



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

XV.

EVOLUZIONE DEL PANORAMA ENTOMOLOGICO NEGLI ECOSISTEMI AGRARI E FORESTALI



Estratto da:
ATTI DELLA
ACCADEMIA NAZIONALE
ITALIANA DI ENTOMOLOGIA
Rendiconti Anno LV - 2007



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

XV.

EVOLUZIONE DEL PANORAMA ENTOMOLOGICO NEGLI ECOSISTEMI AGRARI E FORESTALI

Estratto da:
ATTI DELLA
ACCADEMIA NAZIONALE
ITALIANA DI ENTOMOLOGIA
Rendiconti Anno LV - 2007

© 2007 Accademia Nazionale Italiana di Entomologia
50125 Firenze - Via Lanciola 12/a

ISBN 10: 88-901589-8-0
ISBN 13: 978-88-901589-8-8

PRESENTAZIONE

Il Congresso Nazionale di Entomologia tenuto a Campobasso nel 2007 ha vivacemente reagito alla recente maniera di concepire il fenomeno della Biodiversità entomologica che ha improntato di sé soprattutto l'agricoltura moderna e le scienze forestali, ma anche molte altre discipline della biologia moderna. Una apposita Tavola Rotonda ha preso in considerazione la dinamica delle oscillazioni nel panorama entomologico, dovute alla influenza del clima, delle nuove tecniche culturali, della introduzione di specie esotiche, delle mutevoli spinte commerciali e così via. Una magistrale rassegna su questi argomenti, dovuta a tre capiscuola delle attuali più moderne istituzioni sperimentali operanti nel nostro Paese (Alessandra Arzone, Sebastiano Barbagallo e Piero Cravedi), ha aperto il lavoro del Convegno. Altri otto studi sono stati poi incentrati sul mais (Cravedi) e sulla entomologia forestale sia nelle componenti italiane (Andrea Battisti e Massimo Faccoli, dell'Università di Padova), sia in alcune componenti esotiche (Iris Bernardinelli, dell'Università di Udine). Altre aperture biologiche hanno riguardato le strategie di ricerca dell'ospite nei parassitoidi impiegati nel controllo biologico (Eric Conti, Università di Perugia e Stefano Colazza, Università di Palermo), le piante geneticamente modifi-

cate, e i loro rischi (Salvatore Arpaia, ENEA, Roma), il controllo degli Insetti dannosi mediante la incompatibilità citoplasmatica indotta dal Batterio Wolbachia pipientis (Maurizio Calvitti, ENEA, Roma; Romeo Bellini, Centro Agricoltura, Ambiente «Giorgio Nicoli», Bologna; Sandra Urbanelli, Università La Sapienza, Roma), infine esperimenti di Lotta integrata nelle Aziende Alimentari, per la ricerca di una difesa antiparassitaria 'globale' (Luciano Süß e Sara Savoldelli, Università di Milano).

La Tavola Rotonda ha anche accolto un bellissimo contributo di parassitologia veterinaria, teso allo studio di artropodi veicolanti patologie responsabili della morte di milioni di capi bovini l'anno in Etiopia. Diverse Università Italiane hanno collaborato all'indagine, fra queste Milano, Reggio Calabria, Campobasso (Johann Baumgärtner, Andrea Sciarretta, Pasquale Trematerra). Tale lettura completa efficacemente la dinamica del panorama entomologico che questa Tavola Rotonda ha voluto presentare all'uditorio, nel quadro amplissimo di Biodiversità cui si è voluto estendere la nostra considerazione.

BACCIO BACCETTI

Presidente dell'Accademia Italiana di Entomologia

INDICE

ARZONE A., BARBAGALLO S., CRAVEDI P. – <i>Aggiornamento del panorama entomologico in agroecosistemi</i>	Pag. 41
CRAVEDI P. – <i>Recenti problemi entomologici del mais</i>	» 45
BATTISTI A., FACCOLI M. – <i>Gli insetti forestali nel quadro del cambiamento climatico</i>	» 49
BERNARDINELLI I. – <i>Insetti di recente introduzione: due esempi in ambito forestale</i>	» 53
CONTI E., COLAZZA S. – <i>Strategie di ricerca dell'ospite nei parassitoidi e possibili impieghi in programmi di controllo biologico</i>	» 57
ARPAIA S. – <i>Le piante geneticamente modificate: la nuova frontiera del controllo eco-compatibile?</i>	» 61
CALVITTI M., BELLINI R., URBANELLI S. – <i>Strategie innovative di controllo degli insetti dannosi attraverso la incompatibilità citoplasmatica indotta dal batterio simbiote Wolbachia pipientis</i>	» 65
SÜSS S., SAVOLDELLI S. – <i>La lotta integrata nelle aziende alimentari: limiti e possibilità</i>	» 69
BAUMGÄRTNER J., TIKUBET G., GILIOLI G., GUTIERREZ A.P., SCJARRETTA A., TREMATERRA P. – <i>Implicazioni ecosociali nel miglioramento della salute del bestiame tramite la gestione di artropodi vettori di malattie in Etiopia</i>	» 73

AGGIORNAMENTO DEL PANORAMA ENTOMOLOGICO IN AGROECOSISTEMI

ALESSANDRA ARZONE (*) - SEBASTIANO BARBAGALLO (**) - PIERO CRAVEDI (***)

(*) *DiVaPRA - Entomologia e Zoologia applicate all'Ambiente «Carlo Vidano», Università di Torino, Via Leonardo da Vinci, 44, 10095 Grugliasco (TO).*

(**) *DISTEF - Dipartimento di Scienze e Tecnologie Fitosanitarie, Università degli Studi di Catania, Via S. Sofia, 100, 95123 Catania.*

(***) *Istituto di Entomologia e Patologia vegetale, Università Cattolica del Sacro Cuore, via Emilia Parmense 84, 29100 Piacenza.*

Sintesi della lettura tenuta nella Sessione «Entomologia agraria» al XXI Congresso Nazionale Italiano di Entomologia; Campobasso, 11-16 giugno 2007. Il testo integrale è stato pubblicato sul «Notiziario sulla Protezione delle Piante», Anno 2007.

Updates on the integrated control of insect pests in agricultural crops

The authors present a synthetic picture of the more recent advances in the field of insect pest control on the main crops cultivated in Italy. The reasons for the diffusion of eco-compatible control methods and the causes of their continuous adjustment are discussed. The main entomological problems of fruit crops, citrus, grapes, olives, arable and vegetable crops are examined.

KEY WORDS: crops, pests, eco-compatible cultivations.

L'esigenza di un costante aggiornamento del panorama entomologico nei nostri agroecosistemi appare necessaria e in continua trasformazione a seguito dei frequenti cambiamenti che caratterizzano l'agricoltura italiana. Questi sono riconducibili in primo luogo all'influenza dei fattori abiotici e biotici, fra cui non ultime le mutate condizioni climatiche, da più parti declamate, e l'incessante introduzione di dannose specie esotiche che sta assumendo nel nostro territorio un crescendo difficile da seguire.

Ma non meno rilevanti risultano in vari casi le conseguenze delle scelte operative suggerite, il più delle volte dietro spinte commerciali, dalla politica agricola che comportano drastiche variazioni delle tecniche colturali e quindi anche dei metodi di lotta applicabili. La tradizionale alternanza tra alcune coltivazioni, quale ad esempio quella classica tra mais e frumento, che ancora nel secondo dopoguerra era la norma per i terreni poco adatti a coltivazioni più esigenti, è stata soppiantata da colture diverse e mutevoli a seconda delle disposizioni che privilegiano di volta in volta soia, colza, girasole, in una continua rincorsa alle sovvenzioni di turno. Le rigide regole imposte in sede europea e le restrizioni nell'uso degli antiparassitari non lasciano in vari casi molta autonomia nella scelta di mezzi per la difesa fitosanitaria. Oggi l'azienda agricola è per lo più specializzata e offre il fianco a svariati inconvenienti, molti dei quali di ordine biologico, che coinvolgono direttamente o indirettamente i metodi di lotta. La frutticoltura soggiace all'impoverimento varietale con la coltivazione di poche cultivar che hanno soppiantato le vecchie varietà. La viticoltura segue a

ruota, con la perdita di vitigni autoctoni anche prestigiosi, a vantaggio di altri di maggior reddito, come è avvenuto con la cv «Chardonnay» la cui ampia utilizzazione ha favorito però la diffusione di fitoplasmi.

La lotta guidata e integrata per il contenimento di entità dannose ha messo in evidenza le sue inderogabili esigenze già dopo pochi lustri di applicazione pressoché esclusiva della lotta chimica con fitofarmaci di sintesi. Le sue prime concrete applicazioni nei principali agrosistemi italiani, segnatamente in quelli frutticoli, risalgono a circa un quarantennio addietro (PRINCIPI *et al.*, 1974). Questo fenomeno di trasformazione ha interessato, ovviamente, tutti i Paesi industrialmente più avanzati, nei quali si aveva avuto modo di evidenziare vari inconvenienti biologici, ecologici e tecnici che, più o meno manifestamente, risultano interconnessi ai procedimenti di lotta intensiva con i menzionati prodotti fitofarmaceutici.

L'affermazione dei metodi di lotta eco-compatibili contro gli agenti biotici dannosi alle colture ha trovato indubbio supporto nell'azione promozionale di organismi internazionali manifestamente interessati alla complessa problematica. Fra questi si richiamano l'Organizzazione Internazionale di Lotta Biologica (OILB/IOBC), che ha sviluppato a partire dagli anni '50 del secolo passato un'intensa attività di sviluppo in questo settore (BOLLER *et al.*, 2006), nonché l'Unione Europea. Quest'ultima, resasi sensibile verso tale importante problematica sociale e ambientale, ha promosso ed agevolato la cooperazione fra studiosi ed esperti dei vari paesi membri (CAVALLORO, 1982), emanando in seguito

specifiche normative di «produzione biologica» (cfr. Regolamento CEE 2092/91) e di «produzione agricola compatibile con le esigenze di protezione dell'ambiente e con la cura dello spazio naturale» (Reg. CEE 2078/92). Ciò viene reso operativo all'interno di un «quadro di sostegno comunitario per uno sviluppo rurale sostenibile» (Reg. CE 1257/99). A tali provvedimenti si interconnettono, a livello nazionale e regionale, i disciplinari per la produzione biologica e/o per quella integrata, da applicare a livello territoriale e aziendale.

Ultimamente, in ambito comunitario e quindi nazionale, viene attuata una profonda revisione della normativa connessa a produzione, commercializzazione e impiego degli agrofarmaci. Ciò allo scopo di promuovere l'utilizzo di quelli meglio rispondenti agli obiettivi di tutela ambientale e tossicologica, sopprimendo o limitando l'uso di altri che non offrono, in tal senso, le necessarie garanzie di sicurezza (MAZZINI & GALASSI, 2007a e 2007b).

LA SITUAZIONE NEI PRINCIPALI AGROSISTEMI

Vengono qui presi in considerazione alcuni agroecosistemi fra i più significativi del territorio italiano, nel tentativo di tracciare un quadro sintetico dei più importanti cambiamenti avvenuti in campo entomologico negli ultimi decenni facendo riferimento ove possibile alle cause che li hanno determinati.

Nei **frutteti** sono da considerare l'aumento medio delle temperature con inverni miti, la crescente importanza di insetti vettori di virus e fitoplasmi, le variazioni di comportamento di alcune specie fitofaghe e la loro maggiore espansione territoriale. La difesa antiparassitaria in frutticoltura ha compiuto enormi progressi negli ultimi decenni, ma ha dovuto anche adeguarsi a profonde variazioni sociali ed economiche. Recentemente vanno manifestandosi le conseguenze dell'applicazione delle normative europee sull'autorizzazione all'impiego dei nuovi prodotti fitosanitari e sulla revisione di quelli già in uso di cui si è fatto cenno. La gamma degli insetticidi disponibili sta cambiando rapidamente per cui è necessario un adeguamento delle strategie di difesa. In particolare difficoltà sono alcune colture quali susino, albicocco, ciliegio che hanno un peso economico rilevante, pur se limitate ad alcune zone e per le quali si ha un'esigua disponibilità di prodotti fitosanitari autorizzati. La gestione fitosanitaria dei frutteti è quindi molto influenzata da condizioni che spesso hanno scarsa attinenza con l'esigenza di rispettare equilibri naturali ed altri aspetti di stretta competenza entomologica. Alcune specie, come *Ceratitis capitata* (Wied.), per le favorevoli condizioni climatiche degli ultimi anni, risul-

tano sempre più frequentemente dannose anche nelle regioni settentrionali. Per lo stesso motivo sono aumentate le segnalazioni di infestazioni provocate da *Capnodis tenebrionis* (L.).

Una situazione preoccupante deriva dall'aumentata frequenza di inoculazione di agenti patogeni da parte di insetti. In questo contesto, particolarmente grave appare la trasmissione del fitoplasma degli scopazzi del melo ad opera di alcune psille [(*Cacopsylla melanoneura* (Först.) e *C. picta* (Först.)) e della cicalina *Fieberiella florii* (Stål)]. Altre psille [*Cacopsylla pyri* (L.), *C. pyricola* (Först.), *C. pyrisuga* (Först.)] sono vettrici del fitoplasma della moria del pero, mentre *C. pruni* (Scop.) trasmette il giallume delle drupacee. Su quest'ultime non meno temuta è anche la trasmissione del virus della Sharka ad opera di afidi.

Importanti appaiono le modificazioni etologiche e corologiche di altre specie, come ad esempio quelle di *Anarsia lineatella* (Zeller) le cui infestazioni a pesco e albicocco, un tempo limitate ad alcune aree frutticole, hanno attualmente assunto un'importanza primaria in tutte le zone di coltivazione delle due drupacee. Parimenti, *Cydia molesta* (Busck), notoriamente infeudata al pesco, infesta sempre più gravemente le Pomacee e viene annoverata, insieme con *C. pomonella* (L.), fra i fitofagi chiave di pero e melo. Tali variazioni di preferenze stanno imponendo, ovviamente, nuove strategie di difesa sulle rispettive specie fruttifere. Qualora si intenda ricorrere ai feromoni per la confusione o il disorientamento dei maschi è quindi necessario utilizzare erogatori per le diverse entità in causa, con un considerevole aumento dei costi.

Non meno dinamico si presenta il quadro fitosanitario relativo all'agrosistema **agrumeto**, dove le problematiche entomologiche già a partire dagli anni sessanta hanno visto una pressoché continua modificazione delle esigenze fitoiatriche che hanno focalizzato l'impegno dell'agricoltore. Ciò è stato conseguenza del flusso ininterrotto di fitofagi esotici introdotti nonché, in alcuni casi, dell'insorgenza di pullulazioni prima sconosciute di specie indigene. Fra i rischi di nuove indesiderate immissioni emerge quello relativo a *Toxoptera citricidus* (Kirk.). L'afide, già presente nella penisola iberica, è un temuto vettore del virus della Tristezza degli agrumi, della cui presenza in Italia si hanno ormai conclamati focolai in preoccupante espansione. Nel contesto della costante diffusione di alcuni di tali fitofagi, che sono a prevalente distribuzione intertropicale, pare possibile intravedere anche l'influenza favorevole delle più volte richiamate variazioni climatiche. Sta di fatto che tutto ciò destabilizza i metodi di difesa spesso messi a punto dopo anni di sforzi miranti alla loro gestione unitaria e rende di conseguenza più precari gli equilibri bio-

logici, sovente insidiati da interventi che in tali casi possono essere dettati dall'emergenza.

Nell'insieme, le problematiche della difesa entomologica negli agrumeti permangono comunque varie e differenziate da caso a caso. In linea generale risultano preminenti le esigenze di difesa contro diverse cocciniglie, fra le quali prevalgono di solito il cotonello comune, *Planococcus citri* (Risso), la cocciniglia mezzo grano di pepe, *Saissetia oleae* (Oliv.), la cocciniglia rossa, *Aonidiella aurantii* (Mask.) e altre ancora. La lotta contro le cocciniglie costituisce in molti casi il fulcro centrale che regola e condiziona gli altri interventi fitoiatrici che possono richiedersi nel corso dell'esercizio colturale. Appare evidente, quivi, l'importanza assunta dalle applicazioni di lotta integrata, in seno alla quale possono trovare ampio spazio i mezzi biologici, grazie all'efficace azione coccidifaga di vari entomofagi.

Fra la composita coorte di altri gruppi di fitofagi agrumicoli, si può ritenere in qualche modo ridimensionato l'ancora recente problema della minatrice serpentina (*Phyllocnistis citrella* Staint.), mentre permane sempre attivo, per quanto limitatamente ad alcune aree, quello della ceratite (*C. capitata*). Contro questo fitofago, anche a seguito delle note limitazioni all'uso di alcuni insetticidi tradizionali, ci si orienta sempre più verso l'impiego di esche attrattive, anche con nuove formulazioni applicative e con principi attivi ritenuti ecologicamente più idonei di altri utilizzati in precedenza.

Per la vite le due maggiori preoccupazioni emergenti riguardano la lotta contro *Scaphoideus titanus* Ball, vettore del fitoplasma della flavescenza dorata, e la connessione tra gli attacchi di *Lobesia botrana* (Den. & Schiff.) e lo sviluppo di micotossine.

La lotta contro lo scafoideo è regolata da un decreto di lotta obbligatoria secondo il quale, nelle varie zone interessate, vanno applicati 1-2 trattamenti insetticidi specifici. Il problema interessa gran parte dell'Italia settentrionale, ma recenti segnalazioni evidenziano rischi anche nelle regioni centrali e meridionali. Un problema affine e che richiede approfondimenti è quello dei vettori dell'agente causale del legno nero. Al momento l'unica specie ritenuta responsabile è il Cixiidae *Hyalesthes obsoletus* Sign., ma v'è da sospettare che anche altre specie di cicaline possano essere coinvolte. Non trascurabili risultano le infestazioni, soprattutto sulle uve da tavola, di alcune cocciniglie, quali i cotonelli, *Planococcus ficus* (Sign.) e *P. citri*, e del tisanottero *Frankliniella occidentalis* (Perg.).

La lotta contro le tignole conserva la sua preminenza nel contesto degli altri fitofagi, anche per il citato rischio di micotossine, il cui problema è particolarmente elevato nelle aree meridionali. Contro *L. botrana*, in particolare, è in aumento l'applica-

zione dei feromoni per l'inibizione degli accoppiamenti secondo i metodi della confusione e del disorientamento.

L'agrosistema **oliveto**, a differenza di altre colture arboree, si caratterizza per la sua ben maggiore stabilità biologica. Quivi, al di là di eventuali e talvolta localizzate esigenze di intervento contro qualche specie di cocciniglia – fra queste sono indubbiamente preminenti *S. oleae* e *Parlatoria oleae* (Colvée) – il problema fondamentale rimane tradizionalmente connesso alla difesa antiodacica. La prospettiva della inevitabile soppressione del dimetoato, benché ancora effettivamente consentito su questa coltura, orienta sempre più a prediligere l'utilizzazione di mezzi biotecnici (metodo attratticida) o comunque a basso impatto ambientale, quali le esche avvelenate, orientate oggi verso l'impiego di mezzi innovativi per quanto riguarda la componente attrattiva e il prodotto insetticida associato.

Quest'ultimi metodi riscuotono sempre più approvazione, anche in considerazione dell'affermarsi sui mercati della crescente richiesta di olio di oliva di qualità garantita, non soltanto per caratteristiche organolettiche, ma anche sotto il profilo igienico-sanitario, per cui viene preferito quello ottenuto con criteri culturali biologici.

Tra le **culture erbacee** si stanno verificando rapidissime variazioni della loro importanza economica e quindi dell'estensione delle coltivazioni. Si può citare la soia, pressoché scomparsa dagli avvicendamenti dopo un periodo di grande diffusione e il recente abbandono della barbabietola, coltura tradizionale per ampi comprensori della pianura padana. Il numero di specie coltivate si riduce sempre più a vantaggio di poche colture che tendono così a monopolizzare aree molto estese.

Il mais mantiene questo comportamento nell'Italia settentrionale, similmente a quanto avviene a livello mondiale. Su tale coltura sono emerse difficoltà legate alle infestazioni ad opera delle larve di *Ostrinia nubilalis* (Hüb.) e allo sviluppo di micotossine; ma un'altra grave preoccupazione deriva dalla introduzione di *Diabrotica virgifera virgifera* Leconte che, favorita dalla monosuccessione, potrebbe compromettere ordinamenti produttivi connessi all'allevamento del bestiame.

In linea di massima si può affermare che gli agroecosistemi a colture erbacee sono molto fragili e i loro equilibri biologici si basano in gran parte sugli avvicendamenti e sulla presenza di aree rifugio con vegetazione spontanea persistente. L'arricchimento della biodiversità costituisce un capitolo che merita quindi di essere approfondito.

Nell'ambito delle **orticole** le problematiche appaiono alquanto differenziate, sia in termini ambientali (colture in pieno campo, ovvero in ambiente protetto)

che per diversità di specie, anche laddove quest'ultime fossero assimilabili tra loro per gruppi di affinità botanica e di esigenze agronomiche. Non vi è dubbio che una loro caratteristica comune è rappresentata dagli elevati standard qualitativi richiesti ai loro prodotti e dall'esigenza di garantire il consumatore da qualsiasi rischio tossicologico in connessione con potenziali residui da fitofarmaci. Ne siano prova, a quest'ultimo riguardo, le garanzie volute dalle catene commerciali della grande distribuzione che richiedono limiti residuali spesso ampiamente al di sotto di quelli legalmente ammessi.

Nelle colture protette in particolare, dove i problemi fitosanitari sono spesso di rilevante incidenza, gli sforzi compiuti negli ultimi due-tre decenni hanno apportato un decisivo miglioramento delle applicazioni fitoiatriche. Queste hanno visto il progredire sia di mezzi biologici classici (soprattutto mediante l'impiego diretto di entomofagi), che di quelli colturali, nonché dei mezzi biotecnici di varia natura. Tutto ciò ha comportato una parallela riduzione nell'uso dei fitofarmaci convenzionali e soprattutto di quelli a più largo spettro d'azione, molti dei quali sono stati soppressi dall'impiego su tali colture.

Tra i nemici animali delle più comuni colture orticole in serra, quali solanacee (pomodoro, melanzana, peperone) e cucurbitacee (zucchino, cetriolo), mantengono rilevante importanza tripidi (*F. occidentalis*), aleirodi [*Trialeurodes vaporariorum* (West.)], *Bemisia tabaci* (Genn.), afidi [*Aphis gossypii* Glov., *Myzus persicae* (Sulz.) e altre specie], lepidotteri nottuidi [*Spodoptera littoralis* (Boisd.) e altre specie], ditteri fillominatori [*Liriomyza trifolii* (Burg.) e altre specie], acari [*Tetranychus urticae* (Koch)] e nematodi galligeni (*Meloidogyne* spp.). La lotta contro tali organismi rimane nell'insieme un problema complesso per il serricoltore; tuttavia, negli ultimi decenni sono stati acquisiti apprezzabili progressi nei metodi di lotta biologica e integrata nei confronti di insetti ed acari. Contro i nematodi, la soppressione dell'impiego del bromuro di metile ha comportato ultimamente qualche difficoltà, che tuttavia si tende rapidamente a superare con l'utilizzazione di mezzi alternativi ed ecologicamente meglio compatibili.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

I cambiamenti del quadro fitosanitario dei fruttiferi in senso lato, della vite e di altre colture arboree ed erbacee hanno comportato in alcune zone modifiche alle strategie di difesa integrata. La lotta contro gli insetti vettori deve infatti essere condotta al rilevamento della presenza e non del superamento di una soglia di densità di popolazione. Questo ha comportato in alcuni casi persino un incremento degli

interventi insetticidi da parte degli agricoltori. D'altra parte va rilevato che l'accresciuta richiesta di assenza di residui di agrofarmaci e l'aumento dei produttori biologici ha favorito l'uso dei feromoni come mezzo di lotta contro vari fitofagi, con un sostanziale miglioramento a favore delle strategie eco-compatibili.

Il panorama entomologico delle colture è in continua evoluzione. Molte cause di mutamento sono la conseguenza di scelte che riguardano il mondo agricolo nel suo complesso, altre sono dovute a cambiamenti climatici, emergenze tossicologiche, introduzioni di nuove specie, variazioni di comportamento di specie note da tempo.

La difesa antiparassitaria è dunque un settore che richiede impegno per recepire le problematiche emergenti ed essere in grado di fornire risposte adeguate all'agricoltura, settore produttivo a cui sempre più viene chiesto di tutelare l'ambiente e fornire produzioni di qualità. In sintesi, l'affermazione della lotta integrata con metodi più rispettosi in termini ambientali e tossicologici, benché intensamente curata nei decenni a noi più recenti, rimane comunque in continua evoluzione, anche per comprensibili necessità connesse al rapido mutare delle esigenze fitosanitarie e delle stesse tecniche colturali che interessano i diversi comparti agricoli.

RIASSUNTO

Viene riportata una sintetica disamina sulle più recenti modificazioni avvenute nel settore della difesa entomologica nelle colture di maggiore diffusione nel territorio italiano. Sono espone in apertura alcune considerazioni generali sulle ragioni che hanno favorito l'affermarsi dei metodi di lotta eco-compatibili e i motivi delle continue esigenze di adeguamento. Segue quindi un breve richiamo ai principali problemi entomologici degli agrosistemi frutteto, agrumeto, vigneto, oliveto, colture erbacee estensive e orticole.

BIBLIOGRAFIA

- BOLLER E.F., VAN LENTEREN J.C., DELUCCHI V. (EDS), 2006 – *International Organization for Biological Control of Noxious Animals and Plants (IOBC). History of the first 50 years (1956-2006)*. Ponsen & Looijen, Wagenigen, 257 pp.
- CAVALLORO R., 1982 – *Les actions de coordination de la recherche poursuivies par la Commission des Communautés Européennes dans le domaine de la protection intégrée des cultures*. Proc. 4th General Assembly of WPRS, Antibes (France), 12-15 Oct. 1981, IOBC/wprs Bull. 5 (3): 49-55.
- MAZZINI F., GALASSI T., 2007a – *Il processo di revisione ridimensiona gli insetticidi*. L'Informatore Agrario, 63 (6): 89-91.
- MAZZINI F., GALASSI T., 2007b – *Limitate ricadute sui disciplinari della revisione degli agrofarmaci*. L'Informatore Agrario, 63 (9): 69-70.
- PRINCIPI M.M., DOMENICHINI G., MARTELLI M., 1974 – *Lotta integrata e lotta guidata nei frutteti dell'Italia settentrionale*. Atti X Congr. Naz. It. Entom., Sassari 20-25 maggio 1977: 123-160 + 3 tavv. f.t.

RECENTI PROBLEMI ENTOMOLOGICI DEL MAIS

PIERO CRAVEDI (*)

(*) Istituto di Entomologia e Patologia vegetale, Università Cattolica del Sacro Cuore, via Emilia Parmense 84, 29100 Piacenza. E-mail: piero.cravedi@unicatt.it

Sintesi della lettura tenuta nella Sessione «Entomologia agraria» al XXI Congresso Nazionale Italiano di Entomologia; Campobasso, 11-16 giugno 2007.

New entomological problems of maize

Entomological problems in corn crops increased in the last few years. The European Corn Borer (*Ostrinia nubilalis*) attacks reducing yield and favouring mycotoxin producing fungi have increased the number of insecticide applications against the second generation larvae.

The introduction in Italy of the Western Corn Rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera*) lead farmers to the application of new control strategies.

KEY WORDS: mycotoxin, Nottuidi, *Ostrinia nubilalis*, *Diabrotica virgifera*, new control strategies.

Il mais è stato introdotto in Spagna da Cristoforo Colombo fin dal suo primo rientro dal Nuovo Mondo nel 1493. Da allora si è diffuso nei vari continenti diventando progressivamente una delle colture più importanti a livello mondiale anche grazie alla limitata incidenza delle sue avversità.

Limitando l'attenzione all'Italia si rileva che alcuni Lepidotteri emergono per importanza. *Ostrinia nubilalis* (Hübner), caratterizzata da un'elevata polifagia, ha trovato nel mais un ospite gradito, particolarmente negli ambienti dell'Italia settentrionale. Al sud si comportano come vicarianti due nottuidi del genere *Sesamia*.

La diffusione della semina di precisione che ha accompagnato l'introduzione dei mais ibridi ha comportato un aumento dei danni provocati dagli insetti del terreno, sicché la geodisinfestazione con prodotti granulari e la concia delle sementi sono diventate pratiche largamente adottate.

I LEPIDOTTERI NOTTUIDI

Poiché la lotta sulla coltura in atto è tanto più efficace quanto più è tempestiva, è necessario rilevare precocemente l'infestazione e la sua gravità. Le nottue più frequenti sono *Agrotis ipsilon* (Hufnagel), specie migrante, e *Agrotis segetum* (Denis & Schiffermüller). Entrambe, pur avendo biologia differente, danno origine ad attacchi gravi che si manifestano improvvisamente se non è stato attivato un sistema di monitoraggio. Appezzamenti limitrofi possono subire attacchi di consistenza diversa (REGUZZI, 2007).

Le trappole a feromone sono disponibili da tempo, ma il loro uso è ancora piuttosto limitato. Per il comportamento migratorio di alcune specie, quali *A. ipsilon*, e per la loro elevata polifagia risulta importante estendere la rete di rilevamento su scala comprensoriale per valutare il rischio di infestazione delle varie colture in base all'andamento climatico e alle condizioni di temperatura e di umidità del terreno.

LA PIRALIDE

Tralasciando le problematiche di coltivazioni particolarmente sensibili anche agli attacchi di afidi, tisanotteri e acari quali sono quelle del mais da seme e del mais dolce, si rileva che è *O. nubilalis* la specie che determina i danni maggiori.

I danni alla spiga, in particolare le erosioni alla granello, sono molto evidenti e tendono a richiamare l'attenzione sulla seconda generazione. Le gallerie nello stocco provocate dalle larve della prima generazione hanno tuttavia effetto sulla produttività della pianta difficilmente quantificabile, ma certamente rilevante. Una possibilità per ridurre i danni in questa fase è rappresentata dalla resistenza genetica del mais basata su un fenomeno di antibiosi. Purtroppo il carattere da cui deriva l'alta produzione di DIMBOA che conferisce resistenza agli attacchi delle larve è presente in linee di mais che non sono apprezzate per la produzione di ibridi, sicché nella pratica questa forma di resistenza non viene valorizzata.

Va anche ricordato che a livello mondiale si sta dif-

fondendo il ricorso a mais geneticamente modificato che produce la tossina del *Bacillus thuringiensis* (LOZZIA & RIGAMONTI, 2005). La discussione sugli OGM è piuttosto accesa e coinvolge considerazioni sulla salute dei consumatori, sull'economia e sulla legislazione. Da qualche anno i trattamenti contro la seconda generazione stanno diventando frequenti, almeno nelle zone di maggiore intensità di coltivazione. Le attrezzature meccaniche per la distribuzione degli insetticidi su piante già molto sviluppate in altezza sono piuttosto costose, ma negli ultimi anni si constata un loro progressivo aumento. Due importanti nuove problematiche hanno accentuato l'esigenza di un trattamento insetticida: l'accertata correlazione tra gli attacchi di piralide e lo sviluppo di funghi che producono micotossine e l'introduzione nell'Italia settentrionale del Coleottero Crisomelide *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte.

I funghi micotossinogeni sono *Fusarium graminearum*, produttore di deossivalenolo (DON) e zearalenone (ZEA), *F. verticillioides* produttore di fumonisine (FB) e *Aspergillus flavus* responsabile delle aflatossine. Le condizioni che implicano lo sviluppo dei funghi e la produzione di micotossine sono molteplici. L'andamento meteorologico, tecniche colturali e la difesa antiparassitaria hanno certamente grande importanza (BATTILANI *et al.*, 2005; MAZZONI & BATTILANI, 2007).

In prove di infezione artificiale è stato rilevato un incremento del 48% di aflatossine nei casi in cui la piralide era presente rispetto a quelli in cui vi era stata assenza dell'insetto.

La legislazione fissa severi limiti di micotossine nei prodotti in base alle loro destinazioni. La necessità di ridurre la dannosità diretta e indiretta delle larve della seconda generazione di piralide rappresenta dunque un problema attualmente molto sentito. Si è quindi riproposta la difficoltà del monitoraggio di *O. nubilalis*. Le trappole luminose sono usate, sia pur in misura limitata, ma presentano gravi difficoltà logistiche e sono prive di selettività.

Sono disponibili trappole a feromone per la cattura dei maschi e, mediante l'uso combinato con un attrattivo alimentare (fenil-acetaldeide), anche delle femmine.

Il loro impiego è semplice ma per una serie di fattori quali la miscela feromonica usata e la forma delle trappole forniscono risultati di modesta utilità pratica. Le esperienze direttamente condotte nel monitoraggio di *O. nubilalis* portano a concludere che il metodo più affidabile per valutare il momento idoneo per effettuare il trattamento insetticida consista nel conteggio delle ovature (MAZZONI & BATTILANI, 2007). L'operazione richiede tempo ma consente di ottenere informazioni utili nell'ambito di un comprensorio omogeneo.

DIABROTICA

La seconda emergenza che ha interessato il mais negli ultimi anni è stata l'introduzione di *D. virgifera virgifera* (CAMPRANG & BACA, 1995; BORIANI *et al.*, 2002). Gli adulti di questo Crisomelide sono polifagi. Si nutrono di foglie, fiori e polline del mais e di altre piante quali varie leguminose. Gli adulti possono erodere le sete prima dell'impollinazione o le cariossidi a maturazione latte (CHIANG, 1973). Nella realtà italiana l'importanza dei danni provocati dagli adulti è fino ad ora apparsa praticamente trascurabile. Diabrotica raggiunge densità elevate negli appezzamenti in cui si pratica la monosuccessione del mais. Il ricorso alla rotazione rappresenta la soluzione più efficace e un miglioramento dal punto di vista ambientale. Nelle zone a maggiore intensità colturale come in certe aree della Pianura Padana l'ordinamento produttivo delle aziende si è prevalentemente dedicato all'allevamento del bestiame basato sulla monosuccessione del mais. La stretta dipendenza delle due attività comporta l'esigenza di mantenere elevata la produzione aziendale di mais.

Diabrotica è un insetto da quarantena che sta molto preoccupando i vari Paesi europei. La normativa in vigore assegna ai Servizi Fitopatologici regionali il compito di fissare le strategie di lotta obbligatoria. Nell'ambito di queste disposizioni, quando la densità è ancora bassa, in alternativa alla rotazione viene imposto un trattamento insetticida contro gli adulti. Sovente questo intervento viene programmato in modo da risultare efficace anche contro la piralide (MAZZONI *et al.*, 2005). La dannosità di diabrotica è però prevalentemente connessa all'attività delle larve che attaccano le radici del mais nella prima fase di sviluppo.

Vengono interessate sia le radici primarie sia quelle avventizie con riduzione della produttività. L'allettamento della pianta è la manifestazione più evidente e anche la causa maggiore di perdita di produzione.

La comparsa di Diabrotica in Italia ha comportato varie sperimentazioni sulle strategie di difesa e sui mezzi utilizzabili (MAZZONI *et al.*, 2006).

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il mais, coltura di enorme interesse mondiale per un'ampia gamma di possibilità di utilizzo, dall'alimentazione umana alla produzione di energia, ha subito un incremento dei problemi fitosanitari a seguito dell'intensificazione della sua coltivazione e per le conseguenze dell'introduzione in Europa di una nuova specie dannosa. La destinazione all'alimentazione umana ha subito variazioni. Oltre alla farina si possono ottenere alcool, dolcificanti, amido

e olio. Per poco meno dell'80% il mais è utilizzato come foraggio e quindi serve sempre per produrre alimenti.

Controversa è l'opportunità o meno di coltivare mais per produrre energia.

Le elevate esigenze di produttività e di qualità determinano un aumento degli interventi insetticidi sia contro insetti del terreno sia su piante in vegetazione. L'elevata superficie destinata a questa coltura in varie zone richiama l'attenzione sullo studio di strategie di produzione integrata adeguate alle diverse destinazioni della produzione.

RIASSUNTO

La coltura del mais è stata interessata negli ultimi anni da un incremento di problematiche entomologiche. L'influenza che gli attacchi di *Ostrinia nubilalis* (Hb.) hanno sia sulla diminuzione di produzione sia sullo sviluppo di funghi che producono micotossine ha determinato una maggior frequenza di interventi insetticidi contro la seconda generazione.

L'introduzione in Italia del Coleottero Crisomelide *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte ha comportato l'introduzione di strategie di lotta contro gli adulti e contro le larve.

BIBLIOGRAFIA

BATTILANI P., PIVA G., PIETRI A., 2005 – *Micotossine, «dal campo alla tavola»*. L'informatore agrario, 61 (12), suppl. 1: 7-11.

BORIANI M., BETTONI D., NOTARANGELO N., 2002 – *Primi danni da diabrotica su mais in Italia*. L'Informatore Agrario, 31: 61-62.

CAMPAG D., BACA F., 1995 – *Diabrotica virgifera (Coleoptera: Chrysomelidae): a new pest of maize in Yugoslavia*. Pestic. Sci., 45: 291-292.

CHIANG H.C., 1973 – *Bionomics of Northern and Western Corn Rootworms*. Annual Review of Entomology, 18: 47-72.

LOZZIA G.C., RIGAMONTI I.E., 2005 – *Possibilità di impiego del mais Bt in Italia*. Informatore fitopatologico, 55 (3): 11-15.

LYNCH R.E., 1980 – *European Corn Borer: yield losses in relation to hybrid and stage of corn development*. J. Econ. Entomol., 73: 159-164.

MAZZONI E., CERUTI E., CRAVEDI P., 2005 – *Esperienze di controllo e monitoraggio della diabrotica del mais in Lombardia*. In «Atti del XX Congresso nazionale italiano di entomologia», Perugia-Assisi 13-18 giugno 2005, p. 245.

MAZZONI E., CRAVEDI P., SAPORITI M., FERRARI G., 2006 – *Contributo della lotta agli adulti nelle strategie di controllo di Diabrotica virgifera virgifera*. In «Atti delle Giornate Fitopatologiche» Riccione (RN), 27-29 marzo 2006, pp. 167-172.

MAZZONI E., BATTILANI P., 2007 – *La piralide favorisce i funghi che producono micotossine*. L'Informatore agrario 63 (8): 51-54.

REGUZZI M.C., 2007 – *Lotta chimica mirata contro i nottuidi del mais*. L'Informatore agrario 63 (8): 46-49.

GLI INSETTI FORESTALI NEL QUADRO DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO

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 nella Sessione «Entomologia forestale» al XXI Congresso Nazionale Italiano di Entomologia, Campobasso 11-16 giugno 2007.

Forest insects and climatic change

Climate change has been considered to be responsible of the increase of outbreaks of forest insects, as they respond directly and quickly to the temperature increase through a speed up of the development cycle, a higher reproductive output, and a fast physiological adaptation to the new conditions. Indirect effects of climate change have also to be considered, such as those mediated by plants, natural enemies, competitors, and mutualists. It appears very important to identify the mechanisms behind the responses of the insects to climate change, through specific projects including the host plant, the herbivore, and its natural enemies. The case of the pine processionary moth *Traumatocampa pityocampa* (Lepidoptera, Notodontidae) is presented here. In this species, a range expansion has been recently observed and explained by the increase of the winter temperature allowing a higher survival of the larval colonies. In addition, the exceptionally warm nights of the summer 2003 have allowed gravid females the possibility to fly longer than usual, and colonise new areas and host plants, such as the mountain pine. In the expansion area the natural enemies are not as effective as they are in the core areas, and this has determined a fast growth of the populations and extensive damage to the forests. Other insects that probably respond to climate change, even if specific models are not available yet, are the larch bud moth and hardwood defoliators, as well as several bark beetles species that are directly or indirectly affected by the climatic variations.

KEY WORDS: forest insects, climate change, range expansion, pine processionary moth.

PREMESSA

A partire dalla fine degli anni '80 è emerso con sempre maggiore evidenza che il cambiamento climatico si sarebbe ripercosso ben presto sui fattori biotici di disturbo degli ecosistemi forestali (AYRES e LOMBARDO, 2000). Tale previsione si è basata su due punti principali: (1) le foreste sono sottoposte a forti quanto episodici eventi parassitari, anche in assenza di particolari modificazioni climatiche, e (2) gli insetti possono rispondere in modo diretto e veloce ai cambiamenti climatici grazie ai rapidi cicli di sviluppo, all'alto potenziale riproduttivo, alla elevata capacità di adattamento fisiologico alle mutate condizioni ambientali (CROZIER e DWYER, 2006). Tra le risposte più probabili a livello di ecosistema vi sono: l'effetto diretto della temperatura sugli insetti; gli effetti indiretti della temperatura e dell'aumento di CO₂ sui meccanismi di difesa delle piante e sui fenomeni di crescita compensativa in seguito a un attacco (HUNTER, 2001); le conseguenti modifiche nelle interazioni tra gli insetti fitofagi e i loro competitori, limitatori e mutualisti. Sono già state raccolte numerose prove del fatto che gli insetti possono modificare il loro areale in relazione alle variazioni della temperatura, con conseguenze in alcuni casi gravi per l'estensione di attacchi parassitari a nuove zone;

tuttavia non sono stati finora posti in sufficiente evidenza i possibili effetti positivi del cambiamento climatico, che potrebbero consistere nella riduzione dell'aggressività di alcune specie in relazione alla maggiore resistenza acquisita dalle piante ospiti o a una maggiore efficacia degli antagonisti. Trattandosi di sistemi complessi, le previsioni sono di difficile attuazione soprattutto quando mancano dei modelli biologici che possano descrivere le risposte degli organismi alle mutate condizioni. L'auspicio quindi consiste nell'individuare i meccanismi che stanno alla base delle risposte degli insetti al cambiamento globale, attraverso progetti specifici che comprendano le interazioni con il clima, le piante ospiti e gli antagonisti. I risultati di tali modelli potrebbero assumere una notevole importanza per l'adozione di misure volte ad anticipare gli effetti del cambiamento climatico o a mitigarne le conseguenze. Si espongono di seguito i risultati di uno studio volto a identificare le relazioni tra un insetto forestale, la processionaria del pino *Traumatocampa pityocampa* (Denis & Schiffermüller) (Lepidoptera, Notodontidae), e il cambiamento globale considerato in alcune delle sue varie componenti. La processionaria del pino si prospetta come un modello ideale per verificare l'insorgere di modificazioni nella rete dei rapporti di un organismo animale con l'ambiente fisico e con le biocenosi in

conseguenza delle variazioni climatiche (BATTISTI *et al.*, 2005). Vengono infine presentati alcuni esempi relativi ad altre specie di insetti forestali per i quali si attendono cambiamenti analoghi.

TEMPERATURA ED ESPANSIONE DELL'AREALE

L'attività di alimentazione invernale della processionaria del pino rende questo insetto particolarmente adatto a rilevare gli effetti dell'aumento della temperatura sulla sopravvivenza e quindi sulla conquista di nuove aree. Negli ultimi decenni la processionaria ha colonizzato zone a latitudine e altitudine elevata per le quali non erano disponibili dati certi di presenza in epoca storica, come ad esempio la Francia centro-settentrionale (avanzamento verso nord di 87 km tra il 1972 e il 2004) e alcune vallate alpine (spostamento di 110-230 m in altitudine in Valle Venosta, Bolzano). Una serie di esperimenti di traslocazione lungo gradienti termici ha consentito di elaborare un modello meccanicistico basato sulla combinazione di valori minimi di temperatura diurna e notturna in grado di consentire l'alimentazione, correlando nello stesso tempo quest'ultima alla sopravvivenza delle colonie. È stata posta in particolare evidenza l'importanza del nido nel captare la radiazione solare ai fini di ottimizzare la digestione. Il modello è stato in seguito esteso a vari siti e piante ospiti e nel complesso ha spiegato l'82% della varianza nella sopravvivenza delle colonie (BUFFO *et al.*, 2007).

EVENTI ESTREMI, ESPANSIONE DELL'AREALE E NUOVI OSPITI

Le anomalie climatiche sono eventi relativamente frequenti e di solito determinano disturbi temporanei, come ad esempio colonizzazioni di nuove aree alle quali segue inevitabilmente l'estinzione per il ristabilirsi delle condizioni originarie. Tuttavia, la calda estate del 2003 ha determinato una modifica dell'areale della processionaria del pino che, in ragione del simultaneo aumento della temperatura invernale, presenta tutte le caratteristiche per diventare definitivo (BATTISTI *et al.*, 2006). Grazie all'individuazione di una soglia di temperatura per l'attività di volo delle femmine adulte (14°C), si è potuto determinare il numero di ore di volo possibili ai limiti superiori dell'areale in vari siti dell'arco alpino, rilevando che nel 2003 vi è stato un aumento di cinque volte rispetto agli anni precedenti. Ciò ha corrisposto a una significativa espansione verso l'alto delle colonie, misurata nell'inverno successivo, e all'occupazione definitiva dei nuovi siti grazie alla sopravvivenza delle stesse, permessa dai recenti inverni miti. Nel pro-

cesso di espansione le colonie sono venute in contatto con un nuovo ospite, il pino mugo, che ha dimostrato di essere idoneo allo sviluppo della processionaria (STASTNY *et al.*, 2006). Esso è risultato essere accettato dalle femmine adulte durante l'ovideposizione, soprattutto per le popolazioni delle zone di espansione. La performance larvale sul nuovo ospite non differisce da quella osservata su ospiti tradizionali quali il pino nero e il pino silvestre. Ciò conferma la potenziale oligofagia della processionaria e l'elevata capacità di adattamento alle nuove condizioni, tipica di una specie colonizzatrice.

RISPOSTE DEGLI ANTAGONISTI NATURALI

Nelle aree di espansione è emersa una sostanziale mancanza dei numerosi fattori di limitazione naturale presenti nelle zone di occupazione tradizionale, e ciò ha determinato una rapida crescita degli effettivi e gravi danni ai boschi colpiti. Nell'area di nuovo attacco della Val Venosta è stato studiato l'andamento del parassitismo delle uova a partire dall'avvio dell'infestazione nel 1998. I parassitoidi oofagi sono risultati essere presenti fin dalle prime fasi dell'attacco, ma con densità estremamente basse. In particolare una specie normalmente legata al lepidottero (*Ooencyrtus pityocampae* (Mercet), Hymenoptera Encyrtidae) è stata rinvenuta in pochi esemplari nel 1999 e poi non è stata più ritrovata. Un'altra specie caratteristica (*Baryscapus servadeii* (Domenichini), Hymenoptera Eulophidae) ha presentato invece una risposta funzionale densità-dipendente caratterizzata tuttavia da un forte ritardo, in quanto sono stati rilevati valori importanti di parassitismo solo 5 anni dopo l'avvio dell'attacco, nonostante una presenza pressoché costante di ovature nel tempo. L'allevamento ripetuto di larve e crisalidi della stessa popolazione non ha consentito finora di verificare la presenza dei numerosi parassitoidi specifici di tali stadi di sviluppo, lasciando presumere che le popolazioni in espansione beneficino di un lungo periodo in cui non risentono della limitazione biologica imposta dagli antagonisti naturali.

PERCEZIONE DEL PROBLEMA IN ALTRI SISTEMI

Tra i fenomeni meglio indagati vi è il modificarsi dello sviluppo della tortrice grigia del larice *Zeiraphera diniana* (Guenée) (Lepidoptera Tortricidae) in seguito a inverni più miti del solito, che hanno comportato lo sfasamento del secolare ritmo di defogliazione nelle Alpi centrali. Meno facilmente individuabili sono i fattori dell'inattesa frequenza con cui negli ultimi tempi si ripetono su vaste estensioni le pul-

lulazioni di vari lepidotteri devastatori delle chiome di latifoglie. Mancano dimostrazioni di un eventuale rapporto causa-effetto tra le variazioni termiche e la crescita demografica all'interno dell'areale tradizionale o nelle nuove aree di espansione. Analoghe considerazioni possono essere estese anche ad altri gruppi di insetti forestali, che approfittano dello stato di progressivo indebolimento sofferto dalle piante per il ripresentarsi di estati sempre più calde e siccitose, seguite da inverni miti e non meno asciutti. L'innalzamento delle temperature medie determina dunque una duplice azione, avvantaggiando da un lato organismi eterotermi, quali gli insetti, e aumentando dall'altro la vulnerabilità dei soprassuoli forestali agli attacchi dei parassiti. Esempi di tali scompensi sono facilmente osservabili lungo tutto il territorio nazionale; gravi attacchi di coleotteri scolitidi sono stati infatti recentemente registrati in pinete siciliane e calabre, sia di pino d'Aleppo che laricio, in formazioni litoranee di pino marittimo e domestico dell'Italia tosco-laziale, in numerosi abieteti appenninici, in quercu-carpineti della pianura padana occidentale e infine in svariate pinete e peccete delle Alpi centro-orientali. Il problema delle intense pullulazioni, che negli ultimi anni stanno colpendo molti soprassuoli arborei, presenta risvolti sempre meno di natura economica e sempre più di natura sociale. L'interesse un tempo economico per le attività selvicolturali è infatti oggi frequentemente sostituito da nuove priorità. Oltre ai noti e già ricordati aspetti di natura sanitaria e di sicurezza pubblica, legati alla diffusione di specie urticanti o alla moria di specie arboree in ambiente urbano, emergono esigenze di protezione dei popolamenti forestali dettate ad esempio da fini estetico-paesaggistici o ricreativi, come nel caso delle estese infestazioni di lepidotteri defogliatori che nelle ultime primavere hanno modificato l'aspetto di ampi versanti, creando allarme nell'opinione pubblica, o dagli intensi attacchi di scolitidi che stanno facendo scomparire le pinete litoranee di numerose località turistiche delle coste adriatiche e tirreniche. Nel quadro biocenotico non sono inoltre da trascurare le conseguenze dell'aumentata disponibilità di prede animali a favore non solo di invertebrati entomofagi, ma anche 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

Si ringraziano tutti i collaboratori coinvolti nel progetto «Processionaria del pino - cambiamento climatico» e la Regione Veneto, Servizi Fitosanitari, per il finanziamento nell'ambito del progetto «Monitoraggio fitosanitario delle foreste del Veneto».

RIASSUNTO

Il cambiamento climatico in atto è ritenuto essere responsabile dell'intensificazione degli attacchi di insetti forestali, in quanto questi possono rispondere in modo diretto e veloce all'aumento della temperatura grazie ai rapidi cicli di sviluppo, all'alto potenziale riproduttivo, alla elevata capacità di adattamento fisiologico alle mutate condizioni ambientali. Vi sono inoltre in gioco gli effetti indiretti della temperatura e dell'aumento di CO₂ sui meccanismi di crescita e difesa delle piante, e le modifiche nelle interazioni tra gli insetti fitofagi e i loro competitori, limitatori e mutualisti. È necessario quindi individuare i meccanismi che stanno alla base delle risposte degli insetti al cambiamento climatico, attraverso progetti specifici che comprendano le interazioni con il clima, le piante ospiti e gli antagonisti. Viene presentato l'esempio della processionaria del pino, *Traumatocampa pityocampa*, per il quale è stato accertato che l'espansione dell'areale è avvenuta in conseguenza dell'aumento delle temperature invernali e della maggiore sopravvivenza delle larve. Inoltre le elevate temperature delle notti estive nell'estate del 2003, anche a quote elevate, hanno consentito una più sostenuta attività di volo e l'occupazione rapida di nuovi territori e piante ospiti, quale il pino mugo. Nelle aree di espansione è emersa una sostanziale mancanza dei numerosi fattori di limitazione naturale presenti nelle zone di occupazione tradizionale, e ciò ha determinato una rapida crescita degli effettivi e gravi danni ai boschi colpiti. Altri insetti che probabilmente risentono del cambiamento climatico, anche se mancano modelli interpretativi sperimentali, sono la tortrice grigia del larice e altri defogliatori di latifoglie, nonché varie specie di coleotteri scolitidi che subiscono le variazioni climatiche in modo diretto o indiretto.

BIBLIOGRAFIA

- AYRES M.P., LOMBARDEO M.J., 2000 - *Assessing the consequences of global change for forest disturbance from herbivores and pathogens*. Sci. Tot. Environ., 262: 263-286.
- 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. Change Biol., 12: 662-671.
- BUFFO E., BATTISTI A., STASTNY M., LARSSON S., 2007 - *Temperature as a predictor of survival of the pine processionary moth in the Italian Alps*. Agr. For. Entomol., 9: 65-72.
- CROZIER L., DWYER G., 2006 - *Combining population-dynamic and ecophysiological models to predict climate-induced insect range shifts*. Am. Nat., 167: 853-866.
- HUNTER M.D., 2001 - *Effects of elevated atmospheric carbon dioxide on insect-plant interactions*. Agr. Fo. Entomol., 3: 153-159.
- 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.

INSETTI DI RECENTE INTRODUZIONE: DUE ESEMPI IN AMBITO FORESTALE

IRIS BERNARDINELLI (*)

(*) *Dipartimento di Biologia applicata alla Difesa delle Piante, Università degli Studi di Udine, Via delle scienze, 208, 33100 Udine.*
Lettura tenuta nella Sessione «Entomologia forestale» al XXI Congresso Nazionale Italiano di Entomologia; Campobasso 11-16 giugno 2007.

Recently introduced pests: examples in forest ecosystem

Exotic pests become invasive to other countries by different pathways. Above all long distance exchanges, both commercial and tourist, are introducing living organisms, especially insects, in new ecosystems all over the world.

Host plants availability, as well as host phenological synchrony, are the main factors determining the successful settlement of a species in a new country.

On the other hand, geographical barriers and the presence of local natural enemies can have an important positive role in reducing the spread of the new pest populations.

In these last years many insect species of forest interest have been accidentally introduced in Italy, and most of them have been able to adapt to this country conditions.

The study of the biology and the behavior of these pests in the newly colonized countries is very useful, since these species might not act as they do in their native country.

In the paper are given some details about some of the studies carried out in Italy on two Heteroptera species recently introduced from North America: the lace bug *Corythucha arcuata* (Say) and the coreid bug *Leptoglossus occidentalis* Heidemann.

KEY WORDS: *Corythucha arcuata*, *Leptoglossus occidentalis*, exotic pests.

INTRODUZIONE

Gli insetti arrivano in nuovi Paesi mediante le vie più varie; certo è che con l'aumentare degli scambi commerciali a lunga distanza, con l'aumento del flusso turistico e con la riduzione delle barriere doganali, l'incremento delle introduzioni accidentali di specie esotiche è sicuramente stato facilitato (PELLIZZARI e DALLA MONTÀ, 1997; PELLIZZARI *et al.*, 2005). Di questo si iniziò a parlarne già dagli anni 50 dello scorso secolo (MELIS, 1951) e il pericolo dell'aumento delle nuove introduzioni si è rivelato fondato.

Perché un insetto che arriva in un nuovo Paese possa insediarsi con successo e diventare un pericolo deve trovare condizioni adatte al proprio sviluppo. In particolare deve trovare condizioni climatiche favorevoli e gli ospiti, che nel caso dei fitofagi possono essere piante presenti anche nel suo Paese di origine oppure specie autoctone talora completamente differenti (LIEUTIER, 2006). Inoltre la nuova specie deve trovare un certo sincronismo con la fenologia dell'ospite; ed è proprio questo sincronismo che sta alla base del successo di una specie.

Infine, la presenza di barriere geografiche e il controllo esercitato da antagonisti presenti sul territorio possono avere un importante ruolo nel ridurre la diffusione della nuova specie.

Negli ultimi 10 anni le specie introdotte in Italia sono state molteplici (PELLIZZARI *et al.*, 2005); quelle di maggior interesse forestale sono: *Xylosandrus germanus* (Blandford), *Gnathotrichus materiarius* (Fitch), *Corythucha arcuata* (Say), *Platypus mutatus* Chapuis, *Leptoglossus occidentalis* Heidemann, *Anoplophora chinensis* Forster, *Dryocosmus kuriphilus* Yatsumatsu, *Obolodiplosis robiniae* (Haldemann).

Nel presente lavoro si riportano a titolo di esempio varie informazioni, talune ancora inedite, relative a *Corythucha arcuata* e *Leptoglossus occidentalis*, anche se queste specie al momento non sono considerate particolarmente dannose alle loro piante ospiti arboree.

CORYTHUCHA ARCUATA, TINGIDE DELLA QUERCIA

La «tingide della quercia» *Corythucha arcuata* (Say) (Heteroptera: Tingidae) è stata rinvenuta per la prima volta in Europa nel maggio 2000 nel Parco Regionale delle Groane (nord-ovest di Milano) (BERNARDINELLI e ZANDIGIACOMO, 2000). Dopo la sua identificazione, dalla letteratura sono state ricavate le seguenti informazioni:

- Origini: Nord America (DRAKE e RUHOFF, 1965);
- Piante ospiti nel Paese di origine: *Quercus alba*,

Q. montana, *Q. macrocarpa*, *Q. muehlenbergii*, *Q. prinoides*, *Q. rubra*, occasionalmente melo, castagno, acero e rose selvatiche (DRAKE e RUHOFF, 1965); tra le querce preferisce le querce «bianche» (CONNOR, 1988);

- Danni: occasionali in ambiente urbano (KERR, 1950; RICHARDSON *et al.*, 2006);
- Biologia: due generazioni all'anno più una terza parziale in Delaware (USA) (CONNEL e BEACHER, 1947).

Si è iniziato poi lo studio della specie, in particolare la distribuzione, la biologia e le piante ospiti, al fine di valutare la sua capacità di acclimatarsi sul territorio italiano.

Distribuzione

La distribuzione in Italia è stata studiata mediante campionamenti in estate e in autunno; si sono rivelati più efficaci quelli autunnali nei quali si rilevano i resti delle ovature su un campione di foglie secche (BERNARDINELLI, 2000, 2001).

Nel primo anno (2000) in cui i campionamenti sono stati eseguiti parte in estate e parte in inverno è stato possibile mettere in luce che l'insetto era ampiamente diffuso sul territorio intorno a Milano in un'area di circa 7000 km² (BERNARDINELLI, 2000).

Nell'anno successivo (2001) si è ripetuto il campionamento (mediante la sola raccolta autunnale di foglie secche) e si è osservato che l'areale di distribuzione si era ampliato ed è stato possibile valutare l'intensità dell'infestazione evidenziando che la maggiore presenza dell'insetto si riscontrava nella zona a Nord di Milano.

Al momento questa specie ha colonizzato gran parte dell'Italia settentrionale e ha anche valicato le Alpi arrivando in Svizzera (FORSTER *et al.*, 2005); è inoltre stata segnalata anche in Turchia (MUTUN, 2003).

Quindi, vista l'ampia distribuzione, non vi sono dubbi sul fatto che questa specie si sia ben acclimata e che possa quindi essere in grado di ampliare ulteriormente il suo areale di distribuzione.

Biologia

La biologia è stata studiata mediante osservazioni di campo e mediante allevamento confinato *in situ* in una delle località maggiormente infestate (in provincia di Milano). Si è riscontrato che la specie riesce a completare due generazioni all'anno e a effettuarne una terza parziale. Questo suggerisce che la specie possa adattarsi, con eventualmente un numero di generazioni inferiori, anche a climi più freddi, come ad esempio quelli dell'Europa centrale.

Piante ospiti

Corythucha arcuata è stata rinvenuta inizialmente su farnia (*Quercus robur*); sono state quindi condotte

prove di laboratorio e osservazioni di campo per valutare la capacità di questo insetto di svilupparsi anche a carico di altre specie.

I risultati di questa indagine (BERNARDINELLI, 2006) hanno evidenziato tre gruppi di piante ospiti. Il primo, dove più del 50% delle neanidi ha completato lo sviluppo raggiungendo lo stadio adulto, comprende *Quercus robur*, *Q. pubescens*, *Q. petraea*, *Q. cerris*, *Rubus ulmifolius* e *R. idaeus*. Il secondo gruppo, dove la percentuale di adulti ottenuti è variamente inferiore al 25%, comprende *Castanea sativa*, *Rubus caesius* e *Rosa canina*. Il terzo gruppo, di specie che sono da considerare inadatte allo sviluppo dell'insetto – dove il 100% degli individui sono morti come nel testimone (dove non è stato fornito alcun alimento se non acqua) – comprende *Q. suber*, *Q. ilex*, *Q. rubra*, *Malus domestica* e alcune specie appartenenti al genere *Acer*.

Interessante osservare come la quercia rossa americana (*Q. rubra*) non si sia rivelata un ospite adatto allo sviluppo della tingide (a differenza di quanto indicato dalla letteratura americana) e per contro alcune specie di rovi (*R. ulmifolius* e *R. idaeus*) sono risultate adatte allo sviluppo tanto quanto le querce a foglia caduca europee (ospiti non noti per il continente americano).

LEPTOGLOSSUS OCCIDENTALIS, CIMICE DELLE CONIFERE

La «cimice delle conifere» *Leptoglossus occidentalis* Heidemann (Heteroptera: Coreidae) è stata rinvenuta per la prima volta in Europa nel 1999 nell'Italia settentrionale (TAYLOR *et al.*, 2001; TESCARI, 2001; VILLA *et al.*, 2001).

Dalla letteratura sono state ricavate le seguenti informazioni:

- Origini: Regioni del Nord America occidentale (MCIPHERSON *et al.*, 1990);
- Piante ospiti nel Paese di origine: varie specie di conifere preferibilmente del genere *Pinus* (BATES *et al.*, 2000; GALL, 1992), ma anche il pistacchio (HOLTZ, 2002);
- Danni: riduzione fino al 40% dei semi prodotti dalla pianta e riduzione della germinabilità superiore all'80% (BATES *et al.*, 2000; CONNELLY e SCHOWALTER, 1991; STRONG *et al.*, 2001);
- Biologia: da una generazione all'anno in Canada (BATES e BORDEN, 2005) a tre generazioni all'anno in Messico (CIBRIÁN-TOVAR *et al.*, 1986).

Distribuzione

Dopo la sua accidentale introduzione, questa specie si è rapidamente diffusa in molte regioni italiane e in numerosi stati limitrofi, quali la Svizzera

(WITTENBERG, 2005), la Slovenia (GOGALA, 2003), la Croazia (TESCARI, 2004), la Francia e la Corsica (CHAPIN e CHAUVEL, 2007). Ha dimostrato quindi di essersi adattata alle condizioni presenti nella regione paleartica e di avere una elevata capacità di diffusione, cosa per altro già osservata anche in America (GALL, 1992; MCPHERSON *et al.*, 1990).

Biologia

Lo studio della biologia di questa specie è stato effettuato sia mediante osservazioni di campo in una località costiera del Friuli Venezia Giulia (BERNARDINELLI *et al.*, 2005), sia in laboratorio mediante allevamento confinato degli insetti in cella climatica a diverse temperature (18°C, 24°C e 30°C) (BERNARDINELLI *et al.*, 2008). Da questi studi è emerso che in Italia *Leptoglossus occidentalis* può compiere due-tre generazioni, anche a latitudini molto più alte di quelle del Messico.

CONCLUSIONI

Risulta evidente che il comportamento in Italia di entrambe le specie considerate è in una certa misura diverso da quanto noto per il Paese di origine. Questo rende ancor più forte la necessità, per riuscire a impedire o limitare la diffusione di nuove specie, di ridurre al minimo il tempo intercorso tra introduzione e rinvenimento, in quanto eventuali piani di eradicazione o contenimento possono avere qualche possibilità di successo solo quando l'area di insediamento del nuovo organismo risulta molto contenuta. In ambito forestale i rischi sono di norma molto elevati, poiché in molti casi è difficile effettuare trattamenti di controllo o attuare strategie di eradicazione delle nuove specie introdotte, in quanto le foreste sono spesso localizzate in aree montuose o comunque poco accessibili; inoltre l'introduzione di nuove specie potrebbe alterare in maniera irreversibile gli equilibri dell'ecosistema foresta.

Per questi motivi sono decisivi il costante monitoraggio del territorio da parte di personale specializzato e l'attento controllo delle merci provenienti dall'estero che potrebbero trasportare organismi esotici potenzialmente dannosi alle foreste.

RIASSUNTO

Gli organismi esotici possono risultare invasivi in altri continenti attraverso varie vie di ingresso; in particolare, gli scambi a lunga distanza, sia commerciali sia turistici, sono causa di introduzioni accidentali di insetti in ecosistemi di diverse parti del mondo.

La disponibilità di pinate ospiti, così come la sincronizzazione del complesso ospite-parassita, sono alla base del successo di una specie nel colonizzare un nuovo territorio.

Le barriere geografiche e gli antagonisti naturali svolgono, invece, un importante ruolo nel contenere la diffusione delle popolazioni di tali specie esotiche.

Negli ultimi anni numerose specie di insetti di interesse forestale sono state accidentalmente introdotte in Italia e alcune di esse sono risultate capaci di acclimatarsi. Lo studio del loro ciclo biologico e del loro comportamento parte spesso da conoscenze limitate, perché nel Paese di origine molto spesso non risultano essere dannose in quanto mantenute naturalmente sotto controllo biologico. In altri casi, specie dannose nel Paese di origine non mantengono un analogo comportamento nel Paese di nuova colonizzazione.

Nel presente lavoro sono illustrati i risultati di alcuni studi svolti in Italia su due eterotteri recentemente introdotti dal Nord America: la tingide *Corythucha arcata* (Say) e il coreide *Leptoglossus occidentalis* Heidemann.

BIBLIOGRAFIA

- BATES S.L., BORDEN J.H., 2005 – *Life table for Leptoglossus occidentalis Heidemann (Heteroptera: Coreidae) and prediction of damage in lodgepole pine seed orchards*. *Agricult. Forest Entomol.*, 7: 145-151.
- BATES S.L., BORDEN J.H., KERMODE A.R., BENNETT R.G., 2000 – *Impact of Leptoglossus occidentalis (Hemiptera: Coreidae) on Douglas-fir seed production*. *J. Econ. Entomol.*, 93 (5): 1444-1451.
- BERNARDINELLI I., 2006 – *Potential host plants of Corythucha arcuata (Het., Tingidae) in Europe: a laboratory study*. *J. Appl. Entomol.* 130 (9-10): 480-484.
- BERNARDINELLI I., 2000 – *Distribution of the oak lace bug Corythucha arcuata (Say) in northern Italy (Heteroptera Tingidae)*. *Redia*, LXXXIII: 157-162.
- BERNARDINELLI I., 2001 – *GIS representation of Corythucha arcuata (Say) distribution in northern Italy*. In: *Methodology of forest insect and diseases survey in Central Europe*. *Proceedings of the 4th international Workshop of the IUFRO WP 7.03.10, Praha (Czech Republic), September 17-20, 2001*. Knizek M., Forster B., Grodzki W. Eds. *J. For. Sci.*, 47, Special Issue 2: 54-55.
- BERNARDINELLI I., ZANDIGIACOMO P., 2000 – *Prima segnalazione di Corythucha arcuata (Say) (Heteroptera, Tingidae) in Europa*. *Inf. Fitopat.*, 50 (12): 47-49.
- BERNARDINELLI I., ROVATO M., ZANDIGIACOMO P., 2005 – *Biologia di Leptoglossus occidentalis in Friuli Venezia Giulia*. *Atti XX Congresso Nazionale Italiano di Entomologia*, 13-18 giugno 2005, Assisi (PG): 293.
- BERNARDINELLI I., ROVATO M., ZANDIGIACOMO P., 2008 – *Life history and laboratory rearing of Leptoglossus occidentalis*. In: *Proceedings of Methodology of Forest Insect and Disease Survey in Central Europe, IUFRO 7.03.10, 11-14 settembre 2006, Gmunden, Austria*.
- CHAPIN É., CHAUVEL G., 2007 – *Bilan phytosanitaire 2006 des plantations arborées, arbustives et à massif en espaces verts*. *PHM Revue Horticole*, 490: 40-44.
- CIBRIÁN-TOVAR D., EBEL B.H., YATES H.O., MÉNDEZ-MONTIEL J.T., 1986 – *Cone and seed insects of the Mexican conifers*. *General Technical Report, Southeastern Forest Experiment Service, USDA Forest Service*, 40, 110 pp.
- CONNEL W.A., BEACHER J.H., 1947 – *Life history and control of the oak lace bug*. *Delaware Agricultural Experiment Station Bulletin* 265, 28 pp.
- CONNELLY A.E., SCHOWALTER T.D., 1991 – *Seed losses to feeding by Leptoglossus occidentalis (Heteroptera:*

- Coreidae*) during two periods of second-year cone development in western white pine. J. Econ. Entomol., 81 (1): 215-217.
- CONNOR E.F., 1988 – *Plant water deficit and insect responses: the preference of Corythucha arcuata* (Heteroptera: Tingidae) for the foliage of white oak, *Quercus alba*. Ecol. Entomol. 13: 375-381.
- DRAKE C.J., RUHOFF F.A., 1965 – *Lacebugs of the world: a catalog (Hemiptera: Tingidae)*. Smithsonian Institution, United States National Museum, Washington, Bulletin, USA, VIII+634 pp.
- FORSTER B., GIACALONE I., MORETTI M., DIOLI P., WERMELINGER B., 2005 – *Die amerikanische Eichenetzwanze Corythucha arcuata (Say) (Heteroptera, Tingidae) hat die Südschweiz erreicht*. Mitt. Schweizer. Entomol. Ges., 78: 317-323.
- GALL W.K., 1992 – *Further eastern range extension and host records for Leptoglossus occidentalis (Heteroptera: Coreidae): well-documented dispersal of a household nuisance*. The Great Lakes Entomologist, 25 (3): 159-171.
- GOGALA A., 2003 – *Listonožka (Leptoglossus occidentalis) že v Sloveniji (Heteroptera: Coreidae)*. Acta entomologica slovenica, 11 (2): 189-190.
- HOLTZ B.A., 2002 – *Plant protection for pistachio*. HortTechnol., 12 (4): 626-632.
- KERR T.W., 1950 – *Insecticides for control of certain insects attacking ornamental trees and shrubs*. J. Econ. Entomol., 43 (1): 63-65.
- LIEUTIER F., 2006 – *Changing forest communities: role of tree resistance to insects in insect invasions and tree introductions*. In: *Invasive Forest Insects, Introduced Forest Trees, and Altered Ecosystems*, Paine T.D. Ed., Springer, The Netherlands, pp. 15-51.
- MCPHERSON J.E., PACKAUSKAS R.J., TAYLOR S.J., O'BRIEN M.F., 1990 – *Eastern range extension of Leptoglossus occidentalis with a key to Leptoglossus species of America North of Mexico (Heteroptera: Coreidae)*. The Great Lakes Entomologist, 23 (2): 99-104.
- MELIS A., 1951 – *I pericoli che corrono i paesi europei con l'introduzione di parassiti provenienti da altri continenti*. Inf. Fitopat. 15: 1.
- MUTUN S., 2003 – *First report of the oak lace bug, Corythucha arcuata (Say, 1832) (Heteroptera: Tingidae) from Bolu, Turkey*. Israel J. Zool., 49 (4): 323-324
- PELLIZZARI G., DALLA MONTÀ L., 1997 – *Gli insetti fitofagi introdotti in Italia dal 1945 al 1995*. Inf. Fitopat., 47 (10): 4-12.
- PELLIZZARI G., DALLA MONTÀ L., VACANTE V., 2005 – *Alien insect and mite pests introduced to Italy in sixty years (1945-2004)*. In: *Plant protection and plant health in Europe: introduction and spread of invasive species*, Humboldt University, Berlin, Germany, 9-11 June 2005, Alford, D.V., Backhaus, G.F. eds, pp. 275-276.
- RICHARDSON M. L., CARON D. M., SUCHANIC, D. J., 2006 – *Degree-days for five ornamental pests from an 11-year field study*. J. Entomol. Science, 41 (1): 87-89.
- STRONG W.B., BATES S.L., STOEHR M.U., 2001 – *Feeding by Leptoglossus occidentalis (Hemiptera: Coreidae) reduces seed set in lodgepole pine (Pinaceae)*. Can. Ent., 133 (6): 857-865.
- TAYLOR S. J., TESCARI G., VILLA M., 2001 – *A nearctic pest of Pinaceae accidentally introduced into Europe: Leptoglossus occidentalis (Heteroptera: Coreidae) in Northern Italy*. - Entomological News, 112 (2): 101-103
- TESCARI G., 2001 – *Leptoglossus occidentalis, coreide neartico rinvenuto in Italia (Heteroptera, Coreidae)*. Lavori della Società Veneziana di Scienze Naturali, 26: 3-5.
- TESCARI, G., 2004 – *First record of Leptoglossus occidentalis (Heteroptera: Coreidae) in Croatia*. Entomol. Croat., 8 (1-2): 73-75
- VILLA M., TESCARI G., TAYLOR S.J., 2001 – *Nuovi dati sulla presenza in Italia di Leptoglossus occidentalis (Heteroptera Coreidae)*. Boll. Soc. Entomol. It., 133 (2): 101-112.
- WITTENBERG R. (Ed.) 2005 – *An inventory of alien species and their threat to biodiversity and economy in Switzerland*. Report to the Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape SAEFL. CABI Bioscience Switzerland Centre, Deléont, Switzerland, 417 pp.

STRATEGIE DI RICERCA DELL'OSPITE NEI PARASSITOIDI E POSSIBILI IMPIEGHI IN PROGRAMMI DI CONTROLLO BIOLOGICO

ERIC CONTI (*) - STEFANO COLAZZA (**)

(*) D.S.A.A., Università degli Studi di Perugia, Borgo XX Giugno, 06121 Perugia. E-mail: econti@unipg.it

(**) Dip. S.En.Fi.Mi.Zo. Università degli Studi di Palermo, Viale delle Scienze, 90128 Palermo. E-mail: colazza@unipa.it

Lettura tenuta nella Sessione «Controllo Biologico e Biotecnologie Entomologiche» del XXI Congresso Nazionale Italiano di Entomologia; Campobasso, 11-16 giugno 2007

Host selection strategies in egg parasitoids and possible application in biological control programs

Through a series of behavioural steps (host habitat location, host community location, host location, host recognition and acceptance), regulated by chemical (semiochemicals) and physical cues, parasitoids are able to find their hosts and reproduce. The knowledge of such cues offers interesting potential for application in biological control, from the field manipulation of parasitoid behaviour to the improvement of rearing techniques. Some examples concern the host-induced plant synomones, which are part of the plants' resistance mechanisms, the volatile host kairomones, which have been proposed for pre-release conditioning, the contact kairomones and physical cues, which are fundamental for the development of rearing techniques, especially *in vitro*.

KEY WORDS: host selection, synomones, kairomones, physical cues.

I parassitoidi rappresentano il più importante raggruppamento di nemici naturali ad oggi utilizzato per il controllo biologico degli insetti fitofagi (GORDH *et al.*, 1999). Lo studio dei vari aspetti biologici ed ecologici di questi insetti è pertanto di rilevante interesse, e in particolare la conoscenza dei meccanismi di ricerca e riconoscimento dell'ospite offre importanti prospettive per migliorare l'efficacia e la sicurezza del controllo biologico.

Per riprodursi, i parassitoidi hanno infatti la necessità di localizzare gli ospiti nel loro habitat naturale e nello stadio idoneo alla parassitizzazione. Il successo di questo processo di scelta, o selezione, dell'ospite è il risultato di un insieme di fasi mediate da fattori fisici, semiochimici e biochimici, che consentono di ottimizzare le potenzialità riproduttive in un tempo disponibile spesso limitato.

SEQUENZA COMPORTAMENTALE DELLA SCELTA DELL'OSPITE NEI PARASSITOIDI

La sequenza comportamentale che porta alla parassitizzazione dell'ospite è generalmente suddivisa nelle seguenti fasi: localizzazione dell'habitat dell'ospite, localizzazione dell'ospite, riconoscimento e accettazione dell'ospite (VINSON, 1991, 1998). Alcune di queste fasi possono essere ulteriormente suddivise; ad esempio la seconda è spesso distinta in localizzazione della comunità ospite e localizzazione dell'ospite. In questo processo i parassitoidi sono

guidati da stimoli di natura fisica e semiochimica, che provengono dall'ambiente, dalle piante o dall'ospite stesso (VINSON, 1991, 1998; VET e DICKE, 1992; VET *et al.*, 1995).

Nella localizzazione dell'habitat dell'ospite sono coinvolti soprattutto fattori fisici, come temperatura, luce e umidità, fattori ecologici, quali la presenza di ricoveri e di fonti di alimento e l'assenza di predatori, e fattori semiochimici di diversa origine, quali, soprattutto, i composti volatili stabilmente prodotti dalle piante (sinomoni volatili costitutivi) (VINSON, 1991).

Nella localizzazione della comunità dell'ospite, pur mantenendo la loro importanza gli stimoli fisici, come i suoni provenienti dall'ospite, acquisiscono particolare rilevanza i fattori semiochimici. In particolare, in questa fase, un ruolo considerevole è svolto da sostanze volatili, direttamente e/o indirettamente associate all'ospite, capaci di esercitare un'attrazione a lungo raggio. Tra queste sono da ricordare le sostanze rilasciate dalla pianta in conseguenza dell'alimentazione e/o dell'ovideposizione del fitofago (sinomoni volatili indotti) (DICKE *et al.*, 2003; COLAZZA *et al.*, 2004; COLAZZA e PERI, 2006), e quelle prodotte da stadi «non-bersaglio» dell'ospite, stadi cioè differenti da quello attaccato dal parassitoide (caiomoni volatili dell'ospite) (VINSON, 1991, 1998; VET e DICKE, 1992; VET *et al.*, 1995).

I sinomoni indotti rientrano nei meccanismi di difesa indiretta delle piante, in quanto sono prodotti da queste dopo l'attacco del fitofago, al fine di richia-

mare i nemici naturali e, dunque, potenziare la propria difesa. Questi semiochimici forniscono ai parassitoidi un'informazione affidabile sulla presenza dello stadio ospite idoneo alla parassitizzazione. Per le piante i vantaggi delle difese indotte rispetto a quelle costitutive risiedono nei minori costi energetici per la biosintesi, in quanto i sinomoni vengono prodotti solo quando servono, e nella minore possibilità di adattamento da parte del fitofago, a causa di una minore pressione selettiva.

In molti casi i sinomoni indotti sono il risultato di interazioni multitrofiche, più complesse in quanto intervengono altri organismi, come, ad esempio, i funghi endomicorrizici o veri meccanismi di comunicazione tra piante conspecifiche (GUERRIERI *et al.*, 2006).

I cairomoni volatili dell'ospite permettono al parassitoide di concentrare la propria ricerca in aree in cui è maggiore la possibilità di localizzare lo stadio ospite. Nel caso dei parassitoidi delle uova, ad esempio, molte specie utilizzano, nelle loro ricerche, i feromoni sessuali prodotti dall'ospite. Questi rappresentano per gli ooparassitoidi uno stimolo facilmente individuabile, perché è prodotto in abbondanza, ma poco affidabile, perché non dà informazioni sicure sulla presenza dello stadio bersaglio; in ultima analisi queste sostanze guidano i parassitoidi verso zone dove presumibilmente l'ospite si è accoppiato e, dunque, dove più alta è la probabilità di trovare le uova dell'ospite.

La fase di localizzazione dell'ospite è mediata da fattori fisici, quali stimoli visivi e sonori, e da sostanze volatili o a ridotta volatilità prodotte dall'ospite, che permettono l'orientamento del parassitoide verso questo (cairomoni a breve o lungo raggio) (COLAZZA *et al.*, 1999). Questi stimoli, provenendo dall'ospite bersaglio, presentano un'elevata affidabilità e una possibilità variabile di essere individuati; quest'ultima è, in genere, elevata nei parassitoidi larvali o immaginali, ma bassa nel caso dei parassitoidi delle uova. Recenti studi hanno, tuttavia, messo in evidenza che alcune piante possono emettere, in seguito all'ovideposizione dell'ospite, sostanze che, agendo per contatto, stimolano nel parassitoide un comportamento di arresto, aumentando la probabilità di incontro con le uova ospiti (sinomoni per contatto indotti da ovideposizione) (CONTI *et al.*, 2006). Questi composti sono quindi affidabili e appaiono abbastanza individuabili.

Nella fase di riconoscimento dell'ospite intervengono cairomoni poco volatili presenti sulla superficie dell'ospite stesso o provenienti da materiale protettivo di vario tipo (cairomoni di riconoscimento). Particolarmente importanti possono essere anche gli stimoli fisici, quali la dimensione e la forma dell'ospite (SCHMIDT, 1991).

Infine, l'accettazione dell'ospite è mediata da mole-

cole idrosolubili quali sali e amminoacidi presenti nel corpo dell'ospite, nel caso degli endoparassitoidi, o da sostanze presenti sulla superficie dell'ospite nel caso di ectoparassitoidi (cairomoni stimolanti l'ovideposizione) (VINSON, 1991, 1998).

APPLICAZIONI NEL CONTROLLO BIOLOGICO E PROSPETTIVE FUTURE

La conoscenza dei diversi stimoli e meccanismi coinvolti nelle varie fasi del comportamento di scelta dell'ospite da parte dei parassitoidi può fornire un'importante potenziale sia per migliorare l'efficacia del controllo biologico, naturale e gestito, mediante la manipolazione del comportamento dei parassitoidi in campo, sia per sviluppare tecniche di allevamento massale su substrato naturale o *in vitro*. In prospettiva, numerose sono quindi le possibilità di applicazione nel controllo biologico e integrato; tuttavia molte sono tuttora in fase di studio in quanto non si è ancora passati alla fase di implementazione.

Gli stimoli che mediano la localizzazione dell'habitat possono essere utilizzati per potenziare l'ecoresistenza mediante una diversificazione dell'agro-ecosistema; si può ad esempio ricorrere alle consociazioni vegetali e/o all'inerbimento, in modo da richiamare e/o trattenere i parassitoidi, introducendo o aumentando la presenza di fonti di cibo, nettare, melata, polline, e di rifugi (WAKERS *et al.*, 2005). Per lo stesso fine, sono stati anche proposti trattamenti con estratti vegetali attrattivi per gli entomofagi (LEWIS e MARTIN, 1990).

Un interessante potenziale applicativo viene offerto dai sinomoni indotti che intervengono nella fase di localizzazione della comunità ospite o dell'ospite stesso. In quest'ottica vi è la tendenza a selezionare piante caratterizzate da elevata espressione della resistenza indiretta indotta. In alternativa o in combinazione, sono state sperimentate applicazioni di composti induttori, quale l'acido giasmonico, molecola segnale che, oltre ad essere coinvolta nella resistenza diretta, interviene anche in quella indiretta. Tecniche differenti, ancora da valutare, potrebbero essere i trattamenti diretti con sinomoni o cairomoni di sintesi (DICKE e HILKER, 2003).

Per quanto riguarda i segnali utilizzati durante la fase di localizzazione dell'ospite, sono stati sperimentati o proposti trattamenti con composti, naturali o sintetici, analoghi a cairomoni scarsamente volatili dell'ospite, come ad esempio estratti delle squame di lepidotteri, che, applicate in campo, agirebbero come stimolanti sui parassitoidi, potenziandone la capacità di ricerca dell'ospite. Oltre che in campo, le conoscenze acquisite sul comportamento di localizzazione possono trovare applicazione anche negli

allevamenti. Ad esempio, per aumentare l'efficacia di parassitoidi in programmi di controllo biologico, sono state sperimentate tecniche di condizionamento pre-lancio, esponendo in allevamento i parassitoidi a stimoli cairomonali dell'ospite (LEWIS e MARTIN, 1990; PAPAJ e VET, 1990).

Inoltre, per l'allevamento dei parassitoidi, determinante è la conoscenza dei fattori semiochimici e fisici che mediano il riconoscimento e l'accettazione dell'ospite, sia per la scelta di validi ospiti alternativi che per l'utilizzo di substrati artificiali in sostituzione dell'ospite. L'allevamento in vitro, sviluppatosi soprattutto per i parassitoidi idiobionti (GRENIER, 1997), non può prescindere infatti dalla comprensione dei fattori che permettono il riconoscimento e l'accettazione dell'ospite, come la forma, la dimensione, i cairomoni di riconoscimento e quelli stimolanti l'ovideposizione (CÔNSOLI e PARRA, 1999).

La conoscenza dell'intera sequenza di selezione dell'ospite, infine, è importante per definire le modalità di lancio e propagazione dei parassitoidi (LEWIS e MARTIN, 1990), valutare la qualità (controllo qualità) dei parassitoidi allevati in biofabbrica (LEWIS e MARTIN, 1990; VAN LENTEREN, 2003), scegliere le specie da utilizzare in programmi di controllo biologico classico, prevedere e valutare la loro specificità e i rischi nei confronti di insetti non-bersaglio (WAJNBERG *et al.*, 2001; CONTI *et al.*, 2004) e, più in generale, per una corretta pianificazione dei programmi di controllo biologico (VAN LENTEREN, 2006a).

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Le conoscenze acquisite ad oggi sulle strategie di ricerca e riconoscimento dell'ospite nei parassitoidi, in sistemi tritrofici e multitrofici, potrebbero offrire un importante contributo per potenziare l'efficacia dei programmi di controllo biologico. Tali conoscenze sono in buona parte frutto di studi condotti in condizioni di laboratorio o comunque confinate. Per sviluppare la fase applicativa sono pertanto necessarie indagini multidisciplinari da condurre in condizioni di pieno campo. Alcuni limiti del controllo biologico, specialmente quello inondativo, che ne hanno compromesso in passato il pieno successo (COLLIER e VAN STEENWYK, 2004; VIGGIANI *et al.*, 2005; VAN LENTEREN, 2006b) potrebbero essere così superati.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori ringraziano vivamente il Prof. Ferdinando Bin per i numerosi e utili suggerimenti.

RIASSUNTO

Attraverso una serie di fasi comportamentali (localizzazione dell'habitat dell'ospite, localizzazione della comunità e dell'ospite stesso, riconoscimento e accettazione dell'ospite), mediate da stimoli di natura chimica (semiochimici) e fisica, i parassitoidi riescono a raggiungere il loro ospite e riprodursi. La conoscenza di tali stimoli offre interessanti prospettive di applicazione nel controllo biologico, dalla manipolazione del comportamento in campo al miglioramento delle tecniche di allevamento. Alcuni esempi riguardano: i sinonimi delle piante indotti dall'attacco dei fitofagi, che rientrano nei meccanismi di resistenza delle piante; i cairomoni volatili dell'ospite, il cui utilizzo è stato proposto per il condizionamento pre-lancio dei parassitoidi; i cairomoni che agiscono per contatto e gli stimoli fisici, fondamentali per lo sviluppo di tecniche di allevamento, soprattutto *in vitro*.

BIBLIOGRAFIA

- COLAZZA S., FUCARINO A., PERI E., SALERNO G., CONTI E., BIN F., 2004 – *Insect oviposition induces volatile emission in herbaceous plants that attracts egg parasitoids*. J. Exp. Biol., 207: 47-53.
- COLAZZA S., PERI E., 2006 – *Meccanismi di difesa indiretta delle piante: il caso dei sinonimi volatili indotti dalle piante*. Atti dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia, Rendiconti, LIV: 111-127.
- COLAZZA S., SALERNO G., WAJNBERG E., 1999 – *Volatile and contact chemicals released by Nezara viridula (Heteroptera: Pentatomidae) have a kairomonal effect on the egg parasitoid Trissolcus basalis (Hymenoptera: scelionidae)*. Biol. Control, 16: 310-317.
- COLLIER T., VAN STEENWYK R., 2004 – *A critical evaluation of augmentative biological control*. Biol. Control, 31: 245-256.
- CONTI E., SALERNO G., BIN F., VINSON S.B. 2004 – *The role of host semiochemicals in parasitoid specificity: a case study with Trissolcus brochymenae and Trissolcus simoni on pentatomid bugs*. Biol. Control, 29:435-444.
- CONTI E., SALERNO G., DE SANTIS F., LEOMBRUNI B., BIN F., 2006 – *Meccanismi di difesa indiretta delle piante: sinonimi di contatto indotti da ovideposizione*. Atti dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia, Rendiconti, LIV: 129-148.
- CÔNSOLI F., PARRA J.R.P., 1999 – *In vitro rearing of parasitoids: constraints and perspectives*. Trends in Entomology, 2: 19-32.
- DICKE M., VAN POECKE R.M.P., DE BOER J.G., 2003 – *Inducible indirect defence of plants: from mechanism to ecological functions*. Basic and Appl. Ecol., 4(1): 27-42.
- DICKE M., HILKER M., 2003 – *Induced plant defences: from molecular biology to evolutionary ecology*. Basic and Appl. Ecol., 4(1): 3-14.
- GRENIER S., 1997 – *State of art in artificial rearing of parasitoid insects, especially oophagous species*. Boln. Asoc. esp. Ent., Supl. Vol. 21: 61-62.
- GORDH G., LEGNER E.F., CALTAGIRONE L.E., 1999 – *Biology of Parasitic Hymenoptera*. In: Bellows T.S., Fisher T.W. (Eds.), Handbook of Biological Control. Academic Press, San Diego, pp. 355-381.
- GUERRIERI E., SASSO R., DI GIULIO M.C., IODICE L., 2006 – *Meccanismi di difesa indiretta indotti in pianta dall'attacco di afidi*. Atti dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia, Rendiconti, LIV: 97-110.

- LEWIS W.J., MARTIN W.R., 1990 – *Semiochemicals for use with parasitoids: status and future*. J. Chem. Ecol., 16 (11): 3067-3089.
- PAPAJ R., VET L.E.M., 1990 – *Odor learning and foraging success in the parasitoid, Leptopilina heterotoma*. J. Chem. Ecol., 16 (11): 3137-3150.
- SCHMIDT J.M., 1991 – *The role of physical factors in tritrophic interactions*. In: F. Bin (Ed.), Insect parasitoids, 4th European Workshop, Perugia, 3-5 April 1991. Redia, LXXIV, Appendice: 15-42.
- VAN LENTEREN J.C. (Ed.), 2003 – *Quality control and production of biological control agents. Theory and testing procedures*. 327 pp., CABI Publishing, UK, USA.
- VAN LENTEREN J.C., 2006a – *Phytophagous insects in a multitrophic network*. Atti dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia, Rendiconti, LIV: 65-87.
- VAN LENTEREN J.C., 2006b – *How not to evaluate augmentative biological control*. - Biol. Control, 39: 115-118.
- VET L.E.M., LEWIS W.J., CARDÉ R.T., 1995 – *Parasitoid foraging and learning*. In: Cardé R.T., Bell W.J. (Eds.), Chemical Ecology of Insects 2. Chapman & Hall, New York, pp. 65-101.
- VET L.E.M. & M. DICKE, 1992 – *Ecology of infochemical use by natural enemies in a tritrophic context*. Ann. Rev. Entomol., 37: 141-172.
- VIGGIANI G., PENNACCHIO F., BIN F., 2005 – *Il biocontrollo per la protezione delle colture dagli artropodi: quale futuro?* Atti dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia, Rendiconti, LIII: 228-242.
- VINSON S.B., 1991 – *Chemical signals used by parasitoids*. In: F. Bin (Ed.), Insect parasitoids, 4th European Workshop, Perugia, 3-5 April 1991. Redia, LXXIV, Appendice: 15-42.
- VINSON S.B., 1998 – *The general host selection behavior of parasitoid Hymenoptera and a comparison of initial strategies utilized by larvaphagous and oophagous species*. Biol. Control 11: 79-96.
- WÄKERS F.L., VAN RIJN, BRUIN J. (Eds.), 2005 – *Plant-provided food for carnivorous insects: a protective mutualism and its applications*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- WAJNBERG E., SCOTT J.K., QUIMBY P.C. (Ed.), 2001 – *Evaluating indirect ecological effects of biological control*. 261 pp., CABI Publishing, UK, USA.

LE PIANTE GENETICAMENTE MODIFICATE: LA NUOVA FRONTIERA DEL CONTROLLO ECO-COMPATIBILE?

SALVATORE ARPAIA (*)

(*) ENEA - Centro Ricerche Trisaia, S.S. 106 Jonica, km 419,5, 75026 Rotondella (MT).

Lettura tenuta nella Sessione «Controllo Biologico e Biotecnologie Entomologiche» del XXI Congresso Nazionale Italiano di Entomologia; Campobasso, 11-16 giugno 2007.

Il presente lavoro è stato svolto nell'ambito del progetto MIUR n. 32 «Valutazione dell'impatto di pomodoro transgenico sugli organismi non-bersaglio e sull'ambiente».

Genetically Modified Plants: the new frontier for sustainable Insect Pest Control?

The continuous and rapid increasing of areas cultivated with genetically modified crops since their first commercial release, has produced concerns about possible negative effects on human health and environment. Among the main areas where a possible risk to the environment may arise, there is concern about non-target organisms in the agro-ecosystems. Despite of the accumulating studies in this field, knowledge gaps still exist as laboratory studies have so far concentrated only a few biological parameters and some important natural enemy species have not been studied. Impact on arthropod biodiversity is also worth of more specific studies, with particular attention to species assemblage and ecological functioning.

KEY WORDS: Cry toxins, non-target organisms, biodiversity.

Il rapido incremento delle superfici coltivate con piante geneticamente modificate (PGM) (JAMES, 2006), ha generato preoccupazione circa loro possibili effetti sulla salute umana e sull'ambiente. Di conseguenza praticamente in tutti i paesi del mondo è stato predisposto (o è al momento previsto) un quadro normativo in riferimento alla sicurezza delle PGM.

I potenziali rischi dal punto di vista ambientale vengono individuati nella possibile dispersione del transgene (attraverso il polline o il trasferimento genico orizzontale verso microrganismi) e in eventuali effetti negativi a carico della fauna «non bersaglio» (Tab. 1). Le specie animali presenti nell'agro-ecosistema infatti, possono venire in contatto con le proteine o il DNA esogeno presenti nei tessuti vegetali o rilasciati nel suolo.

I fautori dell'adozione delle colture GM pongono invece l'accento su possibili benefici per l'ambiente derivanti dalla loro coltivazione, quali la riduzione nell'uso di insetticidi negli agro-ecosistemi dove vengono utilizzate PGM resistenti agli insetti.

Fin dagli inizi del dibattito scientifico su questo argomento, era stato proposto che la valutazione dei possibili impatti ambientali dovesse necessariamente essere caso-specifica (ARPAIA, 1999). Nonostante un fondamentale accordo su tale principio, le modalità operative proposte sono state diverse ed ancora oggi non esiste una piena concordanza sui criteri e sulle metodiche su cui basare

un programma di «risk assessment» (e.g. ROMEIS *et al.*, 2006; ANDOW *et al.*, 2006).

In questo articolo verranno brevemente affrontate le problematiche connesse ai possibili effetti sull'artropodofauna esposta alle PGM esprimenti tossine Cry derivate da *Bacillus thuringiensis* Berl. (Bt).

LO STATO DELL'ARTE

Le specie non bersaglio. Il normale funzionamento di un ecosistema è garantito da un numero, spesso elevato, di specie coinvolte nelle principali funzioni ecologiche (e.g. impollinazione, turn-over degli alimenti, decomposizione). Anche gli agro-ecosistemi, pur essendo fortemente semplificati rispetto agli ecosistemi naturali, beneficiano dei «servizi ecologici» garantiti da specie associabili in diversi gruppi funzionali (e.g. nemici naturali, impollinatori, decompositori). Eventuali cambiamenti nell'assemblaggio delle specie negli agro-ecosistemi con PGM, potrebbero indurre alterazioni nelle funzioni ecologiche sia nelle aree coltivate che nell'ambiente circostante. Le PGM, particolarmente quelle resistenti agli insetti, potrebbero interferire con le dinamiche di popolazioni di organismi utili attraverso vie di esposizione sia diretta che indiretta lungo la catena trofica (ARPAIA, 2002). Dopo oltre un decennio di studi le conoscenze sulle interazioni fra le PGM e gli organismi «non bersaglio» si stanno accrescendo ma non possono

Tabella 1 – I rischi ambientali delle Piante Geneticamente modificate.

MODALITÀ DI ESPOSIZIONE	EFFETTO	POSSIBILI CONSEGUENZE
Aria	Dispersione del transgene tramite polline	Incorporazione del DNA in specie interfertili, cambiamento della fitness delle piante riceventi (con possibile aumento della invasività e selezione di «supermalerbe»), induzione di resistenza agli stress (biotici), alterazione della biodiversità vegetale
Parte aerea della pianta	Effetti negativi sugli organismi non bersaglio (artropodi, roditori, uccelli, mammiferi, ecc.)	Perdita di servizi ecologici (impollinazione, controllo naturale dei fitofagi, ecc.), alterazione della biodiversità animale.
Suolo	Trasferimento genico orizzontale, effetti sulla biocenosi tellurica	Incorporazione di DNA in altri organismi, perdita di biodiversità, perdita di servizi ecologici (ciclo degli elementi nutritivi, inibizione di patogeni, ecc.).

ritenersi certamente complete, neanche per alcune delle varietà attualmente in commercio. Una review che ha analizzato gli studi di laboratorio sui nemici naturali (LOVEI & ARPAIA, 2005), ha messo in evidenza come le ricerche si siano finora concentrate su un numero relativamente limitato di specie, e considerato solo alcuni parametri biologici per lo più riferibili alla valutazione di effetti tossici acuti. In tabella 2 vengono riportati i dati più aggiornati, considerando anche le ricerche più recenti in questo campo. Le considerazioni generali che si possono trarre dall'analisi di questa tabella sono le seguenti:

- nella maggior parte dei casi i risultati di test di laboratorio sui nemici naturali hanno indicato una risposta neutrale all'esposizione alle tossine Cry espresse in pianta;
- i parassitoidi risultano più sensibili ad un regime alimentare che prevede l'esposizione a tali tossine, rispetto ai predatori;
- per alcune specie (e.g. *Chrysoperla carnea* St.), si rileva una particolare suscettibilità alla tossina in condizioni di laboratorio, anche se il meccanismo tossico non è ancora del tutto chiarito;
- in qualche raro caso, sono stati riportati effetti

positivi dell'esposizione alle tossine Cry sui nemici naturali.

Il numero delle specie di nemici naturali per le quali esistono ad oggi dati sperimentali in laboratorio è di quarantanove, 35 predatori e 14 parassitoidi. Persistono tuttavia delle notevoli lacune di conoscenza per gruppi di rilevante importanza economica negli agro-ecosistemi (es. Eulophidae, Aphelinidae, Tachinidae).

Le indagini di laboratorio rappresentano un primo passo fondamentale per l'identificazione del pericolo («hazard») ambientale di una qualsiasi sostanza, ma per ottenere la valutazione appropriata del suo rischio è necessario indagare anche le possibili vie di esposizione ambientale della tossina medesima. Per ottenere una valutazione appropriata è necessario quindi effettuare esperimenti che prevedono una maggiore verosimiglianza nelle condizioni ecologiche di saggio. A questo proposito rivestono un ruolo importante gli studi in campo (FIRBANK *et al.*, 2005). Nella letteratura scientifica esistono un buon numero di lavori che hanno riguardato le principali colture Bt attualmente in commercio (mais e cotone), mentre le acquisizioni relative ad altri agro-ecosistemi

Tabella 2 – Studi di laboratorio condotti sui nemici naturali esposti alle piante geneticamente modificate esprimenti tossine Cry. Il numero totale dei casi è la somma di tutti i singoli parametri biologici considerati. La tabella è parte del materiale aggiuntivo in ANDOW *et al.* 2006.

Transgene	Numero di casi (% in parentesi)				
	Effetti Significativamente Negativi (P<0.05)	Non signif. Negativi 0.05<P<0.49	Neutrali	Non signif. Positivi 0.05<P<0.49	Effetti Significativamente Positivi (P<0.05)
<i>Predatori</i>					
<i>Cry1Ab/c/2a</i>	69 (21)	67 (21)	166 (51)	12 (4)	10 (3)
Esclusa <i>C. Carnea</i>	14 (10)	32 (23)	77 (55)	8 (6)	10 (7)
<i>Cry 3A/Bb</i>	3 (4)	13 (18)	45 (62)	11 (15)	1 (1)
<i>Parassitoidi</i>					
<i>Cry1Ab/c</i>	61 (36)	17 (9)	78 (46)	7 (4)	8 (5)
<i>Cry1Ab/c + CpTI *</i>	22 (44)	12 (24)	15 (30)	1 (2)	0
Altri geni <i>Cry</i>	8 (47)	3 (18)	5 (29)	0	1 (6)

* Inibitore della Tripsina

stemi sono più limitate. Per valutare in modo complessivo le risultanze di tutti questi studi, MARVIER *et al.* (2007) hanno condotto una meta-analisi considerando 42 prove di campo effettuate con colture geneticamente modificate di mais e cotone esposti a tossine Cry derivate da *Bacillus thuringiensis*. La valutazione scaturita da questa analisi indica che gli invertebrati «non-bersaglio» risultano essere generalmente più abbondanti nei campi di cotone e mais Bt in confronto con campi non transgenici trattati con insetticidi. Comunque, se il confronto viene esteso a campi controllo non trattati, alcuni taxa risultano meno abbondanti nei campi Bt.

Va infine ricordato che gli studi fin qui effettuati si riferiscono ad un numero molto limitato di tossine del gruppo Cry (in particolare delle famiglie Cry1 e Cry3), mentre le scoperte di nuove proteine appartenenti a questa classe sono in continuo aumento e ad oggi ne sono state caratterizzate circa 400 (http://www.lifesci.sussex.ac.uk/home/Neil_Crickmore/Bt/toxins2.html).

L'uso di insetticidi e le PGM. I più recenti report sull'utilizzo di insetticidi in agro-ecosistemi transgenici indicano che esiste una certa riduzione del loro uso, ma questa è molto differente fra le varie colture e le diverse aree geografiche (KLETER *et al.*, 2007). Il massimo vantaggio si sta ottenendo ad esempio nella coltura del cotone, in aree dove la lotta chimica era la modalità esclusiva di controllo degli insetti (riduzione del 54-77% di principio attivo, MORSE *et al.*, 2005). Per altre colture invece (es. mais) tale riduzione sembra meno evidente (BENBROOK, 2003). La ragione principale del concomitante ricorso a mezzi di lotta chimici, va ricercato nell'attività di altri fitofagi e fitomizi che non sono sensibili alle tossine Cry, e che in mancanza di altre misure di controllo e di altri erbivori competitori possono causare danni rilevanti alla coltura.

L'IMPATTO DELLE PGM SULLA BIODIVERSITÀ

La biodiversità in un agro-ecosistema è importante per il suo valore intrinseco, ma anche per la sua influenza su alcune funzioni ecologiche (e.g. controllo naturale, impollinazione, ecc.) che sono vitali per una produzione agricola sostenibile. La maggior parte degli studi ecologici in campi coltivati con PGM ha finora preso in considerazione una o poche specie non bersaglio, oppure stimato la biodiversità usando indici di tipo α . Entrambi questi approcci hanno degli evidenti limiti concettuali. Nel primo caso infatti, la valutazione dell'impatto ambientale viene fatta con un potere di analisi scorretto (sottostima dell'errore statistico di tipo II) perché non sono considerate tutte le interazioni fra la specie oggetto di valutazione e le altre

specie a questa collegate nella rete alimentare. Inoltre, equiparare l'abbondanza di una specie alla funzionalità ecologica cui questa specie contribuisce può portare a stime erranee dell'impatto ambientale delle PGM (e.g. NARANJO, 2005). Per quanto attiene all'uso di indici di diversità di tipo, va precisato che essi non sono stati concepiti per scopo comparativo, inoltre la loro elaborazione con metodi di analisi statistica di tipo univariato (e.g. CANDOLFI *et al.*, 1994) conduce ad un sensibile errore di calcolo (SOUTHWOOD, 1978).

L'approccio multivariato applicato alla stima della biodiversità in colture transgeniche ha fornito recentemente un notevole contributo alla conoscenza degli agro-ecosistemi cotone e mais Bt (e.g. NARANJO, 2005; DIVELY, 2005). Nell'ambito del progetto Europeo Bt-BioNoTa, è stato valutato un approccio ecologico-statistico per la stima della biodiversità di predatori e fitofagi «non bersaglio» in agro-ecosistemi orticoli che possono rivestire in futuro un maggiore interesse in altre aree colturali del mondo (ARPAIA *et al.*, 2007). Con questo approccio è stato possibile ad esempio dedurre che la biodiversità dell'artropodofauna non-bersaglio fra PGM di patata, melanzana e colza valutata comparativamente per 2-3 stagioni colturali non risulta significativamente diversa da quella rilevata nelle stesse varietà non trasformate.

RIASSUNTO

L'impatto ambientale delle piante geneticamente modificate (PGM) è tuttora un argomento dibattuto dal punto di vista scientifico e normativo. Un particolare rilievo è rivestito dalla valutazione di possibili effetti a carico della fauna «non bersaglio». Il normale funzionamento di un ecosistema è assicurato da un numero, spesso elevato, di specie coinvolte nelle principali funzioni ecologiche, (e.g. impollinazione, turn-over degli alimenti, decomposizione, ecc.). Eventuali cambiamenti nell'assemblaggio delle specie negli agro-ecosistemi potrebbero indurre alterazioni nelle funzioni ecologiche, sia nelle aree coltivate che nell'ambiente circostante. Un crescente numero di studi sta ampliando le conoscenze sulla compatibilità ambientale di tale innovativo mezzo di difesa, tuttavia non esistono informazioni ugualmente approfondite per tutti i transgeni utilizzati o per tutti i principali organismi non-bersaglio. Lo studio della biodiversità in condizioni di campo può fornire ulteriore credibilità scientifica alle valutazioni di compatibilità ambientale di questa come di altre tecnologie.

BIBLIOGRAFIA

- ANDOW D.A., LÖVEI G.L., ARPAIA S., 2006 – *Bt transgenic crops, natural enemies and implications for environmental risk assessment*. Nat. Biotechnol. 24: 749-751.
- ARPAIA S., 1999 – *Transgenic resistance of eggplants to the Colorado potato beetle*. PhD thesis Wageningen Agricultural University, 128 pp.

- ARPAIA S., 2002 – *Effects of transgenic (Bt) crops on natural enemies*. In: D. Pimentel (ed.) *Encyclopedia of Pest Management*: 234-236. Marcel Dekker Inc.
- ARPAIA S., DI LEO G.M., FIORE M.C., SCHMIDT J.E.U., SCARDI M., 2007 – *Composition of Arthropod Species Assemblages in Bt-expressing and Near Isogenic Eggplants in Experimental Fields*. *Environ. Entomol.*, 36 (1): 213-227
- BENBROOK C.M., 2003 - *Impacts of Genetically Engineered Crops on Pesticide Use in the United States: The First Eight Year*. BioTech InfoNet. Technical Paper No. 6, 42 pp.
- CANDOLFI M.P., BROWN K., GRIMM C., REBER B., SCHMIDL H., 2004 – *A faunistic approach to assess potential side-effects of genetically modified Bt-corn on non-target arthropods under field conditions*. *Biocontrol Sci. Technol.* 14: 129-170.
- DIVELY G.P., 2005 – *Impact of transgenic VIP3AxCry1Ab lepidopteran-resistant field corn on the nontarget arthropod community*. *Environ. Entomol.* 34: 1267-1291
- FIRBANK L., LONSDALE M., POPPY G., 2005 – *Reassessing the environmental risks of GM crops*. *Nat. Biotechnol.* 23 (12): 1475-1476.
- JAMES, C., 2006 – *Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2006*. ISAAA Brief No. 35. Ithaca, NY.
- KLETER G.A., BHULA R., BODNARUK K., CARAZO E., FELSOT A.S., HARRIS C.A., KATAYAMA A., KUIPER H.A., RACKE K.D., RUBIN B., SHEVAH Y., STEPHENSON G.R., TANAKA K., UNSWORTH J., WAUCHOPE R.D., WONG S.S., 2007 – *Altered pesticide use on transgenic crops and the associated general impact from an environmental perspective*. *Pest Manag. Sci.* 63: 1107–1115.
- LOVEI G.L., ARPAIA S., 2005 – *The impact of transgenic plants on natural enemies: a critical review of laboratory studies*. *Entomol. Exp. Appl.* 114 (1): 1-14.
- MARVIER M., MCCREEDY M., REGETZ J., KAREIVA P., 2007 – *A Meta-Analysis of Effects of Bt Cotton and Maize on Nontarget Invertebrates*. *Science* 316, 1475-1477.
- MORSE S., BENNETT R.M., ISMAEL Y., 2005 – *Genetically modified insect resistance in cotton: some farm level economic impacts in India*. *Crop Protect.* 24: 433-440.
- NARANJO S.E., 2005 – *Long-term assessment of the effects of transgenic Bt cotton on the function of the natural enemy community*. *Environ. Entomol.* 34: 1211-1223.
- ROMEIS, J., MEISSE M., BIGLER F., 2006 – *Transgenic crops expressing Bacillus thuringiensis toxins and biological control*. *Nat. Biotechnol.* 24: 63-71.
- SOUTHWOOD T.R.E., 1978 – *Ecological Methods*. Chapman and Hall, New York NY, 524 pp.

STRATEGIE INNOVATIVE DI CONTROLLO DEGLI INSETTI DANNOSI ATTRAVERSO LA INCOMPATIBILITÀ CITOPLASMICA INDOTTA DAL BATTERIO SIMBIONTE *WOLBACHIA PIPIENTIS*

MAURIZIO CALVITTI (*) - ROMEO BELLINI (**) - SANDRA URBANELLI (***)

(*) ENEA Casaccia, Dip. BAS-BIOTEC Agro (RM).

(**) Centro Agric. Amb. G. Nicoli (BO).

(***) Dip. Gen. e Biol. Mol. Univ. «La Sapienza» (RM).

Lettura tenuta nella Sessione «Controllo Biologico e Biotecnologie Entomologiche» del XXI Congresso Nazionale Italiano di Entomologia; Campobasso, 11-16 giugno 2007

Innovative applied strategies for pest control based on Wolbachia induced Cytoplasmic Incompatibility

Cytoplasmic Incompatibility (CI) is a post-copula reproductive barrier resulting in embryonic mortality. «Unidirectional incompatibility» occurs when uninfected females mate with *Wolbachia*-infected males while «Bidirectional CI» characterizes crosses between males and females harbouring different strains of *Wolbachia*. In nature CI is rarely expressed at 100% depending on the relationship between *Wolbachia* and its host.

Some applied strategies based on *Wolbachia* induced CI have been proposed for genetic control of insect pests. One of this is the «Incompatible Insect Technique» (I.I.T) an approach similar to the conventional Sterile Insect Technique (S.I.T), designed to release incompatible males instead of irradiated ones.

This strategy is potentially applicable against target species in which *Wolbachia* induces complete CI (100% embryonic mortality), maternal transmission is very efficient (important for maintaining the infection) and infected females show fitness advantages. The multiple *Wolbachia* infections that naturally occur in *Aedes albopictus* (Skuse) make this mosquito species a potential target species for I.I.T. Nevertheless, because *Ae. albopictus* is uniformly superinfected with two *Wolbachia* strains (*wAlb A* and *wAlb B*), this means that it is not possible to identify natural incompatible strains in this mosquito species and that artificially generated incompatible infection is required. The use of embryonic microinjection to transfer *Wolbachia* horizontally opens new perspectives in the application of the I.I.T. also against *Ae. albopictus*. Researches are in progress to evaluate the supportive host background, the adaptation and the induction of CI, when transferring in *Ae. albopictus* new *Wolbachia* strains taken from other infected species (*Drosophila* spp., *Culex pipiens*). The final target is to produce trans-infected *Ae. albopictus* lines in which males are fully incompatible with natural infected females.

KEY WORDS: *Wolbachia*, Cytoplasmic Incompatibility, *Aedes albopictus*.

INCOMPATIBILITÀ CITOPLASMICA INDOTTA DA *WOLBACHIA*

La incompatibilità citoplasmatica (IC) è una barriera riproduttiva post-copula tra individui della stessa specie infettati da differenti ceppi di *Wolbachia* (Rickettsiales), un batterio endosimbionte intracellulare che si stima presente nel 15-30% delle specie del Phylum *Arthropoda* e di alcune specie dei Phyla *Crustacea* e *Nematoda* (WERREN *et al.*, 1995).

Tale sterilità è detta «unidirezionale», allorché un maschio infetto si incrocia con una femmina non infetta (l'incrocio reciproco è perfettamente fertile), oppure «bidirezionale» quando un maschio infettato si incrocia con una femmina infettata con un ceppo differente del simbionte; anche l'incrocio reciproco è sterile.

Sebbene il meccanismo della IC non sia stato ancora completamente compreso a livello molecolare, studi genetici e citogenetici compiuti su *Drosophila* suggeriscono che *Wolbachia* modifichi i cromosomi

paterni durante la fase di sviluppo degli spermatozoi con conseguenze nei processi di divisione mitotica che portano alla perdita di una normale sincronia dei processi di divisione cellulare embrionale (CALLAINI *et al.*, 1997; PRESGRAVES, 2000).

PROSPETTIVE DI LOTTA GENETICA PER IL CONTROLLO DI INSETTI VETTORI: IL CASO *Aedes albopictus*

Aedes (Stegomyia) albopictus (Skuse) (Diptera: Culicidae) (nome comune Zanzara Tigre) è un culicida antropofilo, a diffusione urbana, vettore potenziale di molti agenti patogeni dell'uomo. Recentemente la specie è salita alla ribalta dell'informazione pubblica italiana in seguito all'accertamento, nel Nord Italia, di un focolaio epidemico di virus *Chikungunya*, una forma di influenza osteo-articolare di cui l'insetto è vettore (ANGELINI *et al.*, 2007).

Le tecniche tradizionali di lotta, utilizzate tradizionalmente per il controllo di altre specie di zan-

zare, non riscuotono grande successo nel caso di *Ae. albopictus* per l'abbondanza e la diversità dei siti riproduttivi di questa specie, diffusi anche in aree private non facilmente accessibili.

Una delle soluzioni alternative alla lotta chimica, sempre di maggiore interesse, è rappresentata dalle strategie di lotta su basi genetiche, in particolare dalla tecnica del maschio sterile (S.I.T.).

La Zanzara Tigre, infatti, presenta alcune caratteristiche bio-ecologiche che ne fanno una specie ideale per la lotta con il metodo S.I.T.: bassa capacità dispersiva (HAWLEY, 1988), distribuzione delle popolazioni in isolati urbani, una struttura genetica omogenea (URBANELLI *et al.*, 2000). Nel 1999 il Centro Agricoltura Ambiente (CAA) di Crevalcore (Bo), in collaborazione con ENEA ed il Dipartimento di Genetica e Biologia Molecolare della Sapienza di Roma, ha avviato il progetto «SIT *Aedes albopictus*», progetto tuttora in pieno svolgimento (BELLINI *et al.*, 2007). Tra le linee di ricerca perseguite, oltre a quelle preliminari e di base per qualsiasi progetto di lotta col maschio sterile (dosimetria, bioecologia, genetica di popolazione), è in corso di studio la possibilità di sviluppare la «Incompatibile Insect Technique» (I.I.T.), una tecnica in tutto e per tutto analoga alla tecnica di lotta col maschio sterile (S.I.T. convenzionale), basata sull'allevamento e rilascio massale di maschi «citoplasmaticamente incompatibili». Tale approccio fu sperimentato per la prima in India (LAVEN, 1967) per il controllo di *Culex pipiens fatigans*, specie nella quale sono stati riscontrati differenti «mating types». Tra i vantaggi di tale metodo c'è che l'insetto «incompatibile», rilasciato in campo, non è soggetto ad alcun trattamento con radiazioni ionizzanti che potrebbe ridurre la sua competitività sessuale (ANDREASEN e CURTIS, 2005).

Tale approccio risulta particolarmente indicato quando la simbiosi tra *Wolbachia* ed il suo ospite si presenta con alcune caratteristiche (parametri d'infezione) quali: alta efficienza nella trasmissione materna, IC che si esprime totalmente e fitness delle femmine infette maggiore o comunque non inferiore a quella di eventuali femmine non infette. La zanzara *Aedes albopictus* (Skuse), ad esempio, presenta queste caratteristiche. Non c'è alcun dubbio che il sistema infettivo doppio che caratterizza il rapporto simbiotico *Wolbachia-Ae. albopictus* costituisca un sistema molto utile per lo studio della IC e delle sue possibili applicazioni. Dagli studi fatti sino ad oggi (USA, Giappone, Europa e Sud Est Asiatico) risulta che questa zanzara è coinfectata da due differenti citotipi di *Wolbachia*: il tipo *walbA* ed il tipo *walbB* (AMBRUSTER *et al.*, 2003). Differentemente da quanto riscontrato in *Culex pipiens fatigans*, popolazioni tra loro incompatibili non sono state riscontrate in *Ae.*

albopictus. In tal senso il rilascio di maschi incompatibili così come prospettato da LAVEN (1967) per il controllo delle popolazioni indiane di *Cx. pipiens fatigans* sarebbe oggi inapplicabile per *Ae. albopictus*.

Grazie allo sviluppo delle biotecnologie entomologiche, ed in particolare delle tecniche di microiniezione embrionale, negli ultimi anni è stata sperimentata la possibilità di produrre in laboratorio popolazioni di insetti con uno stato infettivo mai riscontrato in natura. Ad esempio è stata creata in laboratorio una linea di *Aedes aegypti*, culicide non infetto in natura, con *Wolbachia* prelevata da *Ae. albopictus*; l'infezione conferisce IC totale (XI *et al.*, 2005). Inoltre è stata anche esplorata con successo la possibilità di creare in *Ae. albopictus* infezioni con *Wolbachia wRi* proveniente da *Drosophila simulans* in *Ae. albopictus* (XI *et al.*, 2006); in tal caso l'induzione di IC è risultata soltanto parziale come del resto la trasmissione materna del simbionte da parte del nuovo ospite.

In considerazione degli eccellenti risultati ottenuti nel trasferimento interspecifico di *Wolbachia* in specie del genere *Aedes*, gli sforzi della ricerca sono ora focalizzati sulla reale possibilità di creare in laboratorio popolazioni che siano portatrici di ceppi di *Wolbachia* in grado di indurre IC negli accoppiamenti dei maschi con femmine della popolazione selvatica. I ceppi di *Wolbachia* attualmente in studio per essere trasferiti in *Ae. albopictus* sono *wMel* e *wPip* prelevati rispettivamente dai loro ospiti naturali *D. melanogaster* e *Cx. pipiens* specie nella quali il simbionte provoca IC unidirezionale.

Ovviamente il trasferimento artificiale del batterio è solo il primo passo e l'eventuale successo nella creazione di una nuova associazione simbiotica non è un fatto puramente tecnico. Il nuovo ospite deve sostenere la nuova infezione, senza effetti deleteri sulla propria fitness e favorire la realizzare di una nuova simbiosi basata sull'integrazione delle funzioni del batterio con quelle delle cellule del nuovo ospite. Ma tutti questi aspetti sono regolati da fattori, ancora poco noti, legati al genoma delle due specie interagenti (MCGRAW *et al.*, 2001) che potrebbero venire in luce proprio attraverso la realizzazione di queste nuove simbiosi.

RIASSUNTO

L'incompatibilità citoplasmica (IC) è una barriera riproduttiva post-copula tra individui della stessa specie caratterizzati da un differente stato infettivo relativamente al batterio simbionte *Wolbachia* (Rickettsiales).

La IC può essere «unidirezionale» quando un maschio infetto si incrocia con una femmina non infetta (l'incrocio reciproco è perfettamente fertile) oppure bidirezionale quando un maschio infettato si incrocia con una femmina infettata da un ceppo differente del simbionte (l'incrocio reciproco è ugualmente sterile). In natura soltanto in alcu-

ni casi la IC è del 100% e questo dipende proprio dal rapporto specifico tra il batterio ed il suo ospite.

Il possibile sfruttamento di questa forma naturale di sterilità, che può essere usata anche nei programmi tradizionali di lotta con l'insetto sterile per ridurre le dosi di sterilizzazione con raggi gamma, va sotto il nome di «Incompatible Insect technique=I.I.T» e risulta particolarmente indicato in quelle specie nelle quali coesistono in natura popolazioni con stati infettivi differenti caratterizzati da alta efficienza nella trasmissione verticale del batterio, IC del 100% e fitness degli individui infetti maggiore od uguale a quella dei non infetti. Il doppio sistema infettivo (*walbA+ walbB*) che caratterizza il rapporto simbiotico *Wolbachia-Ae. albopictus* presenta caratteristiche dell'infezione che ne fanno un interessante sistema per lo studio della IC e delle sue possibili applicazioni nel controllo genetico non solo dei vettori ma degli insetti dannosi in generale. Tuttavia, in considerazione dell'omogeneità del pattern infettivo che caratterizza in particolare la simbiosi *Ae. albopictus-Wolbachia* e quindi dell'assenza in natura di popolazioni tra loro incompatibili, le ricerche sull'applicazione della IC per il controllo di questa specie, sono attualmente indirizzate alla messa a punto dei protocolli di «microiniezione embrionale» mediante i quali produrre in laboratorio linee con uno stato infettivo non osservato in natura, i cui maschi possano risultare incompatibili con le femmine selvatiche. A tal riguardo attualmente sono in sperimentazione tentativi di trans-infezione di *Ae. albopictus* con ceppi di *Wolbachia* prelevati da *Drosophila melanogaster* (*wMel*) e *Culex pipiens* (*wPip*).

BIBLIOGRAFIA

- ANDREASEN M.H. & CURTIS C.F., 2005 – *Optimal life stage for radiation sterilization of Anopheles males and their fitness for release*. Medical and Veterinary Entomology, 19: 238-244.
- ANGELINI R., FINARELLI A.C., ANGELINI P., PO C., PETROPULACOS K., MACINI P., FIORENTINI C., FORTUNA C., VENTURI G., ROMI R., MAJORI G., NICOLETTI L., REZZA G., CASSONE A. – 2007 – *An outbreak of Chikungunya fever in the Province of Ravenna, Italy*. Eurosurveillance weekly release, 12 (9).
- ARMBRUSTER P., DASMKY JR. W.E., GIORDANO R., BIRUNGI J., MUNSTERMANN L.E., CONN J.E., 2003 – *Infection of New and Old-World Aedes albopictus (Diptera: Culicidae) by the intracellular Parasite Wolbachia: implications for Host Mitochondrial DNA Evolution*. J. Med. Entomol., 40 (3): 356-360.
- BELLINI R., CALVITTI M., MEDICI A., CARRIERI M., CELLI G., MAINI S., 2007 – *Use of the Sterile Insect Technique against Aedes albopictus in Italy: First Results of a Pilot Trial*. In: Vreysen, M.J.B., Robinson A.S., and Hendrichs J. (Eds.), *Area-Wide Control of Insect Pests: From Research to Field Implementation*. Springer, Dordrecht, The Netherlands (in press).
- CALLAINI G., DALLAI R., RIPARBELLI M.G., 1997 – *Wolbachia-induced delay of paternal chromatin condensation does not prevent maternal chromosomes from entering anaphase in incompatible crosses of Drosophila simulans*. J. Celi Sci., 110: 271-280.
- HAWLEY W.A., 1988 – *The biology of Aedes albopictus*. Journ. Am. Mosq. Assoc., Suppl 1, 40 pp.
- MCGRAW E.A., MERRITT D.J., DROLLER J.N., O'NEILL S.L., 2001 – *Wolbachia-mediated sperm modification is dependent on the host genotype in Drosophila*. Proc. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci. 268, pp. 2565-2570.
- PRESGRAVES D.C., 2000 – *A genetic test of the mechanism of Wolbachia-induced cytoplasmic incompatibility in Drosophila*. Genetics, 154: 771.
- URBANELLI S., BELLINI R., CARRIERI M., SALLICANDRO P., CELLI G., 2000 – *Population structure of Aedes albopictus (Skuse): the mosquito which is colonizing Mediterranean countries*. Heredity, 4: 331-337.
- WERREN J.H., WINDSOR D., GUO L.R., 1995 – *Distribution of Wolbachia among neotropical arthropods*. Proc. R. Soc. Lond. (Biol), 262: 197-204.
- XI Z., DEAN J., KHOO C., DOBSON S., 2005 – *Generation of a novel Wolbachia infection in Aedes albopictus (Asian Tiger mosquito) via embryonic microinjection*. Insect Biochem. Mol. Biol., 35: 903-910.
- XI Z., KHOO C., DOBSON S., 2005 – *Wolbachia establishment and invasion in an Aedes aegypti laboratory population*. Science, 310: 326-328.

LA LOTTA INTEGRATA NELLE AZIENDE ALIMENTARI: LIMITI E POSSIBILITÀ

LUCIANO SÜSS (*) - SARA SAVOLDELLI (*)

(*) Istituto di Entomologia agraria dell'Università degli Studi di Milano, via Celoria 2, 20133 Milano.

Lettura tenuta nella Sessione «Entomologia Medica/Veterinaria, Merceologica e Urbana» del XXI Congresso Nazionale Italiano di Entomologia. Campobasso; 11-16 giugno 2007.

Il presente lavoro deriva da considerazioni sull'argomento, conseguenti a numerose esperienze pratiche effettuate degli Autori nel corso degli anni 2004-2006 e va quindi inteso come paritetico.

Integrated pest management in food industries: limits and possibilities

Integrated pest management, typically applied in farming, has been considered in stored product warehouses and food industries. The general principle is the prevention from pest infestations and the monitoring of pest populations, followed by a rational pest control, using chemical products only if there are not other alternatives. Presently the weak point of integrated pest management in food industries is that monitoring and treatments are often independently one from the other.

KEY WORDS: IPM, monitoring, pest control, food industries.

La «gestione integrata» delle avversità ha portato alla diminuzione dei residui di antiparassitari nei prodotti agricoli, procrastinando fenomeni di resistenza degli organismi infestanti. Questi aspetti hanno spinto a considerare la possibilità di attuare la lotta integrata anche nel post-raccolta, dalla conservazione delle materie prime in magazzino, alla difesa antiparassitaria «globale» delle industrie alimentari. L'applicazione di questa tecnica è stata ancor più incentivata dalla necessità di attuare programmi di autocontrollo dei rischi; tra questi, oltre che quelli fisici e chimici, si sono dovuti inserire quelli biologici, la cui eliminazione, se ottenuta grazie ad una fitta serie di interventi antiparassitari, risulta inaccettabile. Nelle industrie il concetto di «punto critico» (CP) nel caso di approccio al sistema HACCP per la sicurezza degli alimenti finisce con l'essere paragonabile ai concetti di «soglia di danno economico» e di «soglia di intervento», utilizzati in pieno campo.

Nel post-raccolta si distinguono due situazioni: l'immagazzinamento delle materie prime e la loro trasformazione industriale. Le infestazioni hanno infatti inizio nei magazzini, proseguendo nelle industrie alimentari, nei centri di distribuzione delle merci, nella fase di trasporto. Gli attacchi parassitari si evidenziano nei punti di vendita o, addirittura, nell'abitazione del consumatore. Ciascuno di questi ambienti presenta delle peculiarità, ragioni per cui le strategie e le tattiche di difesa debbono inevitabilmente variare.

Nello stazionamento delle materie prime in magazzino possono essere tollerate perdite quantitative

o qualitative; ne scaturiranno valori limite di presenza di insetti o di loro frammenti. Al contrario, nelle fasi di produzione, la soglia di tolleranza in pratica è pari a zero; ogni corpo estraneo, seppur accidentalmente finito in un prodotto, ne determina l'inaccettabilità. Ne deriva che una gestione integrata delle avversità nel post raccolta è poco od affatto focalizzata su fattori naturali di mortalità. D'altra parte si ha a che fare con strutture nelle quali a volte è possibile la manipolazione delle condizioni ambientali, tale da renderle meno favorevoli allo sviluppo degli infestanti. Se non si interviene su tali aspetti, esiste il rischio di dover effettuare una serie di interventi antiparassitari, in netta antitesi con la filosofia dell'HACCP (Süss, 2000).

Molto spesso gli infestanti vivono anche all'esterno degli edifici e sono in grado di penetrarvi attraverso porte o finestre mal chiuse, anche subito dopo l'effettuazione di interventi drastici, quali quelli con gas tossici, attratti dall'odore di cibo e dal microclima favorevole (CAMPBELL & ARBOGAST, 2004; TOEWS *et al.*, 2006).

Eppure, anche nelle industrie è possibile attuare questa tecnica di lotta, integrando tutte le possibili tattiche in un programma in grado di fornire una soluzione duratura al problema. I principi fondamentali riguardano la prevenzione ed il monitoraggio, cui seguirà eventualmente una razionale difesa antiparassitaria, privilegiando i metodi e i mezzi meno pericolosi.

Relativamente alle materie prime immagazzinate per lunghi periodi, la prevenzione consiste nel pulire i depositi prima dello stivaggio, nella ventilazione e

ricircolo dei cereali, nel rifiuto di partite già infestate; verrà quindi effettuato un monitoraggio cadenzato; la previsione dell'andamento delle infestazioni e delle conseguenti perdite può essere valutata anche utilizzando modelli matematici. La conoscenza di tali dati consente di effettuare simulazioni di sviluppo. È quindi possibile in questo caso utilizzare organismi ausiliari, la cui presenza può contenere gli infestanti entro limiti accettabili. Modelli di simulazione derivanti dallo studio dell'ecosistema «cereali immagazzinati», sono stati messi a punto da numerosi Autori (STONE & SCHAUB, 1990; WILLIAMS *et al.*, 2006).

Nelle industrie alimentari, non esistendo soglie di tolleranza, la prevenzione ed il monitoraggio delle infestazioni sono elementi fondamentali. Non è invece qui attuabile la lotta biologica, che porta ad una situazione di equilibrio tra infestanti, predatori e/o parassitoidi, con il rischio che gli stessi ausiliari, o le loro spoglie, finiscano nei prodotti destinati al consumo. La prevenzione è imperniata su una adeguata costruzione degli edifici e sulla razionale progettazione degli impianti. Relativamente alle pratiche di esclusione, è opportuno ricordare il lavoro di CAMPBELL & ARBOGAST (2004), in cui gli Autori riferiscono come l'impiego di trappole a feromone installate all'interno e all'esterno dell'impianto per monitorare *Plodia interpunctella* (Hübner) e *Tribolium castaneum* (Herbst) ha messo in luce una presenza delle due specie superiore all'esterno che all'interno del molino stesso: ciò dimostra che gli insetti possono entrare in qualsiasi edificio non opportunamente difeso. Pure interventi con insetticidi localizzati in fessure rientrano nelle pratiche di prevenzione. È fondamentale per una strategia di lotta integrata attuare un sistema di monitoraggio efficace. Non ci si può basare solo sul monitoraggio con trappole, ma bisogna effettuare accurate ispezioni dirette. È stato recentemente evidenziato come la correlazione tra catture di *Plodia interpunctella* con trappole a feromone e reale densità dell'insetto in un ambiente varia in funzione del grado di infestazione in atto (SAVOLDELLI, 2006).

Il monitoraggio viene attuato non solo con trappole alimentari o a feromone, ma anche con l'impiego di trappole luminose e con l'esame di eventuali tracce lasciate dagli insetti stessi. L'ispezione diretta deve essere focalizzata in particolare nelle zone "marginali" dei reparti. Si possono così precisare le zone ove è impossibile avere colonizzazioni, in quanto troppo calde, mentre altre presentano valori ottimali per lo sviluppo degli infestanti; altre ancora, meno riscaldate, consentono il completamento di cicli biologici più rallentati.

Nel complesso, quindi, è indispensabile utilizzare diversi sistemi di monitoraggio (CUPERUS *et al.*, 1990;

WHITE, 1992). Spesso questo non viene correlato con la dovuta tempestività con un intervento idoneo a bloccare una incipiente presenza di organismi infestanti. Nelle industrie alimentari si assiste tuttora ad un monitoraggio effettuato per lo più mensilmente o, al massimo, a cadenza quindicinale: le decisioni di intervento finiscono così con l'essere tardive, in quanto è probabile che, nel frattempo, gli insetti abbiano già deposto, perpetuando l'attacco; con tale sistema si evidenzia la dinamica di popolazione degli infestanti e, osservando nel contempo gli interventi antiparassitari attuati, si può concludere che monitoraggio e trattamenti si sono sviluppati in modo pressoché indipendente l'uno dall'altro. È questo, attualmente, il «punto debole» della difesa antiparassitaria «integrata» nelle industrie alimentari, causato da motivi economici (costo connesso al tempo dedicato al monitoraggio), o da una non buona preparazione tecnica. Nelle industrie alimentari la presenza di infestazioni deve essere inesistente; tuttavia, l'utilizzo di sostanze chimiche per la lotta antiparassitaria sarà tanto meno frequente, quanto più si sarà in grado di attuare razionali operazioni atte a prevenire gli insediamenti e adeguate tecniche di monitoraggio (SAVOLDELLI & PANZERI, 2007).

Riteniamo quindi che l'utilizzo della lotta integrata sia una strategia a cui ineluttabilmente si dovrà fare sempre più riferimento, anche in considerazione delle sempre più ridotta disponibilità di insetticidi a largo spettro d'azione, imposta dalle Autorità e particolarmente richiesta dai consumatori.

RIASSUNTO

La «gestione integrata» delle avversità, tipicamente applicata in agricoltura, è stata presa in considerazione anche nel post-raccolta, dalla conservazione delle materie prime in magazzino, alla difesa antiparassitaria «globale» delle industrie alimentari. I principi fondamentali riguardano la prevenzione dagli attacchi parassitari ed il monitoraggio dei potenziali infestanti, seguiti da una razionale difesa antiparassitaria imperniata sul principio di privilegiare i metodi e i mezzi meno pericolosi, ricorrendo a interventi chimici solo in caso di estrema necessità.

Nelle industrie alimentari si assiste tuttora ad un monitoraggio effettuato per lo più mensilmente: le decisioni di intervento prese in relazione ai dati di cattura rilevati finiscono così con l'essere tardive. Monitoraggio e interventi si sviluppano in modo pressoché indipendente l'uno dall'altro. È questo, attualmente, il «punto debole» della difesa antiparassitaria «integrata» nelle industrie alimentari, causato da motivi economici, o da una non buona preparazione tecnica degli operatori.

BIBLIOGRAFIA

CAMPBELL J.F. ARBOGAST R.T., 2004 – *Stored-product insects in a flour mill: population dynamics and response to fumigation treatments*. Entomologia Experimentalis et Applicata, 112: 217-225.

- CUPERUS G.W., NOYES R.T., FARGO W.S., CLARY B.L., ARNOLD D.C., ANDERSON K., 1990 – *Management practices in a high risk stored wheat system in Oklahoma*. American Entomologist, 36: 129-134.
- SAVOLDELLI S., 2006 – *Correlation between Plodia interpunctella Hübner (Lepidoptera, Pyralidae) males captured with a wing trap and the real density of moth's population*. Proc. 9th International Working Conference on Stored Product Protection, Campinas, Brazil, 15-18 October 2006: 487-491.
- SAVOLDELLI S., PANZERI E., 2007 – *Un anno di esperienze di lotta integrata in un'industria molitoria*. Atti Convegno «L'eliminazione del bromuro di metile per la disinfestazione di industrie alimentari e strutture. Risultati di due anni di esperienze pratiche». Bologna, 15 febbraio 2007. A cura di L. Süss, C. Corticelli, S. Savoldelli, I. Piani: 41-51.
- SÜSS L., 2000 – *Monitoraggio delle infestazioni, soglie di tolleranza ed H.A.C.C.P.* Igiene Alimenti - Disinfestazione & Igiene Ambientale, 17 (2): 1-4.
- STONE N.D., SCHAUB L.P., 1990 – *A hybrid expert system/simulation model for the analysis of pest management strategies*. Appl. Nat. Resource Manage., 4: 17-26.
- TOEWS M.D., CAMPBELL J.F., ARTHUR F.H., 2006 – *Temporal dynamics and response to fogging or fumigation of stored-product Coleoptera in a grain processing facility*. Journal of Stored Products Research, 42: 480-498.
- WHITE N.D.G., 1992. – *A multidisciplinary approach to stored-grain research*. Journal of Stored Products Research, 19: 89-91.
- WILLIAMS R.H., HOOK S.C.W., PARKER C.G., SHIELDS J., KNIGHT J.D., ARMITAGE D.M., 2006 – *GrainPlan - development of a practical tool to improve grain storage on UK farms: knowledge transfer in action*. Proc. 9th International Working Conference on Stored Product Protection, Campinas, São Paulo, Brazil, 15-18 October 2006: 1206-1211.

IMPLICAZIONI ECOSOCIALI NEL MIGLIORAMENTO DELLA SALUTE DEL BESTIAME TRAMITE LA GESTIONE DI ARTROPODI VETTORI DI MALATTIE IN ETIOPIA

JOHANN BAUMGÄRTNER (*) (°°) - GETACHEW TIKUBET (**) - GIANNI GILIOLI (***) (°°)
ANDREW PAUL GUTIERREZ (****) (°°) - ANDREA SCIARRETTA (°) - PASQUALE TREMATERRA (°)

(*) *Università degli Studi di Milano, Istituto di Entomologia agraria, Milano, Italia.*

(**) *International Centre of Insect Physiology and Ecology, Addis Ababa, Ethiopia.*

(***) *Università Mediterranea di Reggio Calabria, Dipartimento GESAF, Reggio Calabria, Italia.*

(****) *University of California, ESPM, Berkeley, California, USA.*

(°) *Università degli Studi del Molise, Dipartimento SAVA, Campobasso, Italia.*

(°°) *Centre for Analysis of Sustainable Agricultural Systems, Kensington, California, USA.*

Lettura tenuta nella Sessione «Entomologia Medica/Veterinaria, Merceologica e Urbana» del XXI Congresso Nazionale Italiano di Entomologia; Campobasso, 11-16 giugno 2007.

Ecosocial implications of cattle health improvement based on management of disease transmitting arthropods

The ecosocial system context has advantages over health context in projects that aim at improving the livelihood of people. The objective for ecosocial system management are the balanced enhancement of ecological, economic and social sustainability, the balanced augmentation of ecological, economic and social capital, and the increase of resilience. The implementation strategy relies on adaptive management strategies and facilitation rather than linear technology transfer or advisory schemes. The participation of ecologists is an important component of the implementation strategy. These methods have been used in the adaptive management of tsé-tsé/trypanosomiasis systems in three Ethiopian agropastoral communities. The control of the vector and the disease resulted in a decrease of tsé-tsé and disease prevalence in cattle and positive economic and social consequences. However, observations and a bioeconomic model indicate that the ecosocial system is unable to sustain the development because of inadequate land use and demographic increase. The resident population faces the necessity to select operations that lead to balanced development in ecological economic and social dimensions. These dimensions are unfolding in a complex context of sustainability, capitals and resilience.

KEY WORDS: cattle, tsetse control, ecological, economical-social consequences.

INTRODUZIONE

In molte regioni del mondo le popolazioni umane in rapida crescita sono esposte a stress derivanti, in particolare, da una nutrizione insufficiente e da una vasta gamma di malattie trasmissibili che causano seri problemi di salute e vincolano lo sviluppo locale. Per quanto concerne l'Africa Sub-Sahariana i malanni veicolati da artropodi vettori costituiscono una componente importante delle malattie trasmissibili. Tra gli agenti patogeni coinvolti i più importanti sono quelli della malaria con vettori del genere *Anopheles*, del dengue trasmessi da *Aedes* spp., della filariosi dovuti a *Culex* spp., della tripanosomiasi a *Glossina* spp., della leishmaniosi a *Phlebotomus* spp. e dell'oncocercosi per varie specie di Simuliidae (TDR, 2003). In tale area geografica, l'allevamento costituisce da sempre un'attività economica fondamentale per il sostentamento della vita delle comunità agro-pastorali, fornendo cibo, una minima fonte di reddito e fertilizzanti. La centralità

del bestiame per la sussistenza di molte comunità locali fa sì che la salute del bestiame sia spesso anteposta alla stessa salute umana. Tanto si rivela per la comunità di Luke, nell'Etiopia sud-occidentale, sede dell'attività di ricerca di uno dei progetti considerati nel presente lavoro.

Come è noto anche il bestiame è affetto da patologie trasmesse da artropodi vettori. Al riguardo in Africa la tripanosomiasi veicolata da ditteri del genere *Glossina* spp. è responsabile della morte di 3 milioni di capi bovini l'anno, e gli allevatori fanno uso di circa 35 milioni di dosi di tripanocidi per il trattamento di tale grave malanno (DFID, 2007). Analogamente in tutto il mondo, le zecche (Ixodidae) e le malattie da loro portate hanno un grosso impatto negativo sulla salute umana e su quella degli animali da reddito (JONGEJAN & UILENBERG, 2004). Le conseguenze negative dovute a questi due gruppi di patologie sono notevoli e si esprimono non solo in termini di mortalità e morbidità ma anche con la riduzione della produttività e della forza lavoro animale.

Negli interventi di promozione allo sviluppo è spesso riservato un ruolo primario alla lotta alle malattie trasmesse da vettori, mentre per il controllo dei patogeni e dei sintomi la medicina tropicale privilegia un approccio basato sul singolo individuo; per la gestione delle popolazioni degli artropodi vettori, ci si affida alla protezione integrata (Integrated Pest Management o IPM). Sia gli approcci epidemiologici tradizionali basati sull'individuo, sia il semplice concetto di IPM, si mostrano però troppo restrittivi nel definire gli obiettivi del miglioramento del benessere delle comunità umane (HERREN *et al.*, 2007). L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) vede la salute dell'uomo non solo come la semplice assenza di malattie e infermità ma anche come uno stato di completo benessere fisico, mentale e sociale. Negli interventi di promozione allo sviluppo, il concetto di salute è però spesso considerato più da una posizione teorica che realistica (ANONYMOUS, 2007), in tale ottica si dà più importanza ad uno stato (obiettivo) e non al processo adattativo che consente il miglioramento progressivo di un sistema (WALKER *et al.*, 2006). La natura normativa di tale approccio rende difficile l'uso del concetto di salute umana per definire gli obiettivi degli interventi di promozione allo sviluppo.

In accordo con quanto sostiene NIELSEN (2001), si ritiene che la promozione della salute umana debba essere inquadrata nel livello gerarchico superiore e integrativo degli ecosistemi e racchiusa entro l'obiettivo più generale della salute degli ecosistemi. Per l'United Nations Environment Program (UNEP), infatti, non possono esistere popolazioni in salute senza un ambiente che è analogamente in salute (KOCHTCHEEVA & SINGH, 1999). Gli ecosistemi sono visti come complesse unità funzionali che sostengono la vita e includono tutte le variabili biotiche e abiotiche (JØRGENSEN, 2002). Le popolazioni umane possono e devono essere considerate elementi integrali di questi sistemi.

Allo scopo di sottolineare le interazioni tra componenti sociali e componenti naturali, WALTNER-TOEWS *et al.* (2003) hanno introdotto il termine di sistema ecosociale. In tali contesti le persone non sono più considerate come manager esterni di sistemi ecologici ma come attori che operano all'interno del sistema di cui loro stessi fanno parte. I sistemi ecosociali sono visti come unità complesse rispetto alle quali gli approcci sperimentali tradizionali si rivelano insufficienti a comprenderne la struttura, la dinamica e l'evoluzione (WALTNER-TOWS *et al.*, 2003; WALKER *et al.*, 2006). In questa sede, per motivi di spazio, non è possibile affrontare in modo esaustivo gli obiettivi e le metodologie della gestione degli ecosistemi, si farà solo un breve cenno ad alcuni aspetti che si sono rivelati particolarmente utili nel nostro

lavoro. In accordo con il Rapporto Brundtland delle Nazioni Unite, obiettivo primario degli interventi di gestione degli ecosistemi è quello di dare una risposta ai bisogni del presente senza compromettere quelli delle generazioni future. Allo stesso modo l'Ecological Society of America individua nel miglioramento della sostenibilità l'obiettivo principale della gestione dei sistemi ecologici (CHRISTENSEN *et al.*, 1996).

GOODLAND (1995) ha rilevato la necessità di separare la sostenibilità nelle sue dimensioni ecologiche, economiche e sociali, affermando che la fase ecologica è alla base di quella sociale, mentre la sostenibilità economica è associata a queste due. L'autore, inoltre, pone in relazione i tre tipi di sostenibilità ai capitali ecologici, economici e sociali presenti in un sistema e il cui incremento bilanciato può essere visto come un obiettivo complementare del management degli ecosistemi (GILIOLI & BAUMGÄRTNER, 2007). Quale altro obiettivo per la gestione di sistemi ecologici, è stato proposto anche l'aumento della loro resilienza, vale a dire la quantità di disturbo che un sistema è in grado di assorbire rimanendo nello stesso bacino di attrazione, associata alla capacità di auto-organizzarsi e di generare risposte adattative tramite l'apprendimento (WALKER *et al.*, 2006).

Allo scopo di raggiungere un progresso bilanciato nelle dimensioni della sostenibilità e dell'incremento dei capitali e della resilienza, il management adattativo costituisce un approccio metodologico fondamentale. COMISKEY *et al.* (1999) definiscono quest'ultimo come un processo sistematico e ciclico volto a migliorare continuamente le politiche e le attività di gestione (tattiche e strategiche), sulla base di quanto si apprende nella pratica operativa della gestione stessa. Un secondo elemento metodologico importante riguarda l'esecuzione dei progetti in stretta collaborazione con i beneficiari. Più precisamente, i tradizionali approcci top-down del trasferimento tecnologico e della consulenza in sistemi divulgativi sono sostituiti dal modello della facilitazione (RÖHLING, 1995). In tal modo, il facilitatore interagisce con i membri della comunità e li assiste nel raggiungimento dei loro obiettivi. Nel nostro caso, l'integrazione degli ecologi/entomologi coinvolti nell'esecuzione dei progetti è stata di fondamentale importanza per raggiungere una migliore comprensione della dinamica del sistema ecosociale e per fornire supporto alle decisioni prese nel processo della facilitazione (GILIOLI & BAUMGÄRTNER, 2007).

Obiettivo del presente contributo è quello di illustrare l'approccio utilizzato, riassumendo i risultati ottenuti, in una serie di esperienze progettuali finalizzate al miglioramento delle condizioni di vita in alcune comunità agro-pastorali dell'Etiopia sud-occidentale (BAUMGÄRTNER *et al.*, 2007b).

GESTIONE DELLA SALUTE

Strategia di implementazione a due stadi

Gli interventi iniziali di promozione allo sviluppo, condotti in Etiopia, avevano come obiettivo primario il miglioramento della salute umana. A causa di problemi logistici e organizzativi però solo alcune attività si sono indirizzate a favore dello sviluppo e del progresso delle condizioni di vita delle popolazioni nelle zone di intervento (HERREN *et al.*, 2007). Sulla base di una revisione critica dell'esperienza svolta, è stata da noi ridefinita la strategia operativa, articolandola in due fasi: a) miglioramento delle condizioni di salute degli animali da reddito, b) innesco di una dinamica di sviluppo sostenibile (GILIOLI & BAUMGÄRTNER, 2007). Nonostante gli obiettivi del progetto fossero primariamente indirizzati alla salute animale, i facilitatori si sono occupati anche di monitorare le risposte del sistema ecosociale considerando la dinamica di più variabili. Tale strategia di implementazione è stata adottata per le comunità di Luke (1995-2007), Asosa (2004-2006) e Keto (2004 e 2006). A ciascuna situazione locale è stato assegnato un facilitatore, che ha lavorato ponendosi quale interfaccia tra la comunità e i ricercatori, da un lato, e le istituzioni nazionali dall'altro.

Programma adattativo per il miglioramento della salute del bestiame

Il miglioramento della salute animale è stato cercato tramite il controllo della Mosca tsétsé e della tripanosomiasi animale. Al riguardo si sono impiegate delle trappole per il monitoraggio degli adulti di mosca attivate con urina di vacca, seguendo lo schema indicato dalla Food and Agriculture Organization (FAO); il numero di individui catturati è stato conteggiato ogni 14 giorni circa. Al fine di rilevare il livello di prevalenza della tripanosomiasi, il bestiame è stato ispezionato due volte l'anno; gli animali infetti sono stati trattati con farmaci tripanocidi. Nel ciclo della gestione adattativa le informazioni derivanti dalle catture sono state elaborate con tecniche di analisi geostatistica (SCIARRETTA *et al.*, 2005). SCIARRETTA & TREMATERRA (2007) forniscono una descrizione dettagliata della procedura che ha consentito di rendere più efficiente il sistema di monitoraggio e di identificare le aree a maggior abbondanza di Mosca tsétsé (*hot spot*), ove concentrare gli interventi di lotta. Tutte e tre le comunità coinvolte nel progetto hanno risposto in base alla localizzazione degli *hot spot*, anche somministrando all'occorrenza i tripanocidi, tuttavia si sono differenziate tra loro nelle modalità d'intervento contro la Mosca tsétsé. In particolare, a Luke la comunità ha scelto di disporre trappole aggiuntive per il controllo nelle aree con *hot spot*; a Keto ha

optato per l'uso di pannelli target attrattivi impregnati con insetticidi; ad Asosa si sono spostate le mandrie in modo da evitare le zone a pascolo più infestate.

Risultati e discussione

Nella figura 1 viene mostrata la diminuzione delle catture, fino a livelli molto bassi, osservata a Luke e l'andamento decrescente della percentuale di bestiame infetto (prevalenza), che dal 29% nel 1995 è passato al 10% nel 2005 (GETACHEW TIKUBET *et al.*, 2006; BAUMGÄRTNER *et al.*, 2007a). In termini di miglioramento della salute animale, valutata come riduzione della prevalenza, il progetto ha riscontrato un certo successo. Di particolare rilievo è stato quanto verificato a Keto e ad Asosa dove la prevalenza della tripanosomiasi è diminuita, rispettivamente, dal 60% al 15% e dal 26,6% al 6,6% in due soli anni di intervento. A partire da tali risultati, GILIOLI (2007) descrive in che modo lo sviluppo di un approccio eco-epidemiologico potrebbe ulteriormente migliorare la comprensione della dinamica del sistema bestiame-Mosca tsétsé-tripanosomiasi e quindi il processo di gestione adattativa. L'approccio eco-epidemiologico ha come componente rilevante lo sviluppo e l'uso di modelli che riescono a rappresentare la complessità della dinamica ospite-vettore-patogeno-ambiente in un contesto di management adattativo.

CONSEGUENZE DEL MIGLIORAMENTO DELLA SALUTE ANIMALE

La tabella 1 riporta come a Luke la diminuzione della prevalenza della malattia ha avuto quale effetto un incremento della produttività in latte, della natalità di bestiame e dell'area messa a coltura (GETACHEW TIKUBET *et al.*, 2006). L'incremento della media procapite delle entrate economiche, e quindi la maggiore disponibilità di capitale, hanno consentito l'acquisto di animali e la costruzione di una scuola che ha visto la frequenza di un maggior numero di bambini. Tali variazioni sono interpretate come contributi importanti alla sicurezza alimentare e rappresentano anche un incremento del capitale economico e sociale. Nonostante i risultati positivi è tuttavia prematuro affermare che l'esito del progetto, nel suo complesso, possa essere considerato un successo, soprattutto perché la già elevata pressione di pascolo ha subito un ulteriore aumento a causa dell'incremento dei capi di bestiame, mentre l'area coltivata è diminuita per fare posto a nuovi pascoli. A causa di ciò l'ecosistema locale non è più in grado di sostenere la popolazione di bovini. Inoltre, si è osservato che a Luke il numero di abitanti è aumentato del 44% (da 1834

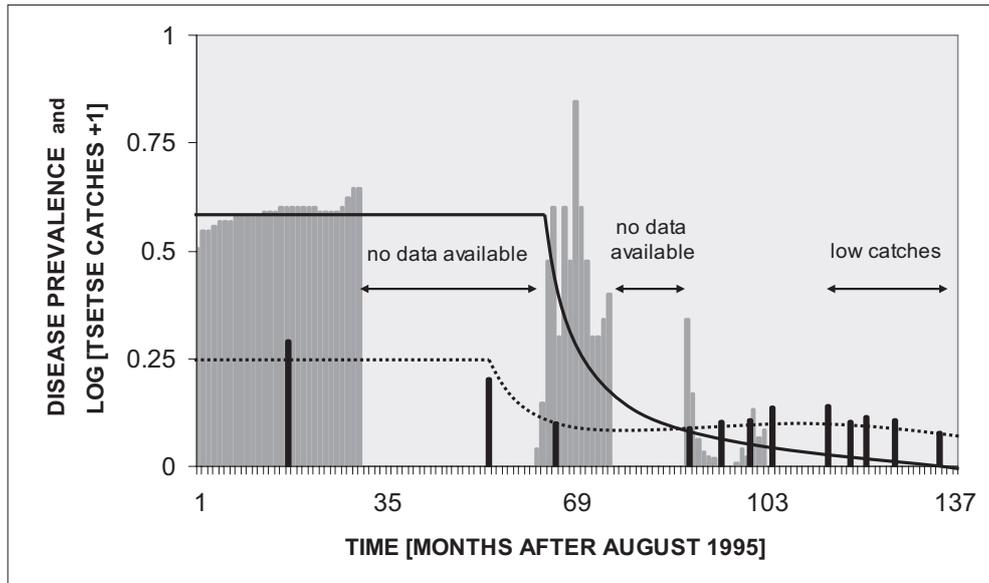


Fig. 1

Andamento delle catture bi-settimanali di Mosca tsétsé (barre verticali chiare interpolate da una linea continua, espresse come $\log [\text{catture}/(\text{trappola} \times \text{giorno}) + 1]$ e prevalenza della tripanosomiasi registrata ad intervalli non regolari (barre verticali scure interpolate con una linea punteggiata, espressa come proporzione di animali testati risultati infetti) a Luke e nelle vicinanze di Luke (GETACHEW TIKUBET *et al.*, 2006) (reprinted with permission of Ecological Economics).

nel 1995, a 2645 nel 2006), questo evento, in presenza di sovrappascolo, fa ritenere che il sistema ecosociale rischi di non essere in grado di fornire adeguate risorse alla comunità umana. La situazione è stata ulteriormente aggravata dal fatto che una parte del terreno coltivato è attualmente in uso ad una società straniera per produzioni ad alto reddito con benefici incerti a favore degli indigeni.

Una limitazione della sostenibilità ecologica arriva ad interessare la sostenibilità globale del sistema, dato che la diminuzione del capitale ecologico può, in breve, portare alla impossibilità di sostenere i livelli cor-

renti del capitale economico e sociale. Lo spostamento del sistema ecosociale da un regime a bassa produttività ad uno significativamente superiore è in grado di modificare in senso peggiorativo le capacità di rispondere alle perturbazioni, tra cui la siccità, e quindi rappresentare di fatto un'erosione delle proprietà di resilienza. A Keto e Asosa, i due anni di esperienza progettuale sono insufficienti per valutare appieno le risposte del sistema ecosociale al controllo della Mosca tsétsé e alla somministrazione di tripanocidi. Tuttavia, lo sviluppo che si registra a Keto sembra essere simile a quello che si è osservato a Luke.

Tabella 1 – Risposte ecosociali del sistema, che comprende la comunità di Luke e i suoi dintorni, descritte dal cambiamento dei valori di una serie di variabili monitorate nel 1995, 2005 e 2006 (GETACHEW TIKUBET *et al.*, 2006) (Birr = unità di conto etiopie trasformata al tasso di 0.12 per 1 USD, valore 8 giugno 2006). I dati dal 1995 al 2005 sono stati presentati e analizzati in BAUMGÄRTNER *et al.* (2007a).

Sector	Categories	Variable	1995	2005	2006
CATTLE HUSBANDRY	population	total number of cattle	574	2872	2634
		number of oxen	3	136	201
	production reproduction	milk [$l \text{ day}^{-1} \text{ cow}^{-1}$]	0.12	1,30	1,40
		calving rate [$\text{year}^{-1} \text{ cow}^{-1}$]	0.068	0.56	0.64
LAND USE	area of Luke	total area	1500	1500	1500
	human food	area ploughed [ha]	12	506	546
	cattle food	area of pastures [ha]	440	295	295
SOCIO-ECONOMICS	population	number of households	524	524	544
		number of residents	1834	2620	2645
	education	number of schools	0	1	1
		school children per household	0.03	0.42	0.62
		school attendance	10%	92%	94%
	income	income per household per month	130 Birr (15.6 USD)	500 Birr (60 USD)	1235 Birr (148 USD)

La risposta di Asosa è stata invece modesta nonostante la riduzione della prevalenza della malattia; probabilmente il sistema è sotto l'effetto di altri vincoli legati alla salute, in primo luogo malattie trasmesse da zecche e dalla malaria, che possono attenuare o addirittura vanificare gli effetti del controllo della Mosca tsétsé e della tripanosomiasi. Ad ulteriore testimonianza di come un sistema comprensivo di gestione della salute sia indispensabile per creare i presupposti di base per lo sviluppo sostenibile (GILIOLI, 2007; GILIOLI & BAUMGÄRTNER, 2007).

ANALISI DELLE RISPOSTE DEL SISTEMA ECOSOCIALE

Nel lavoro di GETACHEW TIKUBET *et al.* (2006) si descrivono in modo dettagliato le risposte del sistema ecosociale di Luke a seguito del controllo della Mosca tsétsé e della tripanosomiasi, mentre GUTIERREZ (2007) e BAUMGÄRTNER *et al.* (2007a) cercano di sviluppare un approccio interpretativo dei meccanismi e delle conseguenze di tale cambiamento. In particolare, l'interpretazione si basa sull'uso del modello bioeconomico di GUTIERREZ & REGEV (2005) che consente, tra l'altro, di prevedere che la riduzione del rischio associato alla Mosca tsétsé e alla tripanosomiasi porta ad un aumento della popolazione di bovini e del loro valore marginale. Il modello prevede anche che l'incremento della produttività possa favorire la crescita della popolazione umana e questo, insieme alla maggiore quantità di animali, può portare ad un sovra-sfruttamento delle risorse ambientali (come nel caso del pascolo), con conseguente riduzione della capacità portante del sistema.

CONCLUSIONI

Da quanto osservato, in Etiopia sud-occidentale l'uso di tecnologie esistenti e prontamente disponibili ha comportato un miglioramento della salute animale. Tuttavia, l'esperienza ad Asosa indica come il controllo della tripanosomiasi può, da solo, essere insufficiente per determinare condizioni favorevoli allo sviluppo e che le malattie trasmesse dalle zecche e la malaria sono ulteriori vincoli al miglioramento della salute da tenere in considerazione (GILIOLI, 2007). Le esperienze fatte indicano anche che la mitigazione degli effetti dei vincoli legati alla salute è seguita da un rapido incremento dello sviluppo del sistema ecosociale. Tuttavia, il cambiamento può minacciare la sostenibilità del sistema se non si mobilitano in modo appropriato le istituzioni, a favore del bene pubblico, con soluzioni sociali (in contrapposizione alla massimizzazione di soluzioni competitive) indirizzate al corretto uso del terreno e alla

pianificazione familiare, in accordo con i servizi medici legati alla riproduzione, purché compatibili con la cultura locale.

Lo sviluppo registratosi a Luke ha motivato le comunità limitrofe ad iniziare progetti simili e a cercare supporto tra i ricercatori. È probabile che lo stesso fenomeno di auto-replicazione si possa osservare anche intorno ai siti di Asosa e Keto. Una strategia di implementazione dei progetti basata su siti pilota e sulla auto-replicazione può essere di interesse per molte società agro-pastorali in Africa (GETACHEW TIKUBET, 2007). Il lavoro svolto ha mostrato l'utilità dell'approccio basato sulla gestione adattativa e sulla facilitazione con il coinvolgimento di ecologi ed entomologi. Per diversi motivi, non è stato tuttavia ancora possibile integrare i modelli eco-epidemiologici nel processo di miglioramento della salute (GILIOLI 2007, GILIOLI & BAUMGÄRTNER, 2007) impedendo, in questo modo, un ulteriore e importante passo verso la razionalizzazione del sistema di controllo della malattia. Per una continua valutazione del sistema e per fornire il supporto alle decisioni, sono necessari adeguati mezzi logistici e finanziari. Il modello bioeconomico ha indicato che il sistema può evolvere verso stati indesiderabili connotati da seri svantaggi per le popolazioni umane (BAUMGÄRTNER *et al.*, 2007a). La proposta rappresenta quindi un meta-strumento di analisi anche per l'interpretazione del lavoro, finalizzato alla promozione dello sviluppo, condotto nei centri di ricerca. Ci si attende che l'uso coordinato di modelli epidemiologici, ecologici e bioeconomici possa ulteriormente razionalizzare lo sviluppo bilanciato dei sistemi ecosociali – lungo le dimensioni ecologiche, economiche e sociali – e contribuire al miglioramento delle condizioni di vita delle popolazioni che versano in uno stato di estrema povertà.

RIASSUNTO

Nei progetti che hanno come obiettivo il miglioramento delle condizioni di vita umane, operare nel contesto del sistema ecosociale offre dei vantaggi rispetto a quanto è possibile osservare riferendosi al concetto di salute. I fini per la gestione sono l'aumento equilibrato della sostenibilità ecologica, economica e sociale, dei capitali ecologici, economici e sociali e della resilienza. Le strategie d'intervento operano, in genere, nell'ambito della gestione adattativa dei sistemi e si affidano alla facilitazione che sostituisce il trasferimento di tecnologie e la consulenza nei sistemi divulgativi. La partecipazione di ecologi/entomologi è una componente importante nella strategia di implementazione. Tali metodi sono stati presi in considerazione in tre progetti di gestione adattativa del sistema bestiame-Mosca tsétsé-tripanosomiasi in alcune comunità agro-pastorali dell'Etiopia sud-occidentale. Il controllo degli insetti vettori e del patogeno ha portato ad una diminuzione nella presenza di mosche e nella prevalenza della malattia nel bestiame, con conseguenze economiche e sociali positive. Tuttavia le osservazioni dirette

e un modello bioeconomico indicano che il sistema ecosociale locale non è in grado di sostenere tale sviluppo a causa dell'uso inadeguato del territorio e dell'eccessivo incremento demografico. Le comunità umane indigene si trovano di fronte alla necessità di operare scelte volte ad equilibrare lo sviluppo nelle diverse dimensioni, come variazione dei capitali, della sostenibilità e della resilienza.

BIBLIOGRAFIA

- ANONYMOUS, 2007 – *Health* [<http://en.wikipedia.org/wiki/Health>] [retrived on February 20, 2007]
- BAUMGÄRTNER J., GILIOLI G., GETACHEW TIKUBET, GUTIERREZ A.P., 2007a – *Ecosocial analysis of an East African agro-pastoral system*. *Ecol. Econom.* 65: 125-135.
- BAUMGÄRTNER J., GETACHEW TIKUBET, SCIARRETTA A., GILIOLI G., GUTIERREZ A.P., TREMATERRA P., 2007b – *Artropodi di interesse sanitario: approcci innovativi per la loro gestione nell'ambito dello sviluppo sostenibile*. XXI Congr. Naz. Ital. Entomol., Campobasso 11-16 giugno: 287-290.
- CHRISTENSEN N.L., BARTUSKA A.M., BROWN J.H., CARPENTER S., D'ANTONIO C., FRANCIS R., FRANKLIN J.F., MACMAHON J.A., NOSS R.F., PARSONS D.J., PETERSEN C.H., TURNER M.G., WOODMANSEE R.G., 1996 – *The report of the Ecological Society of America committee on the scientific basis for ecosystem management*. *Ecol. Appl.*, 6: 665-691.
- COMISKEY J.A., DALLMEIER F., ALONSO A., 1999 – *Framework for assessment and monitoring of biodiversity*. In: *Eyclopedia of Biodiversity*, Vol. 3, Levin, S. Ed. Academic Press, New York, pp. 63-73.
- DFID, 2007 – *Tsetse control*. Department of International Development (DFID), London, UK. [www.dfid-ahp.org.uk/index.php?section=3&subsection=23] [retrieved on November 24, 2007]
- GETACHEW TIKUBET, 2007 – *Tsetse ecology, trypanosomiasis challenge, community based tsetse control and biofarming in Ethiopia*. XXI Congr. Naz. Ital. Entomol., Campobasso 11-16 giugno: 415.
- GETACHEW TIKUBET, LULSEGED BELAYEHUN, SCIARRETTA A., GILIOLI G., TEAME HAGOS, TREMATERRA P., GUTIERREZ A.P., BAUMGÄRTNER J., 2006 – *Ecosocial effects of community participatory tsetse (Glossina spp.) (Diptera Glossinidae) and bovine trypanosomiasis management at Luke, Southwestern Ethiopia*. *Boll. Zool. agr. Bachic. Ser. II*, 38 (3): 225-236.
- GILIOLI G., 2007 – *Contributo dell'epidemiologia ecologica nella gestione delle malattie trasmesse da artropodi nel contesto della promozione allo sviluppo di sistemi eco sociali*. XXI Congr. Naz. Ital. Entomol., Campobasso 11-16 giugno: 413.
- GILIOLI G., BAUMGÄRTNER J., 2007 – *Adaptive ecosocial system sustainability enhancement in Sub-Saharan Africa*. *EcoHealth*, 4: 428-444.
- GOODLAND R., 1995 – *The concept of environmental sustainabilit*. *Annu. Rev. Ecol. System.* 26: 1-24.
- GUTIERREZ A.P., 2007 – *Bioeconomic foundations of an East African agropastoral system at risk from trypanosomiasis/tsetse flies*. XXI Congr. Naz. Ital. Entomol., Campobasso 11-16 giugno: 414.
- GUTIERREZ A.P., REGEV U., 2005 – *The bioeconomics of tritrophic systems: applications to invasive species*. *Ecol. Econom.*, 52: 382-396.
- HERREN H., BAUMGÄRTNER J., GILIOLI G., 2007 – *From integrated pest management to adaptive ecosystem management*. In: *Farming with nature, the science and practice of ecoagriculture*, Scherr S.J., McNeely J.A. Ed., Island Press, Washington DC, pp. 178-190.
- JONGEJAN F., UILENBERG G., 2004 – *The global importance of ticks*. *Parasitology* 129, S3-S14.
- JØRGENSEN S.E., 2002 – *Integration of ecosystem theories: a pattern*. 3rd edition, Kluwer, Dordrecht, NL., 440 pp.
- KOCHTCHEEVA L., SINGH A., 1999 – *An assessment of risks and threats to human health associated with the degradation of ecosystems*. UNEP/Division of Environmental Information, Sioux Falls, SD, 28 pp.
- NIELSEN N.O., 2001 – *Ecosystem approaches to human health*. *Cad. Saúde Pública (reports in public health)*, 17: 69-75.
- RÖHLING N.G., 1995 – *What to think of extension? a comparison of three models of extension practice*. In: Salamna N., Ed. Article for the francophone issue of AERDD bulletin, ICRA, Montpellier, F, 7pp.
- SCIARRETTA A., TREMATERRA P., 2007 – *Esperienze di gestione sostenibile delle infestazioni di Mosca tsétsé (Glossina spp.) in Etiopia*. XXI Congr. Naz. Ital. Entomol., Campobasso 11-16 giugno: 319.
- SCIARRETTA A., MELAKU GIRMA, GETACHEW TIKUBET, LULSEGED BELAYEHUN, SHIFA BALLO, BAUMGÄRTNER J., 2005 – *Development of an adaptive tsetse population management scheme for the Luke community, Ethiopia*. *J. Med. Entomol.*, 42: 1006-1019.
- TDR, 2003 – *Report of the scientific working group meeting on insect vectors and human health*. World Health Organization on behalf of the Special Programme for Research and Training in Tropical Diseases, Geneva, Switzerland, 12-16 August 2002, 80 pp.
- WALKER B., GUNDERSON L., KINZIG A., FOLKE C., CARPENTER S., SCHULTZ L., 2006 – *A handful of heuristics and some propositions for understanding resilience in social-ecological systems*. *Ecology and Society*, 11 (1). [www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art13/] [retrieved on November 26, 2007].
- WALTNER-TOEWS D., KAY J.K., NEODOERFFER C., GITAU T., 2003 – *Perspective changes everything: managing ecosystem from inside out*. *Front. Ecol. Environ.*, 1: 23-30.

