

MASSIMO CRISTOFARO\*, SILVIA ARNONE\*, MAURIZIO CALVITTI\*,  
ALESSIO DE BIASE\*\*, VINCENZO DI ILIO\*\*\*

## Avversità entomologiche emergenti nei Paesi in via di sviluppo

### INTRODUZIONE

L'Organizzazione Mondiale per la Sanità (OMS) ha riportato che, malgrado oggi venga prodotta una quantità di derrate sufficiente a soddisfare le necessità di ogni individuo sulla Terra, una evidente condizione di sottonutrizione e di insicurezza alimentare continua a persistere per una parte rilevante della popolazione mondiale: nel 2004 più di 3 miliardi e 700 milioni di persone soffrivano di malnutrizione (WHO, 2004). Il rapporto OMS metteva in luce che, nell'ambito della malnutrizione, le carenze riguardavano soprattutto calorie, proteine, e vitamine A, B, C e D. Anche la FAO (Food and Agriculture Organization of United Nations) ha messo in luce che la diminuzione di risorse alimentari ha subito un incremento sin dal 1984, sicuramente basato sulla diminuzione di disponibilità di prodotti agricoli primari, in particolare cereali (FAO, 2003). Infatti, sebbene la produzione di cereali sia in continua crescita sia nei Paesi sviluppati che in quelli in via di sviluppo, con un incremento stimato nell'ordine del 18% rispetto alla produzione di 30 anni fa, l'aumento non risponde all'enorme crescita demografica, che interessa in modo particolare i Paesi in via di sviluppo (FAO, 2003; PRB, 2004).

Tra i fattori ambientali che concorrono alla riduzione quali-quantitativa delle produzioni agricole mondiali, gli insetti fitofagi dannosi svolgono un ruolo primario concorrendo alla distruzione di circa il 14% della produzione

\* ENEA – C.R. Casaccia – BAS BIOTEC

\*\* Dipartimento di Biologia Animale e dell'Uomo, Università degli Studi di Roma "La Sapienza"

\*\*\* BBICA-onlus, Roma

agricola, mentre per il loro contenimento vengono applicati all'anno circa 3.000 milioni di chilogrammi di pesticidi.

In tutto il mondo il numero di organismi invasivi di origine alloctona considerati dannosi alla produzione agricola e all'allevamento è stimato in 70.000, di cui circa 10.000 è rappresentato da insetti e acari (Heinrichs, 1991; Pimentel, 2007).

Tuttavia, tra di essi, poco meno del 10% viene considerato un organismo particolarmente dannoso; si stima, infatti, che approssimativamente il 99% delle piante coltivate in una regione siano specie non originarie di quell'area, ma introdotte volontariamente in tempi più o meno remoti da altre aree geografiche del pianeta. Quando insetti e acari, specifici per una o più coltivazioni, arrivano in un nuovo ambiente e trovano la loro pianta-ospite, si stabilizzano e tendono a occupare la nicchia trofica vuota moltiplicandosi in assenza di fattori biotici di controllo (Hokkanen e Pimentel, 1989; Pimentel et al., 2000).

D'altro canto, le invasioni di specie di artropodi alloctone sono in rapido e drammatico accrescimento negli ultimi anni. Tale fenomeno è dovuto, in massima parte alle attività antropiche: l'aumento esponenziale della popolazione, dei trasporti di cose e persone, le migrazioni per motivi socio politici da/a zone diverse del pianeta, hanno creato le basi per permettere a specie fitofaghe dannose confinate in alcune aree del pianeta di colonizzare altre aree che erano isolate geograficamente, e quindi impossibili da raggiungere in modo naturale (Meyerson e Mooney, 2007; Nunez e Pauchard, 2009; Westphal et al., 2008). Non appena un Paese diventa più industrializzato, aumentano in modo esponenziale le probabilità che possa subire l'invasione di specie alloctone. Per esempio, Vilà e Pujadas (2001) hanno dimostrato che il numero di importazioni e il livello di sviluppo economico sono le uniche variabili statisticamente rilevanti associate alla densità di specie esotiche nei Paesi sviluppati e in via di sviluppo che si affacciano sul Mar Mediterraneo. Inoltre, studi recenti in Cina hanno dimostrato che l'aumento di specie invasive è direttamente correlato con la crescita dello sviluppo economico dal 1970 (Lin et al., 2007).

I fattori socio-economici sono la chiave di lettura per comprendere i processi che hanno determinato l'insorgenza delle invasioni di specie alloctone (Levine e D'Antonio, 2003; Taylor e Irwin, 2004; Williamson, 2006).

Questo tipo di evoluzione della colonizzazione, basato in gran parte su criteri e cause antropiche, introduce il concetto relativamente nuovo di "specie fitofaga dannosa extra-territoriale" (*insect pest*), in relazione a un organismo

di importanza economica, considerato dannoso per la produzione agricola in tutti i Paesi in cui si è infeudato, e che può raggiungere per le sue caratteristiche biologiche e in circostanziate condizioni ambientali favorevoli, un livello di impatto epidemico e che quindi, per il suo controllo, richiede interventi integrati e collaborazione tra diversi Paesi (FAO, 1996).

Le differenze nell'introduzione di specie invasive alloctone non sono solamente legate al fattore quantitativo, ovvero alle dimensioni delle popolazioni, ma anche qualitativo, ovvero alla varietà di specie che vengono introdotte (Jimenez et al., 2008).

Tra le avversità di tipo extra-territoriale vengono considerate molte specie di organismi in grado di procurare ingenti danni all'agricoltura nei Paesi in via di sviluppo, e che possono essere raggruppate nelle seguenti 3 categorie:

1. *Specie "fitofaghe dannose" migratorie.* Sono forse le uniche specie in grado di invadere dei territori anche parecchio lontani fra loro senza ricorrere "all'aiuto" involontario dell'uomo. La loro terribile efficacia è data dalla grande resistenza e capacità a compiere lunghi spostamenti e al loro comportamento gregario. Le loro migrazioni sono determinate da avverse condizioni climatiche. Tra queste vanno annoverate alcune specie di falene migratorie (sfingidi) e le locuste.
2. *Specie "fitofaghe dannose" da quarantena.* Possono essere considerate forse come le specie più dannose. Infatti, anche se non arrivano autonomamente, queste specie si distribuiscono nel nuovo areale con una strategia di colonizzazione che permette di manifestarsi con tutta la sua devastante potenzialità solo dopo aver costruito una popolazione sufficientemente numerosa. A quel punto, è estremamente difficile, se non impossibile debellarle, e ci si deve organizzare con programmi integrati di difesa per cercare di contenerle. Tra di esse, vanno riportate come esempio diverse mosche della frutta, alcuni lepidotteri minatori, alcuni coleotteri minatori o defoliatori.
3. *Specie "fitofaghe dannose" da post-raccolta.* In molti dei Paesi più poveri, una percentuale di raccolto che varia tra il 20 e il 40% della produzione agricola viene persa per un inadeguato supporto tecnico nelle fasi precedenti e susseguenti alla raccolta. A questo si aggiunge il fatto che vaste quantità di cibo vanno perse nelle fasi susseguenti della distribuzione e della trasformazione del prodotto agricolo. Le perdite del *post-harvest* potrebbero essere contenute se venissero migliorate le strutture e il sistema di trasporto, in particolare realizzando magazzini a bassa temperatura per la conservazione del prodotto agricolo.

## AGRICOLTURA E AVVERSITÀ EMERGENTI: SISTEMI A CONFRONTO

Risulta evidente che i Paesi in via di sviluppo siano svantaggiati dal punto di vista organizzativo e gestionale nel governo delle avversità emergenti rispetto ai Paesi sviluppati. D'altra parte, risulta evidente una chiara dissociazione tra le aree geografiche dove la maggior parte della ricerca sulle specie invasive viene condotta e le aree del pianeta dove le invasioni biologiche hanno un maggior impatto sulla biodiversità (Nunez e Pauchard, 2009). Infatti, mentre la ricerca sulle specie invasive è concentrata principalmente nei Paesi economicamente sviluppati, la maggior proporzione di ecosistemi naturali e di presenza di punti di biodiversità è sicuramente localizzata nei Paesi in via di sviluppo (Pysek et al., 2008; Myers et al., 2000; Smith et al., 2003). Tuttavia, va evidenziato che allo stesso tempo i Paesi in via di sviluppo proprio per le loro caratteristiche socio-economiche possono avere vantaggi nella gestione delle avversità emergenti: ad esempio, essi possono usufruire di una mano d'opera poco costosa, mentre il loro basso tasso di scambi commerciali con altri Paesi può sicuramente essere associato a un limitato rischio di introduzione di specie invasive (Meyerson e Mooney, 2007; tab. 1).

**Paesi sviluppati.** Nei Paesi sviluppati, le avversità emergenti di tipo biotico vengono affrontate principalmente mediante un sistema di quarantena basato su una struttura centralizzata (che fa riferimento al Ministero dell'Agricoltura o a una struttura governativa analoga) che gestisce una rete di monitoraggio sul territorio. Particolare attenzione viene data alla distribuzione dei sistemi di monitoraggio, con specifica attenzione ai punti di entrata (porti, aeroporti, punti di frontiera). Il sistema può prevedere, come in Italia, un istituto di ispezione che controlla l'importazione e l'esportazione di materiale vegetale vivo o morto, e la collocazione di trappole innescate con attrattivi aspecifici (generalmente esche alimentari) che vengono controllate periodicamente per segnalare la cattura di organismi non presenti sul territorio nazionale. Qualora nei Paesi limitrofi venga registrata la presenza di una specie fitofaga dannosa, un monitoraggio con trappole innescate con attrattivi specifici viene allestito in aree considerate a rischio, perché vicini o simili dal punto di vista colturale o naturale alle zone dove l'infestazione è stata già registrata.

L'obiettivo del sistema di quarantena è ovviamente quello di segnalare la presenza di un organismo fitofago dannoso in una fase molto precoce del suo insediamento in un nuovo territorio, in una fase quindi che potrebbe permettere, qualora ci siano le condizioni ideali e le conoscenze adeguate, la completa

FATTORI LIMITANTI	PAESI SVILUPPATI	PAESI IN VIA DI SVILUPPO	POSSIBILI CAUSE O IMPLICAZIONI
Presenza di una stabile comunità scientifica	+	-	La mancanza di una solida struttura scientifica nei Paesi in via di sviluppo è causa di una diminuzione della loro possibilità di successo
Possibilità di promuovere attività di volontariato	+	-	Nei Paesi in via di sviluppo è molto difficile poter pianificare programmi di utilità sociale basati sull'organizzazione di volontari locali
Risparmio sui costi di personale per il controllo delle specie fitofaghe dannose	-	+	Nei Paesi sviluppati sarebbe impossibile organizzare un controllo delle specie fitofaghe dannose su vasta scala basato sul basso costo della manodopera
Volume di traffici economici con l'estero	+	-	Un largo volume di import-export aumenta la possibilità di introduzioni di specie fitofaghe dannose alloctone
Livello di educazione	+	-	Potrebbe essere più complicato coinvolgere le comunità dei Paesi in via di sviluppo su problemi di carattere ambientale a causa del generale basso livello di educazione
Dipendenza dalle risorse naturali	-	+	Le comunità nei Paesi in via di sviluppo dipendono molto di più dalle risorse naturali (per esempio il cibo), e quindi vengono direttamente coinvolti nel controllo delle specie fitofaghe dannose
Informazione pubblica sul problema delle specie fitofaghe dannose invasive	+	-	Nei Paesi in via di sviluppo manca un sistema d'informazione pubblica per dare le semplici linee guida su cosa si deve fare per evitare la introduzione/diffusione di specie fitofaghe dannose
Accesso a dati scientifici sull'agro-ecosistema locale	+	-	La mancanza di validi dati scientifici relativi all'agro-ecosistema locale può determinare l'insuccesso di programmi di controllo

Tab. 1 *Differenze tra Paesi sviluppati e quelli in via di sviluppo in relazione alla gestione di specie invasive alloctone (da: Nunez e Pauchard, 2009)*

eradicazione dalla nuova area di colonizzazione. Questo tipo di approccio, di tipo preventivo, è ad esempio quello che viene utilizzato in California, dove ogni settimana vengono rilasciati 250 milioni di maschi sterili di *Ceratitis capitata* (mosca mediterranea della frutta) solo nell'area di Los Angeles, con l'obiettivo di controllare le eventuali invasioni di *C. capitata* provenienti dal Messico (non risultano allo stato attuale popolazioni naturali del dittero in California). Per quanto riguarda l'Italia, una rete di monitoraggio mantiene sotto stretto controllo alcune popolazioni di *Anoplophora chinensis*, un temibile coleottero cerambicide polifago, di origine asiatica, infeduto in Lombardia dopo la sua introduzione accidentale in alcuni vivai della zona. Una volta

individuato e localizzato il problema, viene valutato l'impatto in termini colturali e territoriali (che tipo di danno e quanto è vasta l'area di colonizzazione reale e potenziale): questo tipo di analisi dei costi è alla base delle iniziative di controllo da intraprendere per una gestione eco-sostenibile del problema. Infine, anche l'ecosistema in cui si trova la pianta bersaglio determina scelte diverse nel tipo di intervento: se si tratta per esempio di una pianta che cresce in ambienti urbani e/o naturali, si prendono in considerazione programmi di lotta biologica finalizzati a un approccio territoriale, con interventi endoterapici per gli approcci individuali e/o zonali.

In conclusione, tutto il sistema di monitoraggio e controllo si basa sull'organizzazione centralizzata e onerosa da parte dello Stato, che ha comunque bisogno dell'input dei dati di campo prelevati da una cospicua e allargata rete di operatori, che lavorano necessariamente in stretta collaborazione con la realtà contadina.

*Esperienza Hawaiiiana. Programma "Area wide".* Il progetto, che è stato della durata di 5 anni (2001-2005), aveva come obiettivo l'eradicazione o perlomeno la soppressione di 4 specie di tefritidi estremamente dannosi perché carposfagi di frutta e ortaggi. Il programma si è basato su tre linee guida: una "solida" strategia di lotta integrata sviluppata dai Ricercatori dell'USDA ARS; un programma educativo per integrare la realtà contadina e la popolazione con il progetto di ricerca; la messa a punto di una struttura organizzativa e legislativa per la gestione ufficiale del programma sul territorio. Il progetto di IPM (Integrated Pest Management) prevedeva 5 tipi di intervento: 1. Un programma di "sanitation", basato sulla raccolta settimanale dei frutti caduti; 2. Una nuova "bait-station" basata sulla combinazione di un'ottima esca alimentare con Spinosad, un bio-insetticida di origine batterica; 3. Un miglioramento del sistema di monitoraggio, sia in termini qualitativi che quantitativi; 4. Uso della tecnica del maschio sterile (SIT); 5. Liberazione di nemici naturali (parassitoidi) specifici per queste specie di mosche della frutta (Jang et al., 2007).

**Paesi in via di sviluppo.** L'agricoltura in questi Paesi va da quella estensiva in regioni relativamente agricole (si pensi ad alcune Paesi dell'ex Unione Sovietica) a quella estremamente povera e di tipo rurale dei Paesi dell'Africa o di alcune zone dell'Asia e dell'America Latina. Il confronto con le realtà dei Paesi sviluppati è molto difficile e presenta una variabilità che è data da molti fattori, quali il clima, le condizioni politiche e sociali, le tradizioni, la posizione geografica.

Unico fattore relativamente comune è un sistema politico-economico che, nella maggior parte dei casi, non è in grado di fornire ai contadini le strutture e le conoscenze per individuare e/o controllare le avversità in agricoltura.

Tuttavia, l'agricoltura rappresenta in questi Paesi un comparto trainante dell'economia nazionale, e quindi gli operatori agricoli non potendo contare su un aiuto strutturale da parte dello Stato, si sono organizzati indipendentemente, raggiungendo risultati in alcuni casi interessanti. Vengono elencati di seguito alcune iniziative che, lontanissime dalla realtà europea od occidentale, mettono in luce il vero concetto di agricoltura sostenibile nei Paesi in via di sviluppo.

*Farmer Fields Schools.* Le “*Farmer Fields Schools*” (FFS) sono una forma di educazione per adulti che parte dal concetto che l'adulto in generale, e l'agricoltore nello specifico, ha un sistema di apprendimento ottimale se segue criteri pratici, basati sull'osservazione diretta di campo e sulla propria sperimentazione. Seguendo dei corsi regolari dalla semina fino al raccolto, gruppi di contadini con terreni confinanti condividono osservazioni, metodologie e problemi riguardanti le loro coltivazioni. Questi agricoltori si impegnano a seguire scrupolosamente le linee guida degli sperimentatori, consentendo il periodico controllo delle trappole per il monitoraggio. Semplici sperimentazioni pratiche permettono loro di mettere a punto nuovi programmi di controllo integrato e di capire come alcune tecniche vadano usate e, soprattutto quali effetti hanno sugli organismi fitofaghi dannosi bersaglio e sull'agroecosistema (Van den Berg, 2004).

Le *Farmer Field Schools* fecero la loro comparsa per la prima volta nel 1989 in Indonesia, per favorire l'organizzazione dei contadini nell'attuazione di una strategia IPM per il controllo di *Nilaparvata lugens*, un emittente estremamente dannoso alla coltivazione del riso. A causa del grande successo dell'iniziativa le FFS si sono rapidamente moltiplicate e allargate in tutto il mondo. Per esempio, il programma sul controllo delle specie fitofaghe dannose del riso è stato replicato in altri 12 Paesi asiatici e trasferito poi ad altre colture.

Sin dall'inizio delle FFS il problema più sentito dagli agricoltori era dato dalla recrudescenza dei problemi entomologici che comportava immancabilmente una vena di scetticismo sul programma. Il primo passo è quindi stato quello di convincere i contadini a imparare dall'esperienza, basando le loro scelte su una serie di osservazioni, senza cambiare sistema non appena si trovavano in presenza di un evento negativo. Questo tipo di training non solo ha permesso a tutti gli agricoltori coinvolti di gestire in un modo più razionale le loro colture, ma è stato per loro formativo dal punto di vista educativo, sociale e politico (tab. 2, da Van der Berg, 2004).

DOMINIO	IMPATTO INIZIALE	SVILUPPO A POSTERIORI
Tecnico	Conoscenze di ecologia Capacità sperimentale Miglioramento pratiche agricole Riduzione dei pesticidi Aumento del raccolto Aumento del profitto Riduzione dei rischi	Produzione sostenibile Miglioramento delle condizioni di vita Abilità a gestire i rischi Innovazione Benefici economici Riduzione contaminazione dell'acqua Riduzione dei casi di avvelenamento Aumento della biodiversità Aumento della commercializzazione Riduzione della povertà
Sociale	Formazione di gruppi Capacità di comunicare Capacità di risolvere problemi	Possibilità di accesso a sistemi di rete Associazioni e cooperative di contadini Messa a punto di riunioni sociali Gruppi di studio Realizzazione di network Coinvolgimento di altri contadini Azioni Area-wide
Politico	Contatti con altri agricoltori Capacità di commercializzare Capacità educative	Miglioramento dell'accesso alla distribuzione Miglioramento degli scambi commerciali Campagne di informazione pubblica Gestione delle risposte negative e proteste Cambiamenti politici

Tab. 2 *Sviluppo educativo dei contadini di una "farmer field school"*

Un passo più avanti può essere considerato quello delle IPM FFS, che sono frutto della combinazione di pratiche agricole di *Integrated Pest Management* con l'approccio formativo delle *Farmer Field Schools*. Questa combinazione richiedeva uno sforzo iniziale notevole, per convertire i vari agricoltori a un sistema di gestione delle pratiche agronomiche e del territorio molto differente da quello "tradizionale", ma quando veniva accettato determinava un risultato decisamente positivo (Van den Berg, 2004). Paradossalmente è stato riscontrato che la situazione era più semplice nelle comunità rurali più povere, dove la pratica agricola di tipo "tradizionale" non si discosta di molto da quella proposta nell'approccio integrato. In queste realtà, non è necessario convincere i contadini a non usare pesticidi per il semplice fatto che non li utilizzano: ma si deve invece integrare il loro metodo "tradizionale" di coltivazione, basato sulla biodiversità (illustrato nel prossimo paragrafo), nell'ambito di un programma più sostenibile (Jarvis et al., 2006).

**Biodiversità.** In un mondo dove la maggior parte dei prodotti ha origine industriale, le piccole comunità agricole dei Paesi in via di Sviluppo dei Tropici

sono tra le pochissime che ancora utilizzano la biodiversità come un sistema ecocompatibile per combattere le avversità biotiche e abiotiche della loro agricoltura rurale. A differenza della moderna agricoltura industriale, che prevede un sistema di produzione massale per ottimizzare i costi delle sofisticate attrezzature, i contadini dei tropici identificano nella biodiversità la base del loro sistema di *management* per combattere le avversità.

Nelle realtà contadine dei Paesi più poveri dell'Africa Centrale, la scelta di seminare insieme diverse varietà e colture, che avranno tempi di crescita e di maturazione molto differenti, ha una valenza conservativa. Infatti, a dispetto di una ovvia bassa resa di prodotto e di una gestione laboriosa del campo (il periodo del raccolto è necessariamente prolungato), questo tipo di approccio colturale permette di mantenere alte le possibilità di avere una produzione agricola anche in presenza di avversità naturali biotiche e abiotiche, che il contadino non potrebbe gestire in quanto non è provvisto dei mezzi per poterle controllare (Jarvis et al., 2006).

Nell'ambito di questo tipo di approccio, molte comunità indigene hanno cominciato a sviluppare e continuano a usare organizzazioni sociali per la conservazione della biodiversità, in collaborazione con strutture scientifiche e non governative. Questo tipo di iniziativa ha permesso e darà l'opportunità di identificare e selezionare varietà resistenti da utilizzare in realtà rurali delle zone semiaride del pianeta (Yohannes e Waters-Bayer, 2007).

*Innovazione nelle fattorie etiopi utilizzando locali varietà di orzo.* Nella Regione del Tigre (Etiopia), uno studio scientifico dettagliato ha rivelato come i piccoli agricoltori hanno messo a punto negli ultimi anni un programma per adattare le varietà locali di orzo in modo da soddisfare i cambiamenti climatici e i bisogni locali (Fetien, 2007). Essi, gestendo un "campo sperimentale" accanto a quelli coltivati, hanno selezionato le varietà che rispondevano meglio in termini di qualità di prodotto e resistenza a malattie e insetti fitofagi dannosi. La loro selezione varietale è stata accettata anche dagli altri agricoltori e ora queste varietà di orzo hanno un'alta domanda locale. Questo processo di innovazione ha richiesto il coinvolgimento sia di uomini che di donne, perché la struttura sociale di queste comunità è sicuramente di tipo familiare e la coppia decide insieme quante varietà piantare, come e dove organizzare il campo e la selezione dei semi. La donna ha quindi un ruolo chiave, secondo il detto locale "no moglie, no semi, no vita". La valutazione di tale approccio basato su osservazioni di contadini, è stata in seguito valutata scientificamente da ricercatori dell'università di Mekelle, che sono stati in grado di individuare le caratteristiche innovative dei semi selezionati, confermando la validità del

sistema basato su osservazioni non scientifiche (Fetian et al, 2008). La collaborazione con l'università ha permesso di selezionare anche altre varietà più adatte ai climi semiaridi delle regioni lontane dal Tigre.

#### CASI DI STUDIO

Nel panorama descritto nel capitolo precedente, si intuisce che le avversità che interessano l'agricoltura sono molto numerose e in continua espansione. In questo lavoro verranno riportati solo alcuni esempi (5), prendendo come riferimento aree geografiche del pianeta lontane fra di loro e con differenti condizioni climatiche, sociali e colturali. Anche gli insetti presi come esempio sono stati scelti in virtù delle differenze nelle loro caratteristiche sistematiche, di distribuzione e di coltura. Volutamente sono state prese in considerazione solo specie invasive anche in Paesi sviluppati, dove sono state registrate tra le specie di insetti più dannose (*pest* da quarantena), per mettere a confronto quello che è stato fatto nei Paesi sviluppati con quello che si potrebbe fare nei Paesi in via di sviluppo. In qualche caso (il punteruolo rosso delle palme e la tignola del pomodoro) si tratta di specie che sono avversità emergenti sia in Paesi sviluppati che in Paesi in via di sviluppo; ciò offre l'opportunità di iniziare programmi di cooperazione internazionale mirati allo sviluppo di tecniche e metodologie di controllo. A questo riguardo, risulta estremamente interessante l'esempio dell'emittero *Nilaparvata lugens*, considerato un grandissimo problema della coltura del riso, e che è stato eccezionalmente controllato in Indonesia mediante un programma di lotta integrata sostenibile che ha visto il coinvolgimento delle *Farmer Field Schools*.

*Mosche della frutta.* I Tefritidi (*Tephritidae*) sono una famiglia di Ditteri Brachiceri comprendente circa 500 generi con circa 5000 specie. La maggior parte di queste specie sono di grande interesse agrario perché sono comprese fra i principali fitofagi di diverse piante coltivate e sono genericamente chiamate mosche della frutta (Zwolfer, 1982; Thompson, 1999). Sono principalmente diffuse nelle regioni temperate calde e nelle regioni tropicali. Molte specie hanno una diffusione circoscritta e un'importanza locale, tuttavia alcune specie hanno una grande importanza economica per la diffusione su più continenti e per l'entità dei danni provocati alle colture (Fimiani, 1989; White e Elson-Harris, 1992). Fra le specie di maggiore importanza economica si possono citare la Mosca delle olive (*Bactrocera oleae*), il principale fitofago dell'oli-

vo nel bacino del Mediterraneo; la Mosca mediterranea della frutta (*Ceratitis capitata*), un insetto polifago che può infestare i frutti di più di 200 specie e che per questo rappresenta uno dei più importanti pericoli per la frutticoltura nelle regioni temperate calde e tropicali di tutti i continenti; la Mosca orientale della frutta (*Bactrocera dorsalis*), un altro fitofago economicamente molto importante nell'Estremo oriente. Nelle regioni tropicali, infine, si sta rivelando particolarmente temibile la *Bactrocera invadens*, per i suoi attacchi ai frutti tropicali (De Meyer et al., 2007; Drew et al., 2005; Rwomushana et al., 2008).

**Esperienze che possono essere in parte trasferite nei Paesi in via di sviluppo.** Si riportano due esempi di IPM applicato per il controllo di alcune mosche della frutta. Questi lavori sono stati fatti rispettivamente nelle Hawaii (Usa) e nelle Isole Mauritius. Denominatore comune per entrambi il fatto che le aree, in quanto isole, permettevano di applicare metodi di lotta indirizzati all'eradicazione delle specie infestanti da un territorio per l'appunto "isolato". In definitiva, sono due esempi di strategie di controllo basate su metodi di lotta relativamente semplici applicati su tutto il territorio, un grande coinvolgimento degli agricoltori, a cui viene spiegato e insegnato a essere partecipi del programma. Questi due modelli, o parti di essi, potrebbero facilmente essere trasferiti in altre realtà, con simili condizioni climatiche e territoriali, stessi organismi da combattere, ma con condizioni socio-economiche più svantaggiose.

*Hawaii: "Sanitation".* Proprio le osservazioni sul bisogno di proteggere e usare i parassitoidi hanno permesso di promuovere il concetto di "Agricoltura Sostenibile a Basso input" (Klungness e Messing, 1999; Jang et al., 2007), portando alla costituzione di strutture di campo adatte a confinare la frutta infestata così che gli adulti delle specie parassite non possono scappare e infestare la frutta, mentre i parassitoidi hanno la possibilità di svilupparsi e volare via. Questo tipo di strutture, utilizzate in un programma Area-Wide nelle Hawaii ha preso il nome di *augmentorium* (plurale *augmentoria*) (Klungness et al., 2005; Jang et al., 2007). Per convincere gli agricoltori all'importanza del sistema di "Sanitation", si riporta la strategia usata da Jang et al. (2007). Tale approccio è suddiviso in 4 fasi:

Fase 1. Dimostrazione iniziale pratica. Trovato un contadino compiacente, si collocava nel suo campo un "*augmentorium*", nel quale veniva trasferita settimanalmente la frutta caduta a terra. Nel campo (delle dimensioni massime

di 1 ettaro) era anche posizionata una trappola a feromoni, per monitorare le catture ed eventualmente metterle a confronto con quelle di un campo limitrofo da considerare come controllo. Una volta accettato il sistema di controllo, l'agricoltore concordava di allestire due ulteriori *augmentoria* nel suo campo.

Fase 2. Seconda dimostrazione pratica. Simile alla prima, ma in un'altra fattoria con un altro agricoltore. In questo caso, nell'esperienza di Jang, si trattava di un agricoltore che usava pesticidi, ma senza un risultato accettabile. Il sistema di monitoraggio metteva in luce una diminuzione significativa delle catture in relazione alla presenza del sistema di *sanitation*, e anche in questo caso l'agricoltore si convinceva a mettere un ulteriore *augmentorium* nel suo campo.

Fase 3. Espansione iniziale del sistema. Basandosi sulla precedente esperienza positiva dei primi 2 agricoltori, 15 *augmentoria* furono collocati in 12 fattorie. La maggior parte di essi veniva monitorata, mettendo una trappola attrattiva all'interno di ogni *augmentorium*.

Fase 4. Espansione del sistema su scala territoriale. In questa fase furono distribuiti gli *augmentoria* a tutti gli agricoltori che ne avevano fatto richiesta. Nell'esperienza di Jang et al. (2007) 40 altri *augmentoria* furono collocati in circa 30 fattorie, riuscendo a contenere le infestazioni di mosca della frutta a un basso livello di danno.

*Esperienza Mauritius: Approccio IPM.* Poche specie di mosche della frutta (Diptera, Tephritidae) considerate *pest* di frutta e ortaggi sono realmente originarie delle Isole Mauritius. Alcune specie sono state accidentalmente introdotte sino dai primi anni '50. Ad esempio, *Ceratitis rosa*, è stata catturata per la prima volta nel 1953 ed è entrata in competizione sostituendo in breve tempo *Ceratitis capitata* (Orian e Moutia, 1960). *Bactrocera zonata* è stata riscontrata per la prima volta nel 1987 (MAFNR, 1987), e ha rimpiazzato a sua volta *C. rosa*, divenendo in breve tempo la specie di mosca della frutta più dannosa delle Mauritius (MAFNR, 1990). Questo tipo di fenomeno è già stato registrato in altri Paesi, dove le specie introdotte hanno mostrato di avere una fitness o un livello di competizione maggiore delle specie autoctone. Per esempio, in India, *B. dorsalis* e *B. zonata* hanno ridotto la popolazione di *Ceratitis capitata* a livelli insignificanti (Kapoor e Grewal 1986). Tuttavia, tutte le specie introdotte, anche se con popolazioni molto basse, sono diventate parte dell'entomofauna delle isole Mauritius.

1. *Bactrocera dorsalis* (oriental fruit fly), è stata riscontrata per la prima volta nelle Isole Mauritius il 5 giugno 1996 (MAFNR, 1996). Una singola femmi-

na è stata catturata in una trappola Mc Phail innescata con sali d'ammonio, collocata a Camp Carol, un villaggio a circa 1 km dall'aeroporto. Questo rilevamento così precoce è stato frutto di una campagna di monitoraggio mediante una sistemazione di trappole innescate con attrattivi per tutto il territorio dell'isola (Soonnoo et al., 1995; Permilloo et al., 1997). Questo programma di controllo, finanziato dalla Comunità Europea e dal Governo delle Mauritius, è operativo nelle Regioni Nord e Nord Est dell'isola, e include anche un programma di quarantena. Proprio il programma di quarantena, che prevedeva la collocazione di trappole vicino a porti e aeroporti, ha permesso il rilevamento di una femmina adulta di *B. dorsalis*, sicuramente in una fase molto precoce di infestazione del territorio.

*Bactrocera dorsalis* è riconosciuta come una delle più dannose mosche della frutta al mondo, a causa della sua ampia polifagia, della sua fitness riproduttiva, e delle sue elevate capacità di dispersione sul territorio e della capacità di adattamento a diverse condizioni climatiche. La sua presenza nelle Mauritius è stato il primo rilevamento in una regione africana, e quindi la stabilizzazione di una popolazione permanente nelle Mauritius è da ritenersi un serio rischio per i Paesi africani confinanti. Inoltre, la presenza di *B. dorsalis* nelle Mauritius è stato un grosso ostacolo per la commercializzazione e per l'esportazione di frutta e ortaggi. I principali metodi di lotta usati per il controllo di *B. dorsalis* sono stati due sistemi di cattura massale: le tecniche di *Bait Application* (BAT) e *Male Annihilation* (MAT). La differenza tra le due tecniche è semplicemente dato dal tipo di attrattivo usato: nel caso delle BAT era un sale di ammonio, che come esca alimentare permetteva di catturare sia maschi che femmine; mentre nel caso delle MAT, l'attrattivo era un feromone sessuale sintetico e catturava essenzialmente i maschi (Soonnoo et al. 1995; Permilloo et al., 1997). Il BAT e il MAT sono definiti come "*Bait station*", un semplice dispositivo realizzato con un economico supporto contenente un attrattivo alimentare volatile e a lento rilascio e un insetticida che funziona sia per contatto che per ingestione. La metodologia delle *bait-stations* non prevede le catture degli individui attirati dall'esca, perché gli effetti dell'insetticida si manifestano solo alcuni minuti dopo l'ingestione o il contatto, quando la mosca si è allontanata dal dispositivo (Cunnigham e Suda, 1986). Tale procedimento, se da un lato consente di abbassare in modo considerevole i costi (le *bait-station* costano un decimo rispetto al costo delle trappole comunemente usate per le catture massali, tipo *MaPhail*, e non hanno bisogno della visita periodica per svuotarle del contenuto di insetti morti), dall'altro ha lo svantaggio di non permettere una valutazione dell'efficacia del metodo e quindi di non poter essere usato

in un programma di monitoraggio. Anche per questo, sono state distribuite sul territorio trappole nella misura di 2 per ettaro, con l'unico obiettivo di monitorare l'andamento della popolazione di *B. dorsalis* e delle altre specie di mosca della frutta in correlazione con la presenza delle *bait stations* e di altri sistemi di controllo. Per il programma di eradicazione del tefritide *B. dorsalis* dalle Isole Mauritius, il sistema basato sulle BAT e MAT è stato rinforzato con altre strategie di difesa, quali: ricoprire con reti a maglia sottile gli alberi da frutto, raccogliere i frutti caduti dagli alberi e metterli in appositi contenitori (*sanitation*) oppure cospargerli di insetticida e seppellirli sottoterra. Infine, coprire i frutti in fase precoce con bustine di carta traspirante ma resistente alla pioggia. Il programma di eradicazione ha preso in considerazione anche la collocazione sul territorio di trappole (e *bait stations* in una fase successiva) in posti di non facile accesso e/o lontani dalle colture bersaglio. Obiettivo di tale approccio era quello di individuare gli spostamenti sul territorio del tefritide, in relazione a stimoli fisiologici diversi da quelli della ricerca della pianta ospite (quali condizioni climatiche favorevoli, zone rifugio, presenza di acqua, ecc.) (Seewooruthun et al., 2006).

**2. Problema emergente: “*Bactrocera invadens*”.** *Bactrocera invadens* è stata rinvenuta per la prima volta nell'Africa continentale in Kenia nel 2003 (Lux et al., 2003). Poco tempo dopo, individui della stessa specie sono stati catturati in altri Paesi del continente africano (Drew et al., 2005). Studi recenti ci confermano che la sua distribuzione riguarda gran parte dell'Africa tropicale, comprendendo un territorio che va dal Senegal al Mozambico, come anche le Isole Comore nell'Oceano Indiano (De Mayer et al., 2007). La specie fitofaga dannosa è nativa dell'Asia centro meridionale, in una regione compresa tra lo Sri Lanka e la parte meridionale dell'India (Drew et al., 2005). Questa specie invasiva è considerata di grande importanza economica, in quanto produce un danno particolarmente rilevante alla produzione orto-frutticola, in particolare su mango (Puilles-Duplaix, 2007). Vayssières (2007) riporta che nel Benin, ad esempio, più del 60% della produzione di mango è compromessa a causa dell'attacco di *B. invadens*. Non è chiaro come e quando questa specie fitofaga dannosa si sia insediata nel territorio africano; i dati negativi di un ampio campionamento territoriale condotto dal 1992 al 1996, monitorando più di 800 specie di piante da frutto in un'area compresa tra le coste della Guinea e il Mali, fanno presupporre, comunque, che *B. invadens* non fosse presente nel continente africano prima del 2000 (Vayssières et al., 2004). Questi dati confermano che, considerando la rapidità con cui questa specie si è distribuita

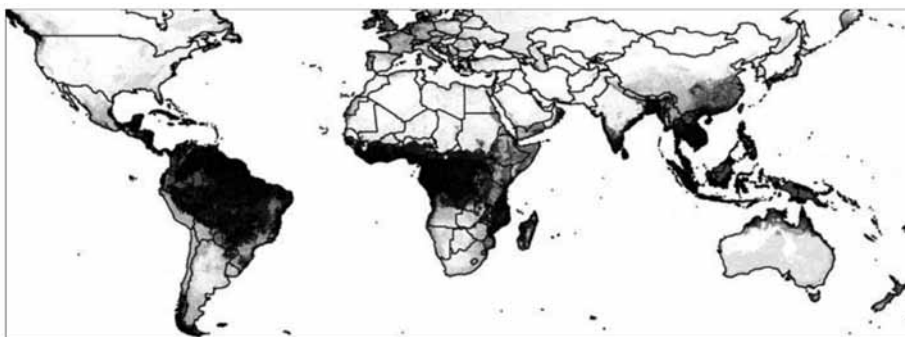


Fig. 1 *Modello di previsione della distribuzione di Bactrocera invadens* (da: De Meyer et al., 2009)

nell'Africa, sia in termini di densità di popolazione che di distribuzione sul territorio, esiste un reale pericolo che essa possa adattarsi e diventare invasiva anche in altre regioni del mondo. In due modelli revisionali, il primo presentato da Stephens et al. (2007), basato sulla corrispondenza geografica di dati climatici analizzati attraverso il software CLIMEX, e il secondo da De Meyer et al. (2009), basato su analisi matematiche con algoritmi genetici (fig. 1), si ipotizza il possibile areale futuro di distribuzione di tale specie sulla Terra.

Tuttavia, osservazioni di campo hanno rilevato la presenza di questa specie fitofaga dannosa anche in aree con condizioni climatiche differenti da quelle in cui si era insediata all'inizio. Per esempio, il dittero è stato registrato nelle zone umide e nelle savane dell'Africa occidentale, del Sudan e dello Zambia, che presentano un clima con periodi di siccità e di temperature elevate decisamente più lunghi di quelli presenti nella prima area di distribuzione africana (De Meyer et al., 2009).

**3.** Il punteruolo rosso delle palme, *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) (Coleoptera, Curculionidae), è di origine asiatica, ed è stato introdotto nel Bacino del Mediterraneo nei primi anni '90 (Cox, 1993; Kehat, 1999); in Spagna è stato segnalato nel 1993 (Barranco et al., 1996) e, dopo circa un decennio, è stato rinvenuto in Italia, in Turchia e in Grecia dove si è insediato prevalentemente su piante di *Phoenix canariensis* soprattutto adulte e di sesso maschile. Recentemente in Sicilia sono state riscontrate infestazioni anche su esemplari giovani e su piante adulte di *P. dactylifera*, di *Washingtonia* sp., di *Chamaerops humilis*, di *Syagrus romanzoffiana*, di *Jubaea chilensis* e di *Livistona chinensis*. In Nord Africa e in Medio Oriente l'insetto è considerato più dannoso alle giovani palme da datteri. Attualmente è presente in tutta l'area mediterranea.

**Biologia:** Individuata una palma idonea, i maschi di *R. ferrugineus* producono un feromone di aggregazione capace di richiamare maschi e femmine, il cui componente principale è il (4S,5E)-2-methyl-5-hepten-4-ol), commercializzato come *rhynchopherol*. Le femmine depongono le loro uova alla base delle foglie o dei giovani germogli, sia nelle ferite o nelle cicatrici presenti sulla pianta. Nel caso di attacco delle palme da datteri, le femmine per l'ovideposizione prediligono i polloni basali.

La regione del Golfo nella Penisola Arabica produce più del 30% della produzione globale di datteri. Dalla metà degli anni '80 la produzione agricola è in pericolo per l'arrivo di *Rhynchophorus ferrugineus*. L'insetto è un coleottero curculionide di grosse dimensioni (adulto di 3-4 cm e larva lunga fino a 6 cm), che ha un comportamento endofita a spese dei tessuti meristematici di varie specie di palme. Il danno economico dovuto all'abbattimento e conseguente smaltimento delle palme attaccate è stato valutato tra l'1 e il 5% di infestazione, con un costo stimato tra i 5.28 e 25.92 milioni di dollari rispettivamente. Inoltre, è stato previsto un intervento di difesa preventiva per le palme che ancora non sono state attaccate, con un costo stimato tra i 20 e i 103 milioni di dollari.

Le più efficaci misure di lotta contro il Punteruolo sono quelle preventive mentre, allo stato attuale, risulta problematico l'intervento curativo su piante già attaccate e ciò a causa del comportamento endofita delle larve e delle notevoli dimensioni delle piante colpite. Uno studio particolarmente interessante è quello che è stato realizzato dal 2007 in Italia nella Regione Sicilia (Colazza e Filardo, 2009): seguendo un criterio che integrava una ricerca di base e un programma sociale, è stata avviata l'iniziativa progettuale *Fitopalmitro* che con lo slogan "adotta una trappola" ha permesso la collocazione e il periodico controllo dei dati e la manutenzione di 500 trappole innescate con *rhynchopherol*, il feromone di aggregazione della specie. Tale iniziativa, ha sicuramente una valenza importantissima nel monitoraggio della specie fitofaga dannosa su un vasto territorio, e potrebbe avere in un futuro possibili applicazioni in programmi di lotta che prevedono l'utilizzo della tecnica del maschio sterile (Cristofaro, com. pers.). Nei Paesi asiatici e in Medio Oriente, dove la palma ha una valenza agro-economica di gran lunga superiore, per limitare le infestazioni del punteruolo rosso sulle palme da cocco e da dattero sono stati utilizzati, con risultati non sempre soddisfacenti, insetticidi organofosforici (es. acefate, azinfos-metile, diclorvos, dimetoato, fention, pirimifos etile, monocrotofos, triclorfon) e carbammati (es. carbaril, carbosulfan). In Spagna, le

palme dei parchi pubblici sono state ripetutamente trattate con esteri fosforici (fenitrothion, clorpirifos, diazinone, metidation), oppure mediante iniezioni ai tronchi con prodotti a base di carbaril e imidacloprid.

4. La tignola del pomodoro, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae), è un piccolo lepidottero la cui larva mina le foglie e i frutti del pomodoro e di altre Solanaceae.

Il lepidottero è originario dell'America Centrale, e ha colonizzato successivamente il Sud America, dove è stato riportato in Bolivia, Brasile, Cile, Colombia, Ecuador, Paraguay, Uruguay e Venezuela; nel continente americano ha una distribuzione che va da circa 1000 m fino al livello del mare (Vargas, 1970; Luna et al., 2007). Il lepidottero è stato di recente accidentalmente introdotto anche nel Bacino del Mediterraneo, con una prima segnalazione in Spagna nel 2006. Ora è ampiamente distribuito in tutta la penisola iberica, e ha fatto la sua comparsa dal 2008 anche in Algeria e Marocco, causando ingenti danni su pomodoro tanto da essere stato segnalato come organismo nocivo sotto ufficiali misure di sicurezza (Luna et al., 2007).

*Tuta absoluta* ha fatto la sua comparsa nello stesso anno in 4 regioni italiane (Calabria, Campania, Sardegna e Sicilia), e nel 2009 sono state segnalate infestazioni in alcune zone della Francia (in Corsica e sulla Francia meridionale che si affaccia sul Mediterraneo) e in Tunisia. Finora in tutto il Bacino del Mediterraneo l'insetto è stato registrato unicamente su pomodoro, senza alcuna segnalazione su altre Solanaceae (EPPO, 2008).

*Importanza economica e tipologia di danno.* Il danno è causato dal comportamento endofita della larva, che mina foglie e steli della pianta di pomodoro. Il lepidottero preferisce attaccare i germogli, ma in fase avanzata il danno viene registrato in tutta la parte epigea della pianta, inclusi i frutti. Comunque, anche quando in una fase precoce il danno interessa solo i germogli della pianta, la produzione subisce una drastica riduzione con perdite fino al 100% del raccolto. Il danno sui frutti viene registrato solo in casi di grosse infestazioni, ma la presenza anche di un piccolo danno sul frutto lo rende assolutamente non commerciabile; inoltre, i frutti colpiti dalla tignola vanno facilmente incontro a fenomeni di marcescenza (Torres et al., 2001).

*Misure di controllo.* Tre principi attivi hanno mostrato di essere efficaci nei confronti degli stadi larvali nelle infestazioni di *T. absoluta* in Spagna: *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*, indoxacarb e lo spinosad. Anche la deltametri-na sembra aver mostrato una certa efficacia, determinando il classico effetto abbattente sull'adulto tipico dei piretroidi e viene utilizzata principalmente

nelle situazioni di serra. Dove le popolazioni sono ancora relativamente contenute (1-3 catture/settimana), la cattura massale con trappole innescate con il feromone e acqua ha dato buoni risultati in Spagna. Il feromone sessuale è comunque disponibile e sicuramente va utilizzato in sistemi di monitoraggio preventivi.

Anche le pratiche agronomiche possono in parte aiutare a contenere le infestazioni del lepidottero. Tra queste la rotazione colturale, e la rimozione dell'intero campo di pomodoro (nelle situazioni di gravi infestazioni) o delle piante attaccate (nel caso di piccole infestazioni), hanno mostrato di essere un valido sistema di controllo della specie fitofaga dannosa. Nel caso di gravi infestazioni, e quindi di rimozione della coltivazione di pomodoro attaccata, da non sottovalutare la presenza, e il conseguente monitoraggio e/o rimozione, di altre Solanaceae spontanee e coltivate nelle aree limitrofe. Tutto il materiale vegetale considerato potenzialmente infestato, deve essere distrutto seguendo delle corrette pratiche fitosanitarie.

### 5. Pest del riso.

*Nilaparvata lugens* Stål. (Homoptera: Delphacidae), "brown planthopper o cicalina del riso", è uno dei fitofagi chiave di questa coltura. Appartiene all'ordine dei Rhynchotha, insetti caratterizzati da apparato pungente e succhiante. L'insetto si nutre di linfa e succhi vegetali che sugge direttamente dai tessuti attraverso gli stiletti boccali, provocando avvizzimento, disseccamento e imbrunimento (hopper burn) (Sogawa, 1982).

Contemporaneamente con l'immissione di saliva diventa vettore di virus quali il "Rice Grassy Stunt Virus" e "Wilted Stunt Virus" (Powell et al., 1995), che possono portare alla morte della pianta. Le infestazioni avvengono in genere alla base della pianta dove le condizioni di ombra e umidità favoriscono l'attività di adulti e ninfe responsabili del danno (Sogawa e Cheng, 1979). L'incidenza di *N. lugens* è quindi legata alla presenza di umidità (elevata nel periodo delle piogge o sulle colture irrigue). Dopo un periodo di pre-accoppiamento (2 gg) e di pre-ovideposizione (3-4 gg), la femmina depone gruppi di uova nel tessuto delle foglie basali (o anche di quelle apicali in caso di forte infestazione). Ogni femmina può deporre 100-200 uova. Queste, in ambienti tropicali, schiudono in 7-11 gg. Il ciclo larvale dell'emittero svolge 5 stadi ninfali che si sviluppano in 10-15 gg. A una temperatura media di 25° C il ciclo vitale si conclude in 28-32 giorni. Considerando che il ciclo colturale del riso può durare da 78 a 230 gg a seconda della cultivar (Grist, 1968), si può calcolare una successione di 2-8 generazioni. Può svernare allo stadio di uovo

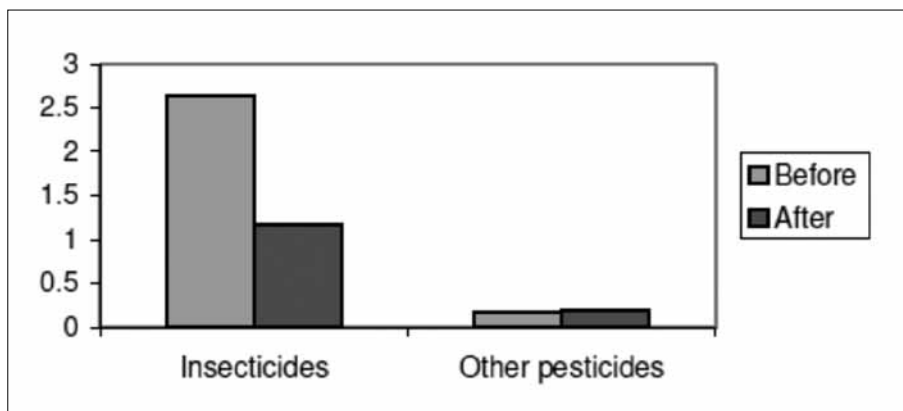


Fig. 2 *Media delle applicazioni di pesticidi nei campi di riso, prima e dopo il programma IPM per il controllo di N. lugens (da H. Van den Berg, 2004)*

o frequentemente si verificano migrazioni estive delle forme alate dai Paesi tropicali verso quelli temperati (Kisimoto, 1971).

Nel passato, il riso veniva coltivato in Indonesia per tutto l'anno, ma questo tipo di pratica agronomica ha fatto sì che durante il 1970 e il 1980 ci sia stata una graduale crescita di organismi nocivi associati alla coltura, e in particolare l'emittero *Nilaparvata lugens* (Stål). La produzione di riso iniziò ad avere un'inesorabile discesa, nonostante un cospicuo aumento dell'uso di insetticidi (Oka, 1991), che anzi ottenne l'effetto contrario, azzerando le popolazioni dei nemici naturali di questa specie fitofaga dannosa. Probabilmente a causa di questo fattore nel 1985 ci fu una spaventosa esplosione della popolazione dell'emittero e la produzione di riso fu praticamente distrutta, portando parecchi contadini ad abbandonare i loro campi (Oka, 1997; Resosudarmo 2001; Phanthong and Patterson, 2005).

Alla fine è stato messo a punto un programma per il salvataggio del riso indonesiano. La prima azione è stata quella di mettere al bando 57 dei 64 pesticidi usati in Indonesia. Poi sono stati messi a punto scuole di formazione per personale tecnico per renderlo in grado di riconoscere ed eventualmente proteggere l'entomofauna utile, rappresentata da parassitoidi, ragni e altri predatori che, se presenti in buon numero, potevano essere perfettamente in grado di mantenere sotto controllo la popolazione di *N. lugens*.

Insieme alla riduzione drastica dell'uso di insetticidi in termini qualitativi e quantitativi (fig. 2), il programma prevedeva anche un rinnovamento nelle pratiche agronomiche. Invece di avere la coltivazione di riso per tutto l'anno, è stato chiesto ai contadini di ridurre la produzione a 9 mesi per anno, in modo

di avere 3 mesi di “riposo”. L'assenza della pianta ospite in questi 3 mesi ha decretato un netto abbattimento della popolazione di *N. lugens* a una soglia di danno trascurabile. Inoltre, come beneficio aggiunto di tale approccio, era regredita anche la resistenza agli insetticidi, costruita velocemente negli anni precedenti con un uso smodato di essi.

## CONCLUSIONI

Le avversità delle piante hanno da sempre rappresentato un serio problema per gli agricoltori. Il tipo di danno che esse implicano può essere di tipo economico (perdita del raccolto) ma anche psicologico (frustrazione, senso di impotenza). Combattere le avversità è una necessità per il singolo agricoltore. Tuttavia, la presenza di un organismo fitofago dannoso in un campo coltivato, pone inevitabilmente a rischio tutti i campi coltivati adiacenti e, successivamente, quelli poco lontani. Ne consegue che il contenimento degli organismi *pest* non può prescindere da un rapporto di stretta cooperazione e di informazione tra gli agricoltori. Le strutture governative, come anche gli enti pubblici e le iniziative private, potrebbero e dovrebbero contribuire al processo di coordinamento dell'informazione e delle iniziative da prendere per cercare di risolvere un problema emergente creando infrastrutture e servizi, basati sulla conoscenza, sulla ricerca e sull'informazione: la loro attuazione sarebbe il sistema migliore e più sostenibile per fornire un supporto a lungo termine alle comunità agricole.

Gli organismi fitofagi dannosi sono in grado di creare allarmanti situazioni e di avere un comportamento e una distribuzione epidemica quando, in circostanze ecologiche a loro favorevoli, possono accrescersi numericamente in assenza di fattori limitanti superando le soglie di danno economico. Quando questo succede in agricoltura il danno biologico che esse arrecano ha una grave valenza economica che, in molti Paesi in via di sviluppo può degenerare fino a creare enormi problemi di carattere sociale.

Le *Farmer Field Schools* in Asia hanno coinvolto più di 2 milioni di agricoltori in più di una dozzina di Paesi, supportate da governi, gruppi OGN e agenzie internazionali. Molte sono le lezioni che possono essere apprese da questa esperienza, sia per i Paesi in via di sviluppo sia per quelli sviluppati (Bartlett, 2005).

Recentemente si riscontra una continua crescita di interesse per sostenere i programmi di pest management basati sul controllo biologico e su quello

integrato. Tuttavia, le condizioni in cui vanno a inserirsi tali programmi, cambiano notevolmente tra Paesi sviluppati e Paesi in via di sviluppo.

Per questo motivo è importante mettere in luce le differenze nella gestione delle specie invasive tra i Paesi sviluppati e quelli in via di sviluppo: solo valutando gli aspetti storici, politici, sociali ed economici che possono aver contribuito alla diffusione delle specie invasive, si può pianificare un intervento efficace per la loro gestione e successivo auspicabile controllo, e per un futuro sistema di prevenzione sostenibile (Nunez e Pauchard, 2009).

Anche molte delle altre esperienze illustrate in precedenza, rappresentano esempi reali e importanti di come la gestione dei fitofagi dannosi possa e debba essere affrontata nell'ottica di una sempre maggiore sostenibilità: l'esperienza hawaiana, quella delle Isole Mauritius, quella del riso indonesiano, sono esempi concreti di gestione sostenibile di organismi *pest* ad alto impatto, da cui prendere spunto per progettare nuovi interventi in realtà socio-economiche ed ecologiche più fragili ma ancora potenzialmente sulla via di un vero sviluppo sostenibile.

Le invasioni di specie fitofaghe dannose alloctone sono un problema globale, e non vanno considerate come un problema di tipo regionale, con responsabilità per la diffusione che vanno attribuite sia al Paese che esporta che al Paese che riceve la specie invasiva.

Il quadro politico che influenza la gestione dei fitofagi dannosi sta guidando in tutto il mondo il cambiamento nell'applicazione in questo ambito della lotta biologica e delle biotecnologie. Tuttavia, le condizioni che determinano il cambiamento differiscono tra i Paesi in via di sviluppo e i Paesi sviluppati. Nei Paesi sviluppati il cambiamento deriva dai nuovi standard nei protocolli per lo screening di nuovi pesticidi, dalla preoccupazione pubblica sui pesticidi chimici, e dai costi legati allo sviluppo di nuovi prodotti chimici da immettere sul mercato (Congresso degli Stati Uniti, 1995). Al contrario, il cambiamento nei Paesi in via di sviluppo nasce dalla necessità di ridurre i costi di produzione e di rafforzare la tutela dei sistemi di produzione (Waage, 1995). Il quadro politico legato a questi problemi è molto esteso ed è influenzato dalle risposte nazionali alle preoccupazioni internazionali relative allo sviluppo ecologicamente sostenibile, alle convenzioni sulla biodiversità, al commercio globale e al cambiamento climatico.

L'ultimo decennio ha visto un rapido sviluppo dell'idea che le pratiche agricole contemporanee debbano essere sia sicure ed economicamente sostenibili, che soddisfare le esigenze del presente senza compromettere la capacità delle generazioni future. Questa filosofia ha ampliato le priorità della ricerca

e dello sviluppo dei sistemi di produzione primaria (Lubchenco et al., 1991). Vi è dunque meno enfasi sull'efficienza e la produttività e una maggiore attenzione verso la sostenibilità. In questo contesto, l'agricoltura sostenibile è definita come l'uso di pratiche e sistemi agricoli che mantengono o migliorano la redditività economica della produzione agricola, la base di risorse naturali e di altri ecosistemi influenzati dalle attività agricole (Scarm, 1993). Questo spostamento di equilibrio ha avuto un triplice effetto sulle politiche per la gestione dei fitofagi dannosi. A livello internazionale è ora infatti riconosciuta la necessità di:

- 1) promuovere la ricerca e lo sviluppo di sostenibilità;
- 2) concentrarsi su un approccio che minimizzi l'uso di sostanze chimiche in agricoltura;
- 3) elaborare strategie di lotta contro i parassiti integrate nei sistemi regionali di coltivazione.

Cosa può essere fatto per migliorare?

Il bisogno economico di controllare le invasioni di specie fitofaghe dannose per l'agricoltura è generalmente più evidente nei Paesi in via di sviluppo, dove l'economia dipende più strettamente dalle risorse naturali, e in particolare dall'agricoltura, ma l'alternativa non può essere considerata quella di trasferire le conoscenze e i modelli usati nei Paesi sviluppati in quelli in via di sviluppo. I fattori che hanno determinato l'arrivo di una stessa specie *pest* alloctona e/o la sua invasione territoriale, possono essere molti diversi tra i Paesi sviluppati e quelli in via di sviluppo, e quindi vanno affrontati biologicamente, socialmente ed economicamente in modo diverso. In altre parole, non esiste un "modello" unico e ideale che si adatta a tutte le situazioni, ma deve essere ristrutturato tenendo conto del contesto sociale, economico e agro-ecologico del Paese o della regione in cui si deve intervenire. Un programma di sviluppo sostenibile deve prendere in considerazione non solo gli aspetti agro-ecologici ma anche il contesto culturale e sociale in cui si opera, le tradizioni culturali delle comunità, e su questo background socio-culturale innestare le possibili tecnologie "evolute".

Il problema delle avversità emergenti nei Paesi in via di sviluppo va affrontato essenzialmente in due modi: migliorando il sistema di prevenzione (se la specie non è ancora arrivata o non ha ancora un andamento endemico), oppure intervenendo con programmi sostenibili di lotta integrata (nel caso che la specie abbia già espresso la sua potenzialità invasiva). Sia per la pre-emergenza che per il controllo, si debbono prevedere due tipi di intervento,

uno strutturale e l'altro gestionale. Quello *strutturale* può essere definito come la realizzazione di un sistema di monitoraggio centralizzato, in grado di prevenire le invasioni (in una situazione di pre-emergenza) o di controllare l'efficacia dei sistemi di controllo. A seconda delle realtà sociali della regione o del Paese, può essere statale, regionale, o una semplice cooperativa di agricoltori di una regione. Un esempio importante è quello che Lux et al. (2003) hanno riportato in Africa Centrale per monitorare e catalogare la presenza e l'insorgenza sul territorio delle mosche della frutta. Questo tipo di informazione ha permesso di inquadrare storicamente la nuova emergenza *B. invadens*, e di cercare di pianificare una strategia di controllo sostenibile e su vasta scala. Un altro esempio è fornito da quello che Colazza e Filardo (2009) stanno realizzando in Sicilia nell'ambito del progetto Fitopalmitro: la collocazione e il periodico controllo e manutenzione di 500 trappole sul territorio della provincia di Palermo per il monitoraggio e la cattura massale del punteruolo rosso delle palme, è stato possibile soltanto attraverso l'iniziativa "Adotta una trappola".

Quello *gestionale* deve definire le linee guida di intervento; ha una valenza più tecnico-scientifica e deve programmare la strategia da usare per abbassare il rischio di invasione o riportare una specie invasiva a un livello di impatto accettabile. Gli esempi più calzanti ed evoluti tra quelli presentati per questa fase, potrebbero essere quelli riferiti alle 2 specie di tefritidi *C. capitata* e *B. dorsalis*. Sia nel primo caso (Jang et al., 2007) che nel secondo (Soonnoo et al. 1995; Permalloo et al., 1997), l'approccio prevedeva un serie di azioni che integravano diverse strategie di lotta con un programma di formazione e informazione accurato.

Ovviamente i problemi nei Paesi in via di sviluppo sono diversi rispetto a quelli sviluppati, e le soluzioni devono essere prese in funzione di tali differenze. In questo ambito, l'esempio riportato per il controllo della specie fitofaga dannosa del riso in Indonesia, l'emittero *N. lugens*, e la capacità progettuale a riportare l'infestazione a una soglia di danno trascurabile, è di gran lunga il più rivoluzionario e rappresentativo (Resosudarmo, 2001). L'integrazione in questo caso, non ha solo preso in considerazione l'approccio sociale, ma è stata realizzata anche per mezzo di programmi cooperativi di educazione e di informazione tra gli agricoltori, organizzati e gestiti da loro stessi, gettando le basi per quella che è stata considerata la più grande evoluzione agro-culturale dei Paesi in via di sviluppo: la nascita delle *Farmer Field School* (Bartlett, 2005).

Ovviamente non mancano gli esempi di insuccesso, o di casi in cui si è ancora in fase preliminare di studio delle strategie da applicare per il controllo delle specie infestanti alloctone, e questo spesso vale sia per i Paesi sviluppati che per quelli

in via di sviluppo. Tra gli esempi riportati in questo contesto, a tale riguardo si possono menzionare la tignola del pomodoro, *T. absoluta*, e il punteruolo rosso delle palme, *R. ferrugineus*: le soluzioni per il contenimento di queste due specie fitofaghe dannose sono per lo più ancora assolutamente insufficienti per instaurare un efficace controllo, e sono limitate per lo più ad affrontare il problema solo su piccola scala e non seguendo un vero approccio territoriale, l'unico che, integrando strategie di controllo e campagne di formazione e informazione, può permettere la realizzazione di programmi territoriali (area-wide) sostenibili e che tengono conto del contesto sociale, economico e agro-ecologico.

#### RINGRAZIAMENTI

Un particolare ringraziamento va al dr. E. Arcuri, al dr. M. Iannetta, al dr. G. Marconi e alla dr.ssa P. Nobili dell'ENEA; al dr. A. Sonnino e al prof. A. Bozzini della FAO; al dr. E. Jang, al dr. S. Clement, al dr. L. Smith e al dr. R. Sforza dell'USDA ARS; al dr. Serge Quilici del CIRAD; alla dr.ssa E. Gerber del CAB; al dr. G. Andreoli dell'Agriconsulting; alla dr.ssa A. La Marca della BBCA; e al prof. S. Colazza dell'Università di Palermo; per il loro indispensabile e prezioso aiuto nella ricerca e selezione del materiale bibliografico.

#### RIASSUNTO

Gli insetti fitofagi dannosi determinano la distruzione di circa il 14% della produzione agricola a livello mondiale, mentre per il loro contenimento vengono applicati all'anno circa 3.000 milioni di chilogrammi di pesticidi.

Questo lavoro mette a confronto i programmi IPM realizzati nei Paesi sviluppati con le strategie sostenibili utilizzate nei Paesi in via di sviluppo. Nello specifico, sono stati presi in considerazione 2 progetti *area-wide* per l'eradicazione di mosche della frutta (Tefritidi) nelle Isole Hawaii e Mauritius, per quanto riguarda i Paesi sviluppati; e la realizzazione delle *Farmer Field School* per i Paesi in via di sviluppo. Particolare considerazione è stata data all'uso di strategie come le *bait station*, la lotta biologica e il metodo della *sanitation*, come esempi di metodologie trasferibili nelle realtà agricole dei Paesi in via di sviluppo. Le *Farmer Field School* sono un sistema educativo per adulti, indirizzato a far prendere conoscenza e confidenza agli agricoltori delle basi ecologiche elementari delle strategie di *Integrated Pest Management*, applicabili e sostenibili nel loro agro-ecosistema, a discapito dell'utilizzo spesso improprio o esagerato dei pesticidi.

#### ABSTRACT

*Socio-economic impact of invasive arthropod crop pest species in developing Countries.*  
The major insect pests of crops destroy approximately 14% of all potential food

production despite the yearly application of more than 3,000 million kilograms of pesticides.

This paper is comparing the IPM approach used in developed countries with the sustainability of new strategies of pest control for developing Countries. Special emphasis was done on the area-wide projects on fruit flies in Hawaii and Mauritius Islands (as developed Countries), and the Farmer Field School approach for developing Countries. In particular, the use of strategies such as bait stations, biological control, and sanitation were taken under special consideration from the fruit fly experience as sustainable methods for developing Countries. The Farmer Field School is a form of education, which uses experiential learning methods to build farmers' expertise. Their approach evolved from the need to strengthen the ecological basis of Integrated Pest Management to deal with the variability and complexity of agro-ecosystems whilst reducing reliance on pesticides.

## REFERENCES

- BARTLETT A. (2005): *Farmer field schools to promote pest management in Asia: the FAO experience*, in: *Case study: IPM Farmer Field Schools*, Workshop on Scaling Up Case Studies in Agriculture, International Rice Research Institute, Bangkok, pp. 1-15.
- CALIFORNIA DEPARTMENT OF FOOD AND AGRICULTURE (1994): *The exotic fruit fly eradication program using aerial application of malathion and bait. Final Programmatic Environmental Impact Report*, State Clearinghouse Number 91043018, US: California Department of Food and Agriculture, pp. 5 -13.
- CDFA (2004): *see under* California Department of Food and Agriculture.
- COLAZZA S., FILARDO G. (2009): *Presentazione dei progetti "Fitopalmitro" e "Medea"*, in *La ricerca scientifica sul punteruolo rosso e gli altri fitofagi delle palme in Sicilia*, Regione Siciliana, Assessorato Agricoltura e Foreste, vol. 1, pp. 17-18.
- CUNNINGHAM R.T., SUDA D.Y. (1986): *Male Annihilation through mass-trapping of male flies with methyl eugenol to reduce infestation of Oriental Fruit Fly (Diptera:Tephritidae) larvae in papaya*, «Journal of Economic Entomology», 79, pp. 131-135.
- DE MEYER, M., MOHAMED S., WHITE I.M. (2007): *Invasive fruit fly pests in Africa*, <http://www.africamuseum.be/fruitfly/AfroAsia.htm> (accessed).
- DE MEYER M., ROBERTSON M.P., MANSELL M.W., EKEI S., TSURUTA K., MWAIKO W., VAYSSIÈRES J-F, PETERSON A.T. (2009): *Ecological niche and potential geographic distribution of the invasive fruit fly Bactrocera invadens (Diptera, Tephritidae)*, «Bulletin of Entomological Research», Published online by Cambridge University Press 27 Mar 2009 doi:10.1017/S0007485309006713, pp. 1-14.
- DEPARTMENT OF AGRICULTURE, SOUTH AUSTRALIA (1992): *Pest Eradication Unit Manual*, p. 52.
- DREW R.A.I, TSURUTA K., WHITE I.M. (2005): *A new species of pest fruit fly (Diptera: Tephritidae: Dacinae) from Sri Lanka and Africa*, «African Entomology» 13, pp. 149-154.
- EL-SABEA A.M. R., FALEIRO J. R., ABO-EL-SAAD M. M., (2009): *The threat of red palm weevil Rhyncophorus ferrugineus to date plantations of the Gulf Region in the Middle-East: an economic perspective*, «Outlook on pest-management», 20, pp. 131-134.

- EPPO (2008): *Additional information provided by Spain on EPPO A1 Pests*. EPPO Reporting Service (Es-Ta/2008-01).
- (FAO) FOOD AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (1996): *FAO EMPRES Expert Consultation*, 24-26 July 1996, FAO, Rome, Italy.
- (FAO) FOOD AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (2003): *1961-2002 Production yearbook*, FAO, Rome, Italy.
- FETIEN A. (2007): *Diversity, adaptation and GxE interaction of barley (Hordeum vulgare L) genotypes in northern Ethiopia*, PhD thesis, Norwegian University of Life Sciences, Ås. pp 1-260.
- FETIEN A., WATERS-BAYER A., BJØRNSTAD Å. (2008): *Farmers' seed management and innovation in varietal selection: implications for barley breeding in Tigray, northern Ethiopia*, «Ambio», 37, pp. 312-320.
- FIMIANI P. (1989): *Mediterranean region. World Crop Pests*, vol. 3A, Elsevier Science Publishers B.V. Amsterdam (Netherlands), pp. 39-50.
- GRIST D.H. (1968): *Ricc. Longmans*, London, xxiii, pp. 1-548.
- HEINRICHS E.A. (1991): *Entomology in the developing world*, in *Proceedings, Symposium: Progress and Perspectives for the 21st Century, Centennial National Symposium*, a cura di Menn, J. J., and A. L. Steinhauer, Lanham, MD, Usa, pp. 29-42.
- HOKKANEN H.M.T., PIMENTEL D. (1989): *New association in biological control: theory and practice*, «Canadian Entomologist», 121, pp. 828-840.
- JANG E., SMITH S. E J. ARMSTRONG (1996): *Assessment of the Papaya Fruit Fly eradication program in North Queensland*, Report of visit by scientific panel, 04-08 November 1996, pp 1-14.
- JANG E.B., KLUNGNESS L.M., MCQUATE G.T. (2007): *Extension of the use of Augmentoria for Sanitation in a cropping system susceptible to the alien terphritid fruit flies (Diptera: Tephritidae) in Hawaii*, «Journal of Applied Sciences and Environmental Management», 11, pp. 239-248.
- JARVIS D.I., PADOCH C., COOPER D. (2006): *Managing biodiversity in agricultural ecosystems*, a cura di D.I. Jarvis, C. Padoch e D. Cooper., Columbia University Press. pp. 1-472.
- JIMENEZ A., PAUCHARD A., CAVIERES L.A., MARTICORENA A., BUSTAMANTE, R.O. (2008): *Do climatically similar regions contain similar alien flora? A comparison between the Mediterranean areas of Central Chile and California*, «Journal of Biogeography», 35, pp. 614-624.
- KAPOOR V.C., GREWAL J. S. (1986): *Fruit flies and their host preference in India*, in *Proceedings of the second International Symposium on Fruit Flies*, Crete.
- KISIMOTO R. (1971): *Long distance migration of planthopper, Sogatella furcifera and Nilaparvata lugens*, in *Proceedings of Symposium on Rice Insects, Tropical Agricultural Research Center, Ministry of Agriculture and Forestry, Japan*.
- KOYAMA J., TERUYA T., TANAKA K. (1984): *Eradication of the Oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae) from the Okinawa Islands by a Male Annihilation method*, «Journal of Economic Entomology», 77, pp. 468-472.
- LEVINE J.M., D'ANTONIO C.M. (2003): *Forecasting biological invasions with increasing international trade*, «Conservation Biology», 17, pp. 322-326.
- LIN W., ZHOU G., CHENG X., XU R. (2007): *Fast economic development accelerates biological invasives in China*, «PLoS ONE», 2, pp. e1208.
- LUBCHENCO J., OLSON A., BRUBAKER L.B., CARPENTER S.R., HOLLAND M.J., HUBBELL S.P., LEVIN S.A., MACMAHON J.A., MATSON P.A., MELILLO J.M., MOONEY H.A., PETERSON C.H., PULLIAM H.R., REAL L.A., REGAL P. J., RISSER P.G. (1991): *The sustainable biosphere initiative: an ecological research agenda*, «Ecology», 72, pp. 371-412.

- LUNA M.G., SANCHEZ N.E., PEREYRA CEPAVE P.C. (2007): *Parasitism of Tuta absoluta (Lepidoptera, Gelechiidae) by Pseudapanteles dignus (Hymenoptera, Braconidae) Under Laboratory Conditions*, «Environmental Entomology», 36, pp. 887-893.
- LUX S.A., COPELAND R.S., WHITE I.M., MANRAKHAN A., BILLAH M.K. (2003): *A new invasive fruit fly species from the Bactrocera dorsalis (Hendel) group detected in East Africa*, «Insect Science and its Application», 23, pp. 355-360.
- MAFNR (1990): *see under* Ministry of Agriculture, Fisheries and Natural Resources.
- MAU R.F.L., SUGANO J.S., VARGAS R.I., JANG E.B. (2004): *Outcome based implementation of the HAW-FLY-YPM Area-Wide fruit fly suppression Program*, in Proceedings of 5th Meeting of the Working Group on Fruit flies of the western hemisphere. Ft. Lauderdale, FL.
- MEYERSON L.A., MOONEY H.A. (2007): *Invasive alien species in an era of globalization*, «Frontiers in Ecology and the Environment», 5, pp. 199-208.
- MINISTRY OF AGRICULTURE FISHERIES AND NATURAL RESOURCES (1986): *Annual Report of the Agricultural Services of the Ministry of Agriculture, Fisheries and Natural Resources of Mauritius Islands*.
- MINISTRY OF AGRICULTURE FISHERIES AND NATURAL RESOURCES (1987): *Annual Report of the Agricultural Services of the Ministry of Agriculture, Fisheries and Natural Resources of Mauritius Islands*.
- MINISTRY OF AGRICULTURE FISHERIES AND NATURAL RESOURCES (1990): *Annual Report of the Agricultural Services of the Ministry of Agriculture, Fisheries and Natural Resources of Mauritius Islands*.
- MINISTRY OF AGRICULTURE FISHERIES AND NATURAL RESOURCES (1996): *Annual Report of the Agricultural Services of the Ministry of Agriculture, Fisheries and Natural Resources of Mauritius Islands*.
- MYERS N., MITTERMEIER R.A., MITTERMEIER C.G., DA FONSECA G.A.B., KENT J. (2000): *Biodiversity hotspots for conservation priority*, «Nature», 403, pp. 853-858.
- NUNEZ M., PAUCHARD A. (2009): *Biological invasion in developing and developed countries: does one model fit all?*, «Biological Invasions», DOI 10.1007/s10530-009-9517-1.
- OKA J. N. (1991): *Successes and challenges of the Indonesian national integrated pest management program in the rice-based cropping system*, «Crop Protection», 10, pp. 163-165.
- OKA J.N. (1997): *Integrated crop pest management with farmers participation in Indonesia*, in *Reasons for hope: instructive experiences in rural development*, a cura di Krishna, A., Uphoff, N. and Esman M.J., Kumarian Press, Connecticut, Usa, pp 97-109.
- ORIAN A., MOUTIA L.A. (1960): *Fruit flies (Trypetidae) of economic importance in Mauritius*, «Revue Agricole et Sucrière de l' Ile Maurice», 38, pp. 142-150.
- PERMALLOO S., SEEWORUTHUN S. I., SOONNOO A. R., GUNGAH, B., UNMOLE L., BOODRAM R. (1997): *An area wide control of fruit flies in Mauritius*. (Paper presented at second annual meeting of agricultural scientists, Food and Agricultural Research Council, Mauritius).
- PHANTHONG K., PATTERSON D. (2005): *The problem is plantations*, <http://www.geocities.com/rainforest/7813/monpaper.htm>
- PIMENTEL D. (2007): *Area-Wide Pest Management: Environmental, Economic, and Food Issues, in Area-wide control of insect pests*, a cura di Vreysen M.J.B., Robinson A.S., Hendrichs J., Springer, Heidelberg, pp. 35-47.
- PIMENTEL D., LACH L., ZUNIGA R., MORRISON D. (2000): *Environmental and economic costs of nonindigenous species in the United States*, «BioScience», 50, pp. 53-65.

- POWELL K.S., GATEHOUSE A.M.R., HILDER V.A., GATEHOUSE J.A. (1995): *Antifeedant effects of plant lectins and an enzyme on the adult stage of the rice brown planthopper*, *Nilaparvata lugens*, «Entomologia Experimentalis et Applicata», 75, pp. 51-59.
- (PRB) POPULATION REFERENTE BUREAU (2004): *World population data sheet*, Population Reference Bureau, Washington, DC USA, pp. 1-16.
- PUILLES-DUPLAIX A. (2007): *Edito. La lutte régionale contre les mouches des fruits et légumes en Afrique de l'Ouest*, COLEACP/CIRAD, «Lettre d'information», 1, pp. 1.
- PYSEK P., JAROSIK V., CHYTRY M., KROPA Z., TICHY L., WILD J. (2008): *Geographic and taxonomic bases in invasion ecology*, «Trends in Ecology and Evolution», 23, pp. 237-244.
- RESOSUDERMO B.P. (2001): *Impact of the integrated pest management program on the Indonesian economy*, Economics and Environment Network Working, Australian National University, Economics and Environment Network, Economic Division, Canberra, Australia, Papers 0102.
- REYNOLDS T., BAILEY P., PEREPELICIA N. JESSOP A. (1995): *Integrated chemical and sterile fly release trial no.3 to eradicate Queensland fruit fly at Clarence Gardens*, Pest Eradication Unit, Primary Industries, Adelaide, South Australia, pp. 1-37.
- RWOMUSHANA I., EKESI S., GORDON I., OGOL C.K.P.O. (2008): *Host Plants and host plant preference studies for Bactrocera invadens (Diptera: Tephritidae) in Kenya, a new invasive fruit fly species in Africa*, «Annals of the Entomological Society of America», 101, pp. 331-334.
- SCARM (1993): *Sustainable Agriculture: Tracking the Indicators for Australia and New Zealand*, A Discussion Paper prepared by the SCARM Expert Group on Indicators of Sustainable Agriculture and Resource Management. Report No 51, CSIRO, Melbourne.
- SEEWORUTHUN S.I., SOONNOO A.R. (2006): *An Area Wide Control of Fruit Flies in Mauritius*, in Proceedings of the 7th International Symposium on Fruit Flies of Economic Importance, Salvador, Brazil.
- SEEWORUTHUN S.I., SOOKAR P., PERMALLOO S., JOOMAYE A., ALLECK M., GUNGAB B., SOONNOO A.R. (2006): *An attempt at the eradication of the oriental fruit, Bactrocera dorsalis (Hendel) from Mauritius*, in Annual Report of the Agricultural Services of the Ministry of Agriculture, Fisheries and Natural Resources.
- SMITH R.J., MUIR R.D.J., WALPOLE M.J., BAMFORD A., LEADER-WILLIAMS N. (2003): *Governance and the loss of biodiversity*, «Nature», 426, pp. 67-70.
- SOGAWA K. (1982): *The rice brown planthopper: feeding physiology and host plant interactions*, «Annual Review of Entomology», 27, pp. 49-73.
- SOGAWA K., CHENG C.H. (1979): *Economic thresholds, nature of damage and losses caused by the brown planthopper*, in *Brown planthopper: threat to rice production in Asia* International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines, pp. 125-142.
- SOONNOO A.R., SMITH E.S.C., JOOMAYE A., PERMALLOO S., GUNGAB B. (1995): *A large scale fruit fly control programme in Mauritius*, in *Problems and Management of Tropical Fruit Flies. Proceedings of a Workshop*, CHUA TH and KHOO SG eds University of Malaysia, pp. 52-60.
- STEINER L.F., HART W.G., HARRIS E.J., CUNNINGHAM R.T., OHINATA K., KAMAKAHI D.C. (1970): *Eradication of the Oriental fruit fly from the Mariana Islands by the methods of Male Annihilation and Sterile Insect Release*, «Journal of Economic Entomology», 63, pp. 131-135.
- STEINER L.F., MITCHELL W.C., HARRIS E.J., KOZUMA T.T., FUJIMOTO M.S. (1965): *Oriental fruit fly eradication by male annihilation*, «Journal of Economic Entomology», 58, pp. 961-964.

- STEPHENS A.E.A., KRITICOS D.J., LERICHE A. (2007): *The current and future potential geographical distribution of the oriental fruit fly*, *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae), «Bulletin of Entomological Research», 97, pp. 369-378.
- TAYLOR B.W., IRWIN R.E. (2004): *Linking economic activities to the distribution of exotic plants*, «Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America», 101, pp. 17725-17730.
- THOMPSON F.C. (Ed.) (1999): *Fruit fly expert identification system and systematic information database*, «Myia», 9, ix+524 pp.
- TORRES J.B., FARIA C.A., EVANGELISTA W.S., PRATISSOLI D. (2001): *Within-plant distribution of the leafminer Tuta absoluta (Meyrick) immatures in processing tomatoes, with notes on plant phenology*, «International Journal of Pest Management», 47, pp. 173-178.
- U.S. CONGRESS, OFFICE OF TECHNOLOGY ASSESSMENT (1995): *Biologically Based Technologies for Pest Control*, OTA-ENV-636 (Washington, DC: U.S. Government Printing Office), September 1995.
- VAN DEN BERG H. (2004): *IPM Farmer Field Schools: a synthesis of 25 impact evaluations*, FAO, pp 1-53.
- VARGAS H.C. (1970): *Observaciones sobre la biología y enemigos naturales de la polilla del tomate, Gnorimoschema absoluta (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae)*, «Idesia», 1, pp. 75-110.
- VAYSSIÈRES J.F. (2007): *Edito. La lutte régionale contres les mouches des fruits et légumes en Afrique de l'Ouest*, COLEACP/CIRAD Lettre d'information 1, p. 3.
- VAYSSIÈRES J.F., SANOGO F., NOUSSOUROU M. (2004): *Inventaire des espèces de mouches des fruits (Diptera: Tephritidae) inféodées au manguier au Mali et essais de lutte raisonnée*, «Fruits», 59, pp. 1-14.
- VILA M., PUJADAS J. (2001): *Land-use and socio-economic correlates of plant invasion in European and North African Countries*, «Biological Conservation», 100, pp. 397-401.
- WAAGE J. K. (1995): *International pest management in the light of changing policies of IPM and biodiversity*, in *Policy making, a must for the benefit of all*, a cura di Mann G. C. Zadoks J. C. Ministry of Agriculture, Nature Management and Fisheries, The Hague, The Netherlands, pp. 25-30.
- WESTPHAL M., BROWNE M., MACKINNON K., NOBLE I. (2008): *The link between international trade and the global distribution of invasive alien species*, «Biological Invasions», 10, pp. 391-398.
- WHITE I.M., ELSON-HARRIS M.M. (1992): *Fruit Flies of Economic Significance: their Identification and Bionomics*, CAB International, London, pp. 86 -110.
- WILLIAMSON M. (2006): *Explaining and predicting the success of invasive species at different stages of invasion*, «Biological Invasions», 8, pp. 1561-1568.
- YOHANNES GEBRE M., WATERS-BAYER A. (2007): *Trees are our backbone: integrating environmental and local development in Tigray Region of Ethiopia*, in Drylands Programme Issue Paper 145, International Institute for Environment and Development. London, pp. 1-36.
- ZWOLFER H. (1982): *Life systems of resource exploitation in Tephritids. Fruit flies of economic importance*, in Proceedings of the CEC/IOBC International symposium, Athens, Greece, pp. 16-30.

