma anche verso i fitofagi di nuova introduzione. Ovviamente tali interventi raramente possono mirare alla totale eradicazione delle specie nocive (salvo che per eventuali organismi da quarantena) ma sono in ogni caso finalizzati a ricondurre le popolazioni squilibrate a livelli tollerabili dalle piante con tecniche compatibili con le funzioni del bosco.

Per biotecnica si intende fondamentalmente l'impiego di quattro tipi di sostanze rappresenta-

ti da: a) insetticidi microbiologici (ad es., a base di *Bacillus thuringiensis* + fagostimolanti), utilizzati soprattutto contro i lepidotteri defogliatori (l'uso del mezzo aereo è da preferire nelle infestazioni più gravi, tenuto conto dell'evoluzione delle tecniche applicative); b) attrattivi di aggregazione o sessuali in vari tipi di trappole e dispensers per monitoraggio e per catture massali o intensive in aree circoscritte; c) attrattivi per la confusione sessuale; d) attrattivi (anche sessuali) ad effetto cairomonico nei confronti di parassitoidi e predatori delle specie target.

Recenti sperimentazioni con mezzi biotecnici che hanno dato o stanno dando buoni risultati in Italia contro fitofagi forestali nocivi, sono state indirizzate verso tre specie di insetti: *Ips typographus* (L.), *Thaumatopoea processionea* L. e *Matsucoccus feytaudi* Ducasse.

IPS TYPOGRAPHUS (LINNAEUS) (COLEOPTERA SCOLYTIDAE)

Viene detto comunemente «bostrico» ed è considerato uno dei fitofagi forestali più dannosi per le foreste europee (BAKKE, 1989; BYERS, 2000). Il coleottero è legato essenzialmente a *Picea abies*.

Questo scolitide può risultare molto aggressivo essendo capace di colonizzare anche piante in buone condizioni vegetative quando le sue popolazioni risultano numericamente abbondanti. Per questi motivi viene incluso fra le poche specie di fitofagi definite «tree killing» (PAINE *et al.*, 1997) (Fig. 1).



Fig. 1
Ips typographus: adulto maturo.

Gli incrementi numerici delle popolazioni del «tipografo» sono favoriti da fattori di stress in grado di determinare stati di sofferenza per le piante ospiti e dall'abbondanza di materiale colonizzabile derivante da schianti e sradicamenti causati da eventi meteorici.

I. typographus è specie poligama e svolge di norma due generazioni all'anno, con svernamento allo stadio adulto sotto la corteccia delle piante attaccate o nella lettiera (FACCOLI & STERGULC, 2006 a). Gli adulti abbandonano i siti di svernamento in maggio e i maschi pionieri, una volta individuata la pianta idonea alla colonizzazione, iniziano lo scavo della galleria di proliferazione, realizzando una «celletta nuziale».

L'emissione del feromone di aggregazione richiama in massa altri individui di entrambi i sessi che determinano la completa colonizzazione e la conseguente morte della pianta. Ogni maschio si accoppia di norma con 2-4 femmine

all'interno della cella nuziale e ogni femmina fecondata inizia lo scavo di una galleria materna indipendente. Si ha così la formazione del caratteristico sistema verticale o stellare. Ogni singola galleria materna può essere lunga fino a 15-20 cm (Fig. 2).

In primavera è di fondamentale importanza il tempestivo sgombero dei fusti schiantati e sradicati dagli eventi meteorici che costituiscono il substrato tipico idoneo allo sviluppo dello scolitide. Sono efficaci, a scopo preventivo, anche l'abbattimento e l'esbosco di piante deperienti (Fig. 3).

Nei focolai avviati è indispensabile il taglio precoce delle piante colonizzate dall'insetto, la scortecciatura dei fusti e l'immediata distruzione col fuoco del materiale di risulta. Di notevole utilità risulta la predisposizione di piante esca da distruggere prima dell'emersione dei nuovi adulti.



Fig. 2

Ips typographus: sistemi di proliferazione con gallerie materne, gallerie larvali e celle pupali ben evidenti.



Fig. 3

Gruppo di piante di abete rosso morte in piedi, colonizzate da *Ips typographus*, poste ai margini di una tagliata nella foresta del Teso (PT).

Lotta biotecnica

Al fine di attrarre gli adulti in fase riproduttiva e di contenere le popolazioni del «bostrico», si può ricorrere all'allestimento di un congruo numero di trappole innescate con il feromone di aggregazione (di sintesi). I componenti essenziali del feromone dell'*Ips typographus* sono: 2-methyl-3-buten-2-ol, (S)-cis-verbenol e ipsdienol racemico.

L'impiego delle trappole consente il monitoraggio dell'attività e della diffusione dello scoltide al fine di attuare tempestivamente gli interventi di lotta necessari, anche tradizionali, ma può fornire anche utili indizi per prevedere eventuali incrementi delle sue popolazio-



Fig. 4

Trappola tipo Tyson fornita da Bio/Technik/Chemie Witasek PflanzenSchutz GmbH Mozartstrasse 1a A-9560 Feldkirchen (www.witasek.com).

ni nell'anno successivo (FACCOLI & STERGULC, 2006 b). A questo scopo sono necessarie almeno 3-4 trappole a ettaro allestite prima dell'inizio dei voli primaverili, di norma entro la fine di aprile.

Nell'alta Toscana, dopo la forte siccità dell'estate 2003, le condizioni di stress cui è stata sottoposta la picea nelle aree di piantagione artificiale delle foreste dell'Abetone e del Teso (Pistoia) hanno determinato un incremento dei substrati utili allo sviluppo del «bostrico» e la crescita abnorme delle sue popolazioni. A partire dal 2004 e negli anni successivi sono state registrate infatti morie crescenti che hanno reso necessario l'abbattimento di centinaia di piante mature.

Per il monitoraggio dello scoltide e per la cattura di una quota significativa di individui presenti nelle aree sopra indicate, sono state allestite e dislocate 300 trappole, tipo «Tyson» (Fig. 4), innescate con il feromone, su una superficie di circa 60 ha di pecceta artificiale, unitamente a piante esca.

Risultati

Nel corso dell'intera stagione, nel 2009, sono stati catturati oltre 1 milione di esemplari, con una media di circa 3500 esemplari per trappola e con punte di circa 16.000 esemplari in soli tre giorni per ogni singola trappola (Fig. 5).

Al di là di questi primi risultati indicativi, che tuttavia danno conferma dell'efficacia del metodo del «mass-trapping» contro questa specie xilofaga, la sperimentazione è ancora in corso ed è programmata per altri due anni. Non sono pertanto ancora disponibili risultati definitivi basati sull'elaborazione statistica dei dati al confronto con le aree non trattate.



Fig. 5

Cattura massale di adulti di *Ips typographus*

THAUMETOPOEA PROCESSIONEA LINNAEUS
(LEPIDOPTERA THAUMETOPOEIDAE)

Tra i lepidotteri ci sono specie ben note non solo per i danni diretti che queste sono capaci di apportare per la loro attitudine a defogliare molte essenze forestali interagendo con le produzioni agroforestali ma anche per la loro pericolosità sul piano della salute pubblica. A questo riguardo sono da menzionare quelle entità le cui larve sono dotate di peli urticanti in grado di causare seri danni alla salute degli animali a sangue caldo uomo incluso.

Questo tipo particolare di setole che funge sostanzialmente da meccanismo di difesa, annovera peli molto piccoli, lunghi circa 100 micron, provvisti di una punta a forma di arpione. Questi vengono prodotti in gran numero dal tegumento larvale dorsale dell'insetto e sono facilmente distaccabili e veicolabili nell'ambiente a opera delle correnti aeree cosicché, quando vengono a contatto della pelle o delle mucose di animali a sangue caldo, provocano «infiammazioni» anche gravi a motivo della loro azione fisica diretta di penetrazione e, soprattutto, a causa della reazione dei tessuti vivi all'inoculo di sostanze proteiche irritanti fuoriuscite dalla rottura delle predette punte «arpionate».

I peli «urticanti» sono dislocati sul tegumento dorsale delle larve di alcune delle predette specie di lepidotteri, a partire dalla terza età in poi, e sono contenuti in particolari placche dette «specchi» (mirrors) che vengono rigenerate dopo ogni muta. Il numero dei peli urticanti portati da questi «specchi» è massimo nell'ultima età larvale allorché

può raggiungere anche qualche milione di unità. La sintomatologia derivante dal contatto della pelle o delle mucose con questi peli urticanti varia da individuo a individuo ed è massima nelle persone a maggiore sensibilità; in ogni caso, le conseguenze più gravi si registrano a carico delle mucose interne e degli occhi.

Nelle aree infestate da questi lepidotteri si parla anche di «Animal Atmospheric Pollution» per indicare inquinamenti aerei di origine animale (LAMY, 1990; WERNO & LAMY, 1990).

La processionaria della quercia è legata alle querce caducifoglie (farnia, rovere, roverella e cerro) ed è appunto uno di questi temibili «lepidotteri urticanti». Recentemente questa specie ha defogliato vaste aree di querceti mesofili a dominanza di cerro nell'Italia centrale (Toscana). Ma le pullulazioni di questa processionaria causano spesso anche problemi igienici per le popolazioni rurali e per gli allevamenti animali (ROVERSI, 1997). È opportuno ricordare in proposito che anche i cambiamenti climatici che si stanno verificando negli ultimi anni, volti verso un generale riscaldamento delle aree temperate, portano come conseguenza a una continua espansione di queste specie di insetti verso areali più ampi e più freschi rispetto a quelli originari più termofili.

La processionaria della quercia, come altre specie similari, esibisce costumi larvali di tipo sub-sociale. Essa nel corso del suo sviluppo costruisce nidi sericei di cospicue dimensioni applicati sui tronchi delle piante colonizzate all'interno dei quali grandi quantità di peli urticanti possono permanere molto a lungo anche dopo la scomparsa fisica dell'insetto (Fig. 6).



Fig. 6
Un nido di processionaria della quercia con un altissimo numero di larve.

T. processionea è specie univoltina ampiamente distribuita nell'Europa centro-occidentale. Le sue larve sono attive in primavera ed estate ed esibiscono un costume gregario per tutto il tempo del loro sviluppo. A maturità si impupano dentro i nidi all'interno di involucri di consistenza cartacea. Negli ultimi tempi la sua diffusione ha interessato anche l'Olanda e il Regno Unito.

Allorché si verificano esplosioni epidemiche di questa specie, come accaduto alcuni anni fa in alcune cerrete della Toscana costiera, si pone la necessità e l'urgenza di controllare l'espansione di questo lepidottero anche per motivi di salute pubblica. A tal fine e sulla base di precedenti sperimentazioni effettuate in altri paesi europei e nel nord America, è stato sperimentato anche da noi l'uso di un bio-insetticida, il *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*, che è ampiamente noto per la sua efficacia, a basso impatto ambientale, contro le larve di molti lepidotteri defogliatori anche urticanti (MARTIN & BONNEAU, 2006; VAN FRANKENHUYZEN & PAYNE, 2000; ROVERSI, 2006).

Lotta biotecnica

Le prove sperimentali contro la processionaria della quercia a base di Btk effettuate in Toscana dal CRA-ABP vennero condotte nella primavera del 2004 e furono finanziate dalla Regione nell'ambito del Progetto META-Reg. C.E. 1257/99, PSR 2000-2006.

Il trattamento aereo venne effettuato il 28 aprile 2004 nella cerreta di Santa Luce (Pisa), in occasione di una forte infestazione verificatasi in quell'area, su una superficie collinare di

circa 1640 ha, fino ad un'altitudine di 593 m s.l.m. Il momento del trattamento fu scelto in coincidenza con l'apertura delle gemme fogliari delle querce quando le giovani larve del defogliatore erano ancora nelle prime due età non urticanti.

Il prodotto usato è stato la formulazione commerciale «FORAY 48B» a 12,7 BIU l⁻¹ della Valent Bio-Sciences Corp., Libertyville, IL, USA.

La superficie interessata al trattamento era stata suddivisa in tre parti, una di 578 ha (T1), trattata con 31,75 BIU/ha⁻¹ (2,5 lt/ha⁻¹), una di 306 ha (T2), trattata con 44,45 BIU/ha⁻¹ (3,5 lt/ha⁻¹) e una di 756 ha (T3), trattata con 57,15 BIU/ha⁻¹ (4,5 lt/ha⁻¹).

Il trattamento venne effettuato a mezzo di elicottero «Aérospatiale SA 315 Lama», della capacità di 500 lt, con 4 ugelli rotanti su barra di 12 m, con strisciata di spruzzo di 20 m, e con velocità di volo di circa 90 km/h⁻¹ (Fig. 7). I voli venivano registrati su GPS.

Risultati

Cinque giorni dopo il trattamento, la mortalità delle larve risultò minore del 40% nell'area testimone ma oltre il 60% nelle aree trattate. 30 giorni dopo, la mortalità larvale variava dal 75% fino al 96% nelle tre aree trattate. 60 giorni dopo, venne rilevata una forte caduta nel numero dei nidi in tutte le aree trattate.

Il dosaggio efficace e sufficiente per il controllo delle larve risultò essere il più basso, e cioè il Btk 31,75 BIU/ha⁻¹ (2,5 lt/ha⁻¹), distribuito a «ultra-low volume», al momento della schiusura delle gemme.



Fig. 7
Elicottero «Aérospatiale SA 315»
Lama usato per il trattamento

L'esperimento era stato pianificato in coincidenza dell'inizio previsto di una nuova «outbreak» e fu seguito da una valutazione, per la durata di un mese, dei suoi effetti anche su specie non target di lepidotteri. Questa seconda prova, realizzata mediante il controllo giornaliero di trappole poste sotto le chiome delle piante trattate, ebbe come risultato che il numero delle larve morte di altre specie risultò essere significativamente basso (ROVERSI *et al.*, 2006).

MATSUCOCCUS FEYTAUDI DUCASSE
(COCCOIDEA MARGARODIDAE)

È un fitomizo monofago su pino marittimo (*Pinus pinaster*) che può essere considerato un fitofago primario tale da avviare l'indebolimento delle piante colonizzate non tanto per la sottrazione di linfa elaborata quanto per le tossemie indotte dai composti presenti nella saliva immessa nei circuiti linfatici dell'ospite, vasi che vengono raggiunti grazie ai lunghi e sottili stiletti boccali di cui la cocciniglia è dotata.

La primarietà del margarodide nell'avvio dei fenomeni di deperimento del pino marittimo nel Sud-Est della Francia e nel versante Alto-Tirrenico di Liguria e Toscana è stata da tempo accertata, così come l'importanza del successivo attacco delle piante indebolite dal fitomizo ad opera di svariati insetti xilofagi indigeni che di norma inducono nei pini un declino irreversibile.

A partire dalla fine degli anni '50 l'introduzione accidentale di questo fitomizo, dall'area di indigenato del pino marittimo – Marocco, Spagna, Portogallo e Lande Francesi – (dove vive in condizioni di sostanziale equilibrio con i pini) fino alla Francia di sud-est, dette l'avvio ad uno sviluppo epidemico abnorme della cocciniglia che si rivelò assai distruttivo per il sinergico combinarsi di bassi valori di mortalità, dovuta ai fattori abiotici normalmente efficaci sulle coste atlantiche (ad es., l'elevata piovosità), e di esigui livelli di attività degli antagonisti naturali. Com'è noto, le pullulazioni di *M. feytaudi* nelle pinete di pino marittimo del Var e delle Alpi Marittime portarono nell'arco di due decenni alla distruzione di oltre 120.000 ha di bosco soprattutto nelle zone costiere più aride.

L'avanzata di *M. feytaudi* verso est raggiunse il nostro Paese agli inizi degli anni '70 interessando prima i territori della Liguria di ponente e poi espandendosi rapidamente nelle aree a ovest di Genova (1989) fino alle pinete di Sestri Levante (COVASSI & BINAZZI, 1992).

Nel 1999 un cospicuo nucleo di pini infestati e già deperienti venne scoperto per la prima volta in Toscana, nella Riserva Naturale di Montefalcone (PI), in prossimità di segherie. In questa regione la diffusione della cocciniglia risultò ancor più rapida tanto che nel 2004, a soli 5 anni di distanza dal primo rinvenimento, risultavano interessate anche le province di Massa Carrara, Lucca, Pistoia, Prato, Firenze, Siena e Grosseto. Attualmente *M. feytaudi* è presente in tutte e 10 le province toscane in pinete comprese nel territorio di circa 200 Comuni.

A livello epidemiologico, la colonizzazione dei pini da parte di *M. feytaudi* e la conseguente evoluzione del quadro sintomatologico si evolvono in 3 fasi successive: ad una fase iniziale di «infiltrazione», che corrisponde all'arrivo e all'insediamento delle neanidi mobili (durante la quale non si notano sintomi manifesti di danni ai pini) seguono una fase detta dei «focolai sparsi», caratterizzata dai primi arrossamenti delle chiome dal basso verso l'alto, e una fase finale detta di «generalizzazione» (osservabile dopo 3-5 anni dalla prima invasione del fitomizo) durante la quale si registrano disseccamenti e morie su larga scala (Fig. 8). In quest'ultima fase sono inevitabilmente coinvolti gli insetti indigeni xilofagi.

Le infestazioni della cocciniglia corticicola del pinastro e le conseguenti morie verificatesi, come già accennato, in progressione nella seconda metà del secolo scorso dalle pinete dalla Provenza fino quelle della Toscana, hanno portato all'attivazione di numerosi programmi di ricerca mirati, soprattutto nel corso dell'ultimo decennio, alla definizione e all'attuazione di tecniche avanzate di lotta biologica e integrata (ad es., il progetto EU-«PHOCUS», FAIR CT97 3440 – dal 1998 al 2002 – «New Ecological Pest Management of Pernicious Scale Insects in Mediterranean Forests and Groves») (RIOM & GERBINOT, 1977; BINAZZI & COVASSI, 1989; COVASSI & BINAZZI, 1992; BINAZZI *et al.*, 2000).

L'identificazione e la produzione, a partire dagli anni '90, del feromone sessuale di *M. feytaudi* in idonei quantitativi, ha permesso fino ad oggi non solo di attuare un effettivo monitoraggio del fitomizo nei nuovi habitat di introduzione ma anche di avviare ricerche volte al contenimento delle sue popolazioni basate sull'impiego di mezzi a basso impatto ambientale da poter utilizzare per la protezione di biocenosi di rilevanza naturalistica in sinergia con i tradizionali interventi selvicolturali.



Fig. 8

A sinistra: resinazione tipica della prima fase e, in parte, della seconda dei «focolai sparsi»; a destra: disseccamenti della fase di «generalizzazione».

Lotta biotecnica

Di seguito si espongono gli approcci metodologici utilizzati per il controllo di *M. feytaudi* nella fascia di protezione di pino marittimo dell' ex-Tenuta Presidenziale di San Rossore (Pisa) (320 ha contigui) e nelle altre fasce a pinastro situate all'interno dell'attuale Parco Regionale di Migliarino-San Rossore-Massaciuccoli.

Il *Matsucoccus* è stato reperito per la prima volta in quest'area nel 2004, in un punto di rilevamento (Tirrenia) facente parte della rete di monitoraggio estensivo del progetto META (Monitoraggio Estensivo dei boschi della Toscana). La successiva campagna di monitoraggio 2005 evidenziò l'ingresso della cocciniglia da sud e la presenza di importanti focolai nella parte meridionale dell'area protetta (Fig. 9).

A seguito dei primi risultati e delle previsioni da questi ottenute di un rapido diffondersi delle infestazioni con il conseguente prevedibile degrado delle formazioni a pinastro, nel 2005 è stato avviato dall'Ente Parco, sotto la responsabilità scientifica del CRA-ABP, un progetto di contenimento della

cocciniglia denominato «BIOCONTROL - Controllo di *Matsucoccus feytaudi* con mezzi biotecnici», finalizzato al controllo del fitomizio nel quinquennio 2006-2010, mediante l'utilizzo di mezzi a basso impatto ambientale escludendo l'utilizzo di biocidi di sintesi.

Obiettivo primario dell'intervento è stato quello di ritardare l'andamento delle morie innescate dall'insetto per consentire la graduale realizzazione di interventi selvicolturali atti a modificare struttura e composizione dei popolamenti puri e misti di marittimo al fine di favorire l'insediamento di una fascia boscata costiera «d'avvenire» costituita in parte da piante di pinastro più giovani e meno vulnerabili e in parte da soprassuoli misti di latifoglie (tendenzialmente più stabili).

Gli interventi biotecnici mirati a ritardare la diffusione del margarodide per l'attuazione degli interventi selvicolturali (in particolare di quelli volti alla sostituzione del pinastro) sono stati suddivisi in due azioni, a) posizionamento di trappole a feromone per la cattura massale

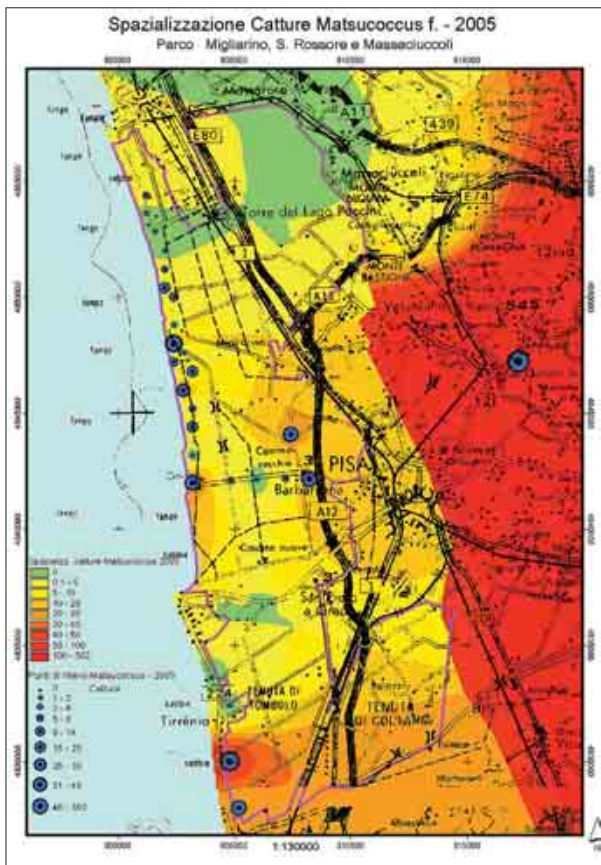


Fig. 9

Spazializzazione delle catture di *M. feytaudi* nel territorio del Parco di San Rossore e nelle aree limitrofe, effettuate nel 2005.

dei maschi alati e b) posizionamento di soli dispensers di kairomoni per potenziare l'attività predatoria degli antagonisti naturali indigeni.

Nel 2006, per l'attuazione del «mass trapping», sono state posizionate sull'intera superficie del Parco n. 1120 trappole adesive in polycarbonato, spalmate con colla adesiva applicata a pennello e innescate con dispensers attivati con 400 µg dell'analogo di sintesi del feromone sessuale. Le trappole sono state distanziate di circa 25 m l'una dall'altra e la posizione di ciascuna trappola è stata georeferenziata mediante GPS al fine di consentire la spazializzazione dei diversi livelli di cattura. Nel periodo compreso fra febbraio e aprile, trappole e attrattivi sono stati sostituiti 3 volte e dopo il ritiro del materiale si è provveduto al controllo di questo in laboratorio per stimare il numero di maschi catturati nei diversi settori del Parco. Da maggio a settembre dello stesso anno è stata realizzata la seconda fase del progetto che prevedeva il posizionamento di dispensers con il kairomone della cocciniglia, attivati sempre con 400 µg e disposti a distanza di circa 50 m l'uno dall'altro.

Agli interventi biotecnici e selvicolturali sono

stati affiancati in autunno esami diretti dei tronchi delle piante per stimare i livelli d'infestazione di *M. feytaudi* nelle aree soggette a controllo. Detti esami sono stati realizzati mediante il prelievo dai fusti, a un'altezza di circa 3 m, di porzioni di corteccia di cm 10 x 10 da esaminare poi allo stereo-microscopio per il conteggio delle cisti vitali della cocciniglia presenti sopra di esse.

A seguito dei risultati ottenuti nel primo anno i quali avevano evidenziato la presenza di nuclei di infestazione nella parte sud del Parco, nel 2007, al fine di permettere un più efficace controllo della cocciniglia, l'intervento biotecnico è stato concentrato nella ex Tenuta presidenziale di S. Rossore, a nord della foce dell'Arno. Inoltre, allo scopo di aumentare la superficie di cattura e nel contempo di evitare l'intrappolamento accidentale di piccoli vertebrati, nel 2007 si è provveduto alla sostituzione dei pannelli di polycarbonato con n. 1831 trappole dello stesso materiale ma avvolgenti i tronchi delle piante (Fig. 10). Su queste trappole è stato distribuito un velo di una colla appositamente preparata per uso entomologico in grado di trattenere solo gli artropodi più piccoli di dimensioni simili a quelle dei maschi di *Matsucoccus*.



Fig. 10

Trappola avvolgente posizionata sul tronco di un pino marittimo

Nel 2008, nel settore meridionale del Parco, sono state avviate anche le necessarie operazioni selvicolturali e gli interventi biotecnici sono stati concentrati sull'area di maggiore importanza, compresa nel perimetro dell'ex-Tenuta Presidenziale, nella quale gli interventi precedenti (2006-2007) avevano permesso di mantenere a più bassi livelli le popolazioni di *M. feytaudi*. Le trappole, sono state posizionate equidistanti seguendo uno schema di file parallele (Fig. 11) a copertura dell'intero popolamento di pino marittimo.

Nel corso di quest'ultimo anno in tutti i popolamenti di marittimo del Parco, compresi quelli della citata Tenuta oltre che della Macchia Lucchese e della Macchia Pisana, sono state posizionate n. 2350 trappole avvolgenti.

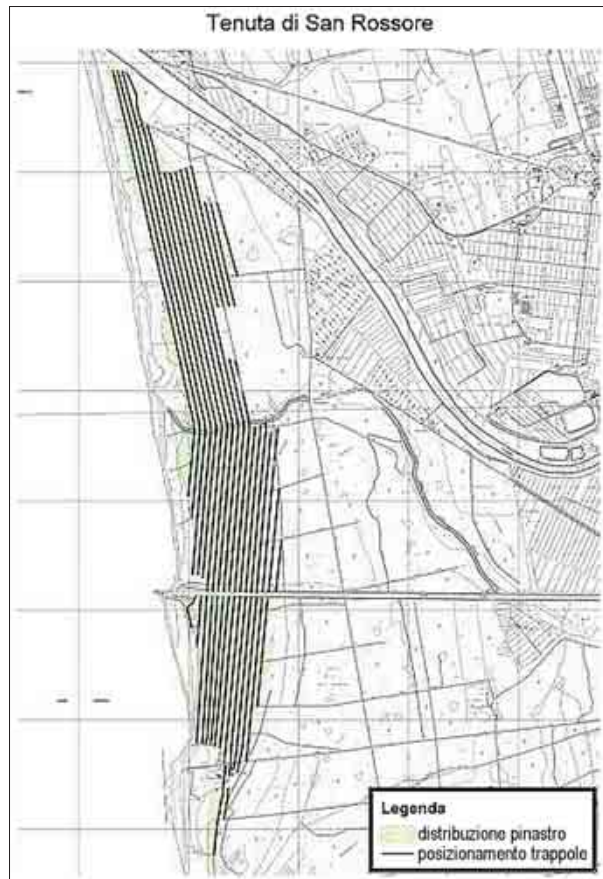


Fig. 11

Schema del posizionamento, nel 2008, delle trappole nella pineta di pino marittimo all'interno della Tenuta di San Rossore.

Risultati

I conteggi di laboratorio degli esemplari catturati e la spazializzazione dei dati (Fig. 12) hanno permesso di elaborare un quadro dettagliato dei livelli di presenza della cocciniglia nell'area indagata. Ciò è risultato di notevole utilità nell'individuazione dei focolai non ancora sintomatici nei quali, da parte dell'Amministrazione



Fig. 12

Spazializzazione dei dati di cattura dei maschi di *M. feytaudi* riferita alla Tenuta di San Rossore per gli anni 2008 (sopra) e 2009 (sotto).

ne del Parco, si è potuto provvedere con tempestività all'asportazione dei pini nella prima fase dell'infestazione e al trattamento con cippatura del materiale attaccato.

Dall'analisi della mappa costruita con i dati di cattura del 2008 è stato possibile definire con più precisione la distribuzione spaziale del fitomizo potendo individuare come aree di maggiore criticità quelle le cui trappole avevano catturato il più alto numero di maschi. Nel 2009 è stato così implementato il numero di trappole in dette aree in modo tale da garantire una maggiore superficie di cattura per ettaro di pineta. Da gennaio a marzo, sui 587 ha di pineta di pino marittimo, sono state collocate n. 2274 trappole a feromone, tutte georeferenziate.

In tal modo, anche in questo anno, la georeferenziazione dei dati di cattura ha permesso di creare delle mappe che sono risultate molto utili per lo studio della diffusione e della conseguente nuova distribuzione del fitomizo nei popolamenti di pinastro del parco.

In Tab. 1 vengono riportati i dati di cattura dei maschi della cocciniglia nelle tre aree di intervento: Tenuta di San Rossore, Macchia Lucchese e Macchia Pisana.

Tabella 1 – Catture di maschi di *M. feytaudi* nelle tre aree di intervento del Parco, dal 2007 al 2009.

TENUTA SAN ROSSORE	Totale catture	N. medio catture/trappola
2007	71.526	444,3
2008	10.153	6,8
2009	41.728	21,3
MACCHIA LUCCHESE	Totale catture	N. medio catture/trappola
2008	115	0,22
2009	407	1,80
MACCHIA PISANA	Totale catture	N. medio catture/trappola
2008	22	0,09
2009	29	0,31

Nella Tenuta di San Rossore si può osservare come l'intervento biotecnico del 2007 abbia consentito la cattura di un alto numero di individui alati della cocciniglia con conseguente riduzione della popolazione presente nell'area. Tale effetto è stato rilevato positivamente nell'anno seguente con un notevole calo delle catture dei maschi nelle trappole.

Nonostante che, nella stessa Tenuta di San Rossore, le 1961 trappole avvolgenti posizionate l'anno successivo, 2009, abbiano fatto regi-

strare un nuovo incremento delle catture rispetto al 2008, la popolazione della cocciniglia si è comunque stabilizzata a livelli più bassi in tutto il comprensorio. Questo dato assume notevole rilevanza se confrontato in particolare con gli aumenti di popolazione attesi, di tipo esponenziale, a partire dal 2006 in poi, anche per la Tenuta di S. Rossore in analogia con quanto osservato nella zona meridionale del parco (Tombolo di Tirrenia).

A tutt'oggi, dopo 4 anni di cattura massale (2006-2009), è possibile affermare che nella Tenuta di San Rossore questa biotecnica ha sortito gli effetti sperati mediante un apprezzabile contenimento delle popolazioni di *M. feytaudi*, rispetto alla naturale evoluzione epidemiologica di norma espressa da questa specie. Tutto ciò ha avuto come conseguenza il rallentamento delle fasi finali di degrado e di moria generalizzata delle piante di pino marittimo che canonicamente impiegano 3-5 anni per la loro conclusione a partire dal momento delle prime infiltrazioni.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Alla luce dei crescenti dissesti ambientali causati dall'uomo con le sue attività non sempre rispettose degli habitat naturali, la strategia del cosiddetto «controllo integrato» delle specie nocive basato sulla lotta biologica e sull'impiego dei più recenti mezzi biotecnici (o genetico-molecolari) ha aperto negli ultimi anni scenari consolanti e molto incoraggianti nella prospettiva di una migliore e più efficace salvaguardia degli ecosistemi.

Le esperienze di ambito forestale riportate in questa nota divulgativa ne sono un esempio e danno conferma che questa è la strada da seguire anche in futuro per poter contrastare, rispettando l'ambiente, sia i periodici «local outbreaks» delle specie indigene sia le possibili, future invasioni biologiche peraltro sempre più frequenti a carico di organismi esotici in seguito ai crescenti e inarrestabili «global trade» e «global change».

In tal modo la lotta integrata, soprattutto negli habitat forestali, intende prevenire o controllare le infestazioni degli insetti nocivi riconducendo le loro popolazioni al di sotto delle soglie di tolleranza con il minimo uso di prodotti chimici, con il massimo utilizzo delle nuove biotecnologie a basso impatto ambientale e con la incrementata (ad arte) complementarietà dei nemici naturali («antagonist aggregation»).

Per di più, la biodiversità e la difesa delle sue

funzioni si collocano a buon diritto come motivo trainante aggiunto di nuove tendenze gestionali che siano veramente sostenibili ed ecocompatibili.

RIASSUNTO

Nell'ambito della salvaguardia della biodiversità e dell'uso sostenibile delle risorse trovano collocazione le problematiche di una ben oculata e programmata difesa integrata degli habitat forestali. In tale ottica, l'uso delle biotecnologie in foresta si sta rivelando come uno dei migliori sistemi di controllo ecocompatibili non solo nei confronti di specie indigene ma anche verso i fitofagi di nuova introduzione.

Recenti sperimentazioni con mezzi biotecnici che hanno dato o stanno dando buoni risultati in Italia contro fitofagi forestali nocivi, hanno interessato negli ultimi anni in particolare tre specie di insetti: *Ips typographus* (L.), *Thaumetopoea processionea* L. e *Matsucoccus feytaudi* Ducasse.

La prima specie, a partire dal 2004, ha avviato pericolose pullulazioni in alcune peccete dell'Appennino pistoiese (Toscana settentrionale) minacciando seriamente la sopravvivenza del nucleo indigeno di picea della foresta di Campolino. Prove di «mass-trapping», effettuate dal CRA-ABP di Firenze, a mezzo di trappole «Tyson» e con il feromone di aggregazione, stanno dando ottimi risultati con catture elevatissime di adulti dello scolitide purché si rispettino i tempi utili del ciclo biologico e si curino l'oculata disposizione e la distribuzione delle trappole sul territorio soggetto a sperimentazione.

Per quanto concerne la processionaria della quercia, anch'essa ha dato il via di recente ad esplosioni massive in cerrete della Toscana costiera (Com. di Santa Luce, Prov. di Pisa). Una prova di controllo a mezzo di *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*, mediante trattamento aereo con elicottero ha dato buoni risultati ed è riuscita a contenere l'epidemia dell'insetto che fra l'altro ha un impatto preoccupante sul piano dell'igiene pubblica essendo specie le cui larve sono dotate di peli urticanti.

Infine, la cocciniglia corticicola del pino marittimo è nota per le sue devastazioni causate ai popolamenti di pinastro negli ultimi 40 anni, a partire dalla Provenza fino alla Toscana. Prove di lotta integrata a mezzo di trappole innescate con il feromone sessuale e con trappole «antagonist attracting» hanno dato ottimi risultati nella ex-Tenuta Presidenziale di San Rossore nell'abbassare i livelli di popolazione della cocciniglia al fine di proteggere la vegetazione retrostante la fascia costiera di marittimo.

BIBLIOGRAFIA

- BAKKE A., 1989 – *The recent Ips typographus outbreak in Norway. Experiences from a control program.* - Holarct. Ecol., 12: 515-519.
- BINAZZI A., COVASSI M., 1989 – *Il Matsucoccus feytaudi Ducasse nelle pinete liguri di Ponente.* - Atti del «Convegno sulle avversità del bosco e delle specie arboree da legno», Firenze 15-16 ottobre 1987: 197-222.
- BINAZZI A., FRANCARDI V., COVASSI M.V., PENNACCHIO F., LECCESE A., 2000 – *Invasioni biologiche e alterazioni degli equilibri biocenotici. Un caso eclatante: il Matsucoccus feytaudi Duc. nelle pinete di pinastro della Liguria*

- (Insecta Coccoidea Margarodidae).* - Atti II Congr. SISEF, 20-22 ottobre 1999, Bologna: 459-462.
- COVASSI M., BINAZZI A., 1992 – *Primi focolai di Matsucoccus feytaudi Ducasse nella Liguria orientale (Homoptera Margarodidae).* - Redia, 75 (2): 453-466.
- FACCOLI M., STERGULC F., 2006 a – *A practical method for predicting the short-time trend of bivoltine populations of Ips typographus (L.) (Col., Scolytidae).* - J. Appl. Entomol., 130: 61-66.
- FACCOLI M. & STERGULC F., 2006 b – *Can pheromone trapping predict Ips typographus outbreaks? An example from the Southern Alps.* In: Csóka Gy., Hirka A. and Koltay A. (eds.), 2006: Biotic damage in forests. Proceedings of the IUFRO (WP 7.03.10) Symposium held in Mátrafüred, Hungary, September 12-16, 2004: 32-40.
- LAMY, M., 1990 – *Contact dermatitis (erucism) produced by processionary caterpillars (genus Thaumetopoea).* - Journal of Applied Entomology, 110 (5): 425-437.
- MARTIN J.C., BONNEAU X., 2006 – *Bacillus thuringiensis, 30 ans de lutte contre les chenilles defoliatrices en foret.* - Phytoma, 590: 4-7.
- PAINE T.D., RAFFA K.F., HARRINTON T.C., 1997 – *Interactions among scolytid bark beetles, their associated fungi, and live host conifers.* - Annu. Rev. Entomol., 42: 179-206.
- RIOM J., GERBINOT B., 1977 – *Étude biologique et écologique de la cochenille du Pin maritime Matsucoccus feytaudi Ducasse, 1942 (Coccoidea, Margarodidae, Xyllococcinae) dans le sud-est de la France. I. Biologie générale et phénologie.* - Ann. Zool. Ecol. anim., 9: 11-50.
- ROVERSI P.F., 1997 – *Attacchi in aree urbanizzate di Lepidotteri defogliatori provvisti di peli urticanti.* - ISZA, Firenze, Nota Tecnica n. 3: 30 pp.
- ROVERSI P.F., 2006 – *Lepidotteri urticanti.* In: *Allergologia e Dermatologia Entomologiche. Identificazione dei principali artropodi causa di reazioni locali e sistemiche. Le terapie associate.* - Ed. Accademia Nazionale Italiana di Entomologia, Tipografia Coppini, Firenze: 83-91.
- ROVERSI P.F., 2008 – *Aerial Spraying of Bacillus thuringiensis var. kurstaki for the Control of Thaumetopoea processionea in Turkey Oak Woods.* - Phytoparasitica, 36 (2): 175-186.
- ROVERSI P.F., RUMINE P., BARZANTI G.P., 2006 – *Efficacia di trattamenti aerei con Bacillus thuringiensis var. kurstaki per il controllo della processionaria della quercia e impatto sulla lepidotterofauna.* - Atti Giornate Fitopatologiche, I: 211-216.
- VAN FRANKENHUYZEN K., 2000 – *Application of Bacillus thuringiensis in forestry.* In: Charles J.F., Delécluse A. and Nielsen LeRoux C. (Eds.) *Entomopathogenic Bacteria: From Laboratory to Field Application.* - Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, the Netherlands: 371-379.
- VAN FRANKENHUYZEN K., PAYNE N.J., 1993 – *Theoretical optimization of Bacillus thuringiensis Berliner for control of the eastern spruce budworm, Choristoneura fumiferana Clem. (Lepidoptera: Tortricidae): estimates of lethal and sublethal dose requirements, product potency, and effective droplet sizes.* - Canadian Entomologist, 125: 473-478.
- WERNER, J., LAMY, M., 1990 – *Pullulation atmosphérique d'origine animale: les poils urticants de la chenille processionnaire du pin (Thaumetopoea pityocampa Schiff.) (Insectes, Lépidoptères).* - Compte Rendus de l'Académie des Sciences, Series 3, Science de la Vie, 310 (8): 325-331.

NORME REDAZIONALI

I testi devono essere spediti a: Redazione Atti Accademia Entomologia (c/o Centro di Ricerca per l'Agrobiologia e la Pedologia, via Lanciola, 12/a - 50125 Firenze).

I lavori possono anche essere inviati per posta elettronica al coordinatore della Redazione:

roberto.nannelli@isza.it

I contenuti dei lavori sono di esclusiva responsabilità dell'Autore.

Il dattiloscritto sottoposto per la pubblicazione deve essere scritto a spazio doppio e solo da un lato del foglio, lasciando un margine di almeno 3 cm in ognuno dei quattro lati; il testo deve essere digitato sempre in minuscolo tondo (la maiuscola solo per i nomi propri e inizio periodo) e poi cambiato nello «stile» desiderato (MAIUSCOLO, MAIUSCOLETTO, *corsivo*, **neretto**, *corsivo neretto*), non deve contenere indicazioni di carattere redazionale e deve essere uniformato alle seguenti norme:

- Titolo, informativo ma conciso.
- Nome dell'Autore (o degli Autori).
- Istituto di appartenenza dell'Autore (o degli Autori) e indirizzo; e-mail dell'autore corrispondente.
- Titolo in inglese.
- Summary.
- Key words, in inglese, massimo cinque parole, che devono dare brevi informazioni integrative al titolo del lavoro.
- Testo del lavoro con ben indicato l'inizio e la fine di ogni capitolo; i rimandi bibliografici devono essere così indicati: (RAMARKERS, 1983) o RAMARKERS (1983); (RIOM e GERBINOT, 1977) oppure DEUBERT & RHODE (1971); (ROBERTSON *et al.*, 1989).
- Eventuali ringraziamenti.
- Riassunto in italiano.
- Bibliografia indicata come da esempio:

DALLAI R., 1975 – *Fine structure of the spermatheca of Apis mellifera*. - J. Insect Physiol., 21: 89-109.

WALLWORK J.A., 1967 – *Acari*. In: Soil Biology, Burgers A. & Raw F. Ed., Academic Press, London, New York, pp. 365-395.

HILL D.S., 1987 – *Agricultural insect pests of the tropics and their control*. Cambridge University Press, XII+746 pp.

NORDLUND D.A., JONES R.L., LEWIS W.J. (Eds.), 1981 – *Semiochemical: their role in Pest control*. Wiley, N.Y., 850 pp.

Le figure devono essere realizzate tenendo presente le dimensioni dello spazio massimo utile della pagina (formato pagina A4 - cm 21×29,7; spazio massimo utilizzabile cm 16,5×25,00) e dovrebbero essere di dimensioni tali da permettere una riduzione fino al 65%. Tavole e illustrazioni insieme con le relative didascalie devono essere indicate in cifre arabe (es. Fig. 1, Tav. I, ecc.); anche le tabelle devono portare il numero in cifre arabe (es: Tab. 1 ecc.). L'Autore può suggerire la riduzione o l'ingrandimento delle figure originali per portarle alle dimensioni già indicate. Le didascalie devono essere fornite in una pagina a parte, con preciso riferimento alla figura.

Manoscritto del testo definitivo – Il testo definitivo deve essere fornito sia in formato elettronico (MS Word) sia in formato cartaceo; è auspicabile anche l'invio del file salvato in formato PDF.

Per chi usa «Office 2007» si prega di salvare una versione del documento finale come «documento di Word 97-2003» e assicurarsi che abbia l'estensione «.doc».

Figure – In aggiunta alle figure originali gli Autori sono invitati a fornire versioni delle figure su supporto elettronico sia nel formato TIFF o EPS. Le figure dovrebbero essere «salvate in file separati» senza didascalie, da inserire nel testo alla fine dell'articolo. Per i grafici è preferito il formato EPS, le linee non dovrebbero essere più sottili di 0,25 pts e i retini avere una densità di almeno il 10%. Per le figure b/n sono ottimali risoluzioni di 600-1200 dpi, per le fotografie 300 dpi; più alte risoluzioni non migliorano la qualità, appesantiscono le dimensioni del file e possono creare problemi tipografici, basse risoluzioni possono compromettere la qualità.

Figure e fotografie possono essere fornite anche in formato JPG ma devono avere alta risoluzione o dimensione tale da essere ridotte e convertite in TIFF. Figure in JPG possono inserite nel documento Word solo nel testo che deve essere revisionato, mentre nella versione definitiva è preferito il formato TIFF o PDF. Se i files sono troppo pesanti per l'invio tramite e-mail, i files devono essere salvati su CD o DVD e inviati per posta alla Redazione, insieme ad una stampa di buona qualità.

