

32 **FOCUS**
Controllo integrato a
Canino

66 **QUADRO INTERNAZIONALE**
Pollinators for
agricultural productivity

78 **PARTEI CONCORDATE**
FAO e Fondazione
Edmund Mach

Energia ambiente e innovazione

ENEA magazine

N. 3/2016
www.enea.it

Uomini e insetti

dalla logica di sterminio
all'alleanza per la sostenibilità

Intervista

Carlo Hausmann
Assessore Agricoltura,
Caccia e Pesca
Regione Lazio



Editoriale



di **Andrea Sonnino e Paola Carrabba**

Quando venne il mattino, il vento orientale aveva portato le cavallette. Le cavallette salirono su tutto il paese d'Egitto e si posarono su tutta l'estensione dell'Egitto. Erano numerosissime: prima non ce n'erano mai state tante, né mai più tante ce ne saranno. Esse coprono la superficie di tutto il paese, che ne rimase oscurato, e divorarono tutta l'erba del paese e tutti i frutti degli alberi, che la grandine aveva lasciato. Nulla di verde rimase sugli alberi né sulle erbe della campagna, in tutto il paese d'Egitto. (Esodo 10,13-15)

If all mankind were to disappear, the world would regenerate back to the rich state of equilibrium that existed ten thousand years ago. If insects were to vanish, the environment would collapse into chaos. (E. O. Wilson)

Gli insetti sono da sempre considerati terribili nemici dell'uomo. I tentativi di eradicazione degli insetti parassiti delle piante coltivate, degli animali domestici e dell'uomo, effettuati nella seconda parte dello scorso secolo, hanno mostrato di avere conseguenze deleterie sull'equilibrio degli ecosistemi, anche di quelli disturbati come gli agroecosistemi e le aree urbane, dimodoché nel lungo termine i danni hanno spesso superato i vantaggi ottenuti. Si stanno quindi affermando approcci di controllo degli insetti nocivi e di difesa delle colture più attenti agli equilibri ecologici, volti a minimizzare gli effetti negativi per il genere umano di alcuni insetti e nel contempo a valorizzare e massimizzare i servizi ecosistemici offerti da altre specie, tra cui l'impollinazione di piante spontanee e coltivate, la degradazione ed il riciclo della sostanza organica nel terreno e il biocontrollo di agenti patogeni e parassiti. Per queste strategie di transizione verso sistemi agricoli sostenibili, che includano tecnologie già consolidate, come l'*Integrated Pest Management (IPM)*, o che utilizzino metodi in fase di sviluppo, come la *Incompatible Insect Technique*, assumono un'importanza strategica lo studio e la comprensione, in un'ottica sistemica, della biologia, del comportamento e della variabilità genetica degli insetti, sia di quelli considerati benefici, che di quelli annoverati tra gli organismi nocivi. Le conoscenze generate dai centri di ricerca

devono inoltre essere integrate alle conoscenze acquisite dagli agricoltori e dai tecnici agricoli e accompagnate da misure politiche, normative ed organizzative che ne favoriscano l'applicazione pratica.

I più recenti progressi della ricerca entomologica italiana sono stati l'oggetto di un recente seminario organizzato nell'ambito del *Memorandum of Understanding* tra FAO e i tre enti di ricerca italiani attivi in campo agroalimentare, CNR, CREA e ENEA. Il seminario ha offerto l'occasione per costituire un gruppo congiunto di lavoro che sta attivamente esplorando le possibilità di mettere a frutto le conoscenze sviluppate dal sistema italiano di ricerca nell'applicazione di strategie di difesa integrata delle colture nei Paesi in via di sviluppo. Questo numero monografico di *Energia, Ambiente Innovazione* è, almeno in parte, un primo frutto della collaborazione tra FAO e gli istituti italiani di ricerca.

Gli interventi che seguono, scritti da autori che provengono dalla ricerca, dalla amministrazione pubblica, dalla produzione agricola, dalla cooperazione internazionale e dalla consulenza tecnica, si propongono di fare il punto delle conoscenze fin qui acquisite e di discutere il complesso mix di misure politiche e di attività di ricerca, di organizzazione dei produttori e di assistenza tecnica, che può permettere di trasformare i rapporti tra uomini ed insetti, in modo che non siano più improntati alla logica di sterminio, ma si convertano in prodromi di una alleanza per la sostenibilità.

Il numero monografico comprende contributi sulle tecniche di controllo delle pullulazioni di insetti "nocivi" e scritti relativi alla utilizzazione di insetti "utili". Particolare attenzione è rivolta alla valutazione di impatto socio-economico della introduzione della IPM nel comprensorio olivicolo di Canino, in provincia di Viterbo, cui sono dedicati tre articoli ed un video. Il progetto Canino, un progetto degli anni 80 pionieristico per approccio ed estensione, i cui benefici effetti perdurano dopo trenta anni, offre infatti lo spunto per riflessioni di particolare significato per la progettazione di futuri interventi sia a livello politico che a livello tecnico-scientifico.

The case of Canino **- Agricultural research in Europe -**

Alcuni dei lavori presentati in questo numero fanno riferimento all'attività di lotta integrata in olivicoltura nel comprensorio di Canino (VT) - The case of Canino, Agricultural research in Europe - prodotto dalla FAO in collaborazione con ENEA, mostra alcune importanti attività svolte sul territorio. Da questa attività è nato l'olio DOP di Canino.



E' possibile vedere il video al seguente indirizzo:

<https://www.youtube.com/watch?v=m3bzkSTtDU0&feature=youtu.be>

oppure da smartphone utilizzando il seguente QR Code



N. 3/2016

Direttore Responsabile

Gaetano Borrelli

Comitato di direzione

Gian Piero Celata, Tullio Fanelli, Roberto Moneta, Roberto Morabito, Aldo Pizzuto

Comitato tecnico-scientifico

Paola Batistoni, Ilaria Bertini, Paola Carrabba, Sergio Cappucci, Roberta Fantoni, Andrea Fidanza, Aurelio La Barbera, Sergio La Motta, Michele Marrocco, Laura Maria Padovani, Giovanni Puglisi, Roberta Roberto

Coordinamento editoriale

Giuliano Ghisu

Collaboratori

Luciano De Martino, Paola Del Nero, Marina Fortuna, Maria Grazia Oteri

Revisione lingua inglese

Carla Costigliola

Progetto grafico

Paola Carabotta

Edizione web

Antonella Andreini, Serena Lucibello, Concetta Manto

Promozione e comunicazione

Paola Giaquinto

Impaginazione

Del Gallo Editori D.G.E. Greenprinting srl
Via Dei Tornitori, 7 - 06049 Spoleto (PG)
info@delgalloeditori.com

Stampa

Laboratorio Tecnografico
Centro Ricerche ENEA Frascati
Numero chiuso nel mese di settembre 2016

Registrazione

Tribunale Civile di Roma
Numero 148 del 19 aprile 2010 del registro Stampa



14 La tecnica
dell'insetto sterile

01 Editoriale

INTERVISTA

06 con Carlo Hausmann, Assessore Agricoltura, Caccia e Pesca della Regione Lazio Promozione dell'innovazione per la sostenibilità del sistema agro-alimentare

FOCUS

- 10 Il controllo biologico degli insetti dannosi: vecchi concetti e nuove strategie
- 14 La tecnica dell'insetto sterile per il controllo integrato di insetti nocivi: evoluzione e prospettive
- 22 Pre-release risk assessment for classical biological control of harmful alien species
- 26 La difesa integrata in olivicoltura: il punto di vista dei produttori
- 32 Introduzione del controllo integrato dei parassiti nel comprensorio olivicolo di Canino: valutazione dell'impatto sociale ed economico
- 40 Integrated Pest Management within the Agricultural Innovation Systems perspective – the case of IPM introduction in Canino's area

Sommario



26 La difesa integrata
in olivicoltura



70 Climate change
and crop-pest dynamics



84 La cultura
della comunicazione

-
- 48** Programmi di difesa integrata delle colture: l'uso di resistenza genetica agli insetti
 - 54** Uso di artropodi fitofagi nel controllo delle erbe infestanti
 - 62** Gli insetti come fonte alternativa di proteine

QUADRO INTERNAZIONALE

- 66** Role of pollinators for agricultural productivity
- 70** Climate change and crop-pest dynamics in the Mediterranean Basin
- 74** Olivicoltura: il "Modello Canino" e le prospettive in Nord Africa

PUNTO & CONTROPUNTO

- 78** Francesca Mancini (FAO) e Claudio Ioriatti (Fondazione Edmund Mach)

SPAZIO APERTO

- 84** Come cambia il Paese dal punto di vista della cultura della comunicazione
- 88** Fioriture tossiche: un approccio integrato per la gestione di acque a rischio di contaminazione da cianotossine

Intervista a cura di Cristina Corazza



a **Carlo Hausmann**,
Assessore Agricoltura, Caccia e Pesca della Regione Lazio

Assessore Hausmann, lei è dottore in Scienze Agrarie, esperto di sviluppo rurale e vanta una lunga esperienza professionale anche sul fronte della ricerca, della formazione e delle tecnologie innovative. Partendo da questa consolidata competenza nel settore agricolo e agroalimentare, quali sono a suo giudizio le strategie e gli interventi prioritari per rafforzare il trasferimento tecnologico al sistema agro-alimentare del Lazio, ovvero per portare sempre più la ricerca “dai laboratori ai campi”, facilitando l’incontro tra domanda e offerta di innovazione?

Uno dei principali strumenti è il Programma di Sviluppo Rurale (PSR). Nel PSR del Lazio 2014/2020 la sensibilizzazione delle imprese a utilizzare l’innovazione ai fini del miglioramento della sostenibilità è legata sia all’attuazione del partenariato europeo per l’innovazione, misura specifica che prevede programmi di ricerca applicata all’intero settore agroalimentare, sia all’invito alle stesse imprese ad utilizzare il catalogo dell’innovazione. Quest’ultimo rappresenta una novità e riunisce tutto quello che è stato realizzato nella vecchia misura 124 del precedente PSR, ed è uno strumento utile alle aziende per proporre nuove attività e ottenere un punteggio molto importante all’interno dei criteri di selezione previsti dalle misure del nuovo PSR.

Per quanto riguarda invece il Partenariato Europeo per l’Innovazione, il cosiddetto PEI, qui la connessione tra innovazione e azienda agricola è stabilita come regola. Infatti, attraverso, la creazione dei cosiddetti gruppi operativi, per tutta la durata del progetto si creano delle integrazioni tra le aziende utilizzatrici e i soggetti fornitori delle innovazioni, quali enti e istituti di ricerca.

Come dare concretezza alla sfida per il Lazio ma non solo, di una sempre maggiore sinergia tra svi-

luppo economico e tutela ambientale in campo agricolo anche sotto il profilo della gestione sostenibile delle imprese?

Ci sono due piani differenti. Il primo è quello di privilegiare investimenti che coniugano economia e ambiente, il secondo invece è un piano di regolazione, vale a dire un piano in cui è necessario intervenire sulle regole del gioco per limitare al massimo l’incidenza di attività economiche impattanti, favorendo attività sostenibili.

La Regione Lazio ha già fatto alcune azioni importanti sotto il primo aspetto, in particolare con le politiche di sviluppo delle Aree protette, Parchi, Siti di Importanza Comunitaria e altre aree di interesse naturale. Qui l’agricoltura è stata orientata secondo modelli di gestione naturali e accompagnata al mercato attraverso l’azione efficace del marchio *Natura in Campo* applicato alle produzioni dei parchi. È certamente stata un’esperienza positiva che ha contribuito alla crescita del mercato dei prodotti naturali e sostenibili; tuttavia questo non basta per garantire al sistema produttivo il godimento di forti benefici. Per questa ragione è bene pensare a veri e propri modelli di sviluppo locali, ad esempio delle reti d’impresa o addirittura dei distretti di prodotti biologici e sostenibili, che possano consentire ai sistemi locali di raggiungere delle dimensioni capaci di *fare mercato* e di ottenere delle politiche di prezzo ad hoc. Questo può avvenire, soprattutto, attraverso il partenariato con le tante organizzazioni commerciali che si occupano di prodotti naturali e sostenibili che stanno crescendo molto nel Lazio, in particolare nel mercato di Roma. Lo sviluppo di questi distretti, o comunque di comunità di imprese che si riuniscono attorno a progetti sostenibili, è supportata dal Programma di Sviluppo

Rurale attraverso varie misure, in particolare quelle riguardanti i progetti di filiera, e quelle orientate a progetti più evoluti, come ad esempio quelle a sostegno delle organizzazioni dei produttori del settore ortofrutticolo.

Quale può essere il ruolo dei consumatori su questo fronte?

Oltre all'organizzazione della filiera produttiva, non bisogna dimenticare il grande ruolo che possono esercitare i consumatori a favore di prodotti sostenibili e di origine locale. Nella nostra regione tutto questo avviene, almeno in parte, con specifiche politiche rivolte allo sviluppo della filiera corta, e dunque della vendita diretta. I *farmer's market* rappresentano infatti i luoghi dove, attraverso l'incontro diretto tra produttori e consumatori, possono crearsi quelle condizioni di fiducia capaci di difendere il sistema produttivo dalla grande azione di compressione dei prezzi della concorrenza internazionale.

Il nuovo Piano di Sviluppo Rurale del Lazio approvato dalla Commissione Europea dedica una crescente attenzione alle tecniche di produzione a basso impatto ambientale. Fra quelle previste, quali misure e modalità di attuazione sono a suo giudizio particolarmente innovative.

Il Piano di Sviluppo Rurale del Lazio prevede due grandi campi di applicazione per ciò che concerne l'interazione tra agricoltura e ambiente: il primo riguarda le misure a superficie orientate a premiare particolari tecniche agronomiche, il secondo riguarda le misure strutturali le quali, basandosi su un sistema di attribuzione di un punteggio, riconoscono una condizione di preferenza ai progetti candidati che hanno al loro interno misure amiche dell'ambiente.

Si tratta di un campo di attività molto vasto che riguarda la gestione delle risorse idriche, come l'accumulo e il risparmio d'acqua, l'autoproduzione di energia, tutto il campo della conservazione della biodiversità, delle varietà vegetali e delle razze animali, e infine tutte quelle attenzioni agronomiche che riguardano la fertilità del terreno, con particolare attenzione alla conservazione della sostanza organica. In altre parole, potrei affermare che ci sono tante opportunità aperte e che c'è molta libertà nel proporre le soluzioni più diverse. L'importante è che l'utilità delle soluzioni possa essere dimostrata in modo oggettivo e scientificamente supportata.

Tra aprile e maggio 2015 la Regione ha pubblicato l'aggiornamento delle Norme tecniche di difesa integrata e controllo delle erbe infestanti e il Disciplinare di produzione integrata. Quali sono le azioni intraprese per promuovere *sul campo* la difesa integrata delle colture, salvaguardare la salute di operatori e consumatori e contenere al minimo i rischi per l'ambiente?

Alla triplice domanda una risposta univoca: la Regione sta dando applicazione alle misure emanate dalla Direttiva UE 127/2009, recepite con D.Lgs 150/2012 e rese operative con il Piano di Azione Nazionale (PAN) di cui al DM 22/01/2014 sull'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari. Il tutto va a integrare le normative di armonizzazione emanate sulle procedure di registrazione, classificazione e messa in commercio dei prodotti fitosanitari che hanno visto la messa al bando e l'esclusione dal commercio di oltre 200 principi attivi ritenuti pericolosi per la salute umana (operatori e consumatori) e l'ambiente.

Quali azioni prevede il Piano di Azione Nazionale?

Il PAN prevede nove azioni, di cui tre sono appannaggio della Direzione Agricoltura e le altre di competenza delle Direzioni Ambiente e Salute. La prima azione relativa al settore agricolo riguarda il rilascio dell'abilitazione all'acquisto e utilizzo dei prodotti fitosanitari, previa formazione obbligatoria per gli operatori, mirata non solo a far acquisire le norme comportamentali per un corretto uso dei prodotti fitosanitari, ma anche per la scelta di quelli che, a parità di efficacia, risultano meno tossici per l'uomo e gli animali e meno "impattanti" per l'ambiente.

Una seconda linea di azione è favorire un sistema obbligatorio di controlli funzionali e di regolazione (taratura) delle macchine irroratrici per la distribuzione dei prodotti fitosanitari in campo, seguendo la logica che le macchine mantenute in efficienza evitano dispersioni e consentono di distribuire i prodotti fitosanitari in modo più efficace e a dosi ridotte, con vantaggi per l'ambiente e un ritorno economico per l'operatore.

Un terzo fronte riguarda il promuovere l'applicazione della difesa integrata sul territorio regionale; gli operatori formati, dotati di macchine efficienti, necessitano di supporti tecnico scientifici per apprendere se, come e quando intervenire contro talune avversità, se sussistono metodiche di intervento alternative all'uso di prodotti fitosanitari ecc.



Un tecnico nel comprensorio olivicolo di Canino (Viterbo) verifica la presenza di mosche dell'oliva nelle trappole
Credit ©FAO/Giulio Napolitano

Su questo fronte che cosa è stato fatto?

Dal novembre 2014 la Giunta Regionale ha istituito il sistema di formazione per gli utilizzatori di prodotti fitosanitari, affidando il ruolo formativo a enti di formazione accreditati e riservandosi quello di valutazione finale per il rilascio delle relative abilitazioni. Il mese successivo sono state introdotte procedure per autorizzare centri di prova abilitati a eseguire i controlli funzionali e di regolazione (taratura) delle macchine irroratrici, con rilascio di un particolare “bollino” adesivo da applicare alla macchina stessa. Le Norme tecniche di difesa integrata e controllo delle erbe infestanti concertate a livello nazionale da un comitato sulla Difesa Integrata, aggiornate due volte l'anno, al momento sono applicate dalle aziende agricole aderenti alle Organizzazioni di Produttori nei principali comparti agricoli quali gli olivicoltori, frutticoltori (Kiwi e nocciola) e produttori orticoli. Le Organizzazioni di Produttori sono dotate di propri tecnici che in campo acquisiscono dati inerenti lo sviluppo fenologico delle colture, l'andamento meteorologico

e il progredire delle principali avversità delle colture; sulla base di queste osservazioni, i tecnici formulano e propongono alle aziende aderenti le strategie di Difesa integrata su se, come e quando intervenire, anche e soprattutto con metodiche di intervento alternative all'uso di prodotti fitosanitari ecc. In collaborazione con le primarie Organizzazioni di Produttori operanti nel Lazio e con ARSIAL, si sta predisponendo un modello operativo analogo, per far sì che il flusso di informazioni necessario all'adozione delle strategie di difesa integrata sia da supporto a tutti gli operatori agricoli, non più col criterio delle aziende aderenti alle organizzazioni. L'approccio è piuttosto quello territoriale, di mettere a disposizione degli operatori in aree omogenee e per le principali colture, bollettini periodici di avvertimento, segnalazioni sulle più importanti avversità, metodi di intervento ecc. Il sistema di trasmissione primario è rappresentato dalla rete e quindi realizzabile tramite un portale dedicato. Non si escludono altre forme di comunicazione e avvertimento, tipo SMS, WhatsApp, Web, ecc.

La sostenibilità in agricoltura passa anche attraverso una adeguata conservazione della biodiversità. Basti pensare alla fertilità dei suoli favorita da una fauna ipogea in buona salute e i diversi insetti di utilità economica in agricoltura, prime fra tutti le api. Il focus di questo numero della rivista ENEA sugli insetti, visti non solo come causa di danni, ma anche come grande opportunità, nasce da questa consapevolezza. Nel Lazio sono previste misure per la conservazione di questo tipo di biodiversità?

Il campo di applicazione della biodiversità animale, per quanto riguarda l'entomofauna e la microfauna del terreno, è molto vasto e complesso. Io credo che la principale azione prevista dal Piano di Sviluppo Rurale non sia tanto di tipo tecnico, bensì di tipo formativo a favore degli imprenditori agricoli. La misura 1 del Piano di Sviluppo Rurale è orientata proprio allo sviluppo della formazione professionale.

Oggi il tema della sostenibilità non è più legato solamente alla buona conservazione dell'ambiente, ma anche a un'analisi economica attenta che consente, se gestita bene, grandi risparmi in termini economici. L'esempio dell'utilità delle api come fattore di impollinazione del sistema ortofrutticolo è solo un esempio tra i tanti. Parallelamente a questo, possiamo considerare la grande importanza degli insetti competitori per la lotta biologica che la nostra regione ha già ampiamente usato, per esempio per contrastare il Cinipide del castagno. Altri esempi di successo si possono trovare anche in altri settori dell'arboricoltura, quali la lotta alla *Ceratitis capitata*, la mosca della frutta, e al *Dacus oleae*, la mosca dell'olivo. Quindi il tema della sostenibilità è molto ampio e ha come condizione necessaria per il raggiungimento dei risultati attesi un grande cambiamento culturale da parte degli imprenditori. Per questo, piuttosto che puntare su un generico aggiornamento tecnico, credo sia più efficace trasmettere alle imprese dei modelli vincenti, economicamente convenienti e facili da utilizzare.

Seguire esempi già visibili all'interno della nostra regione può garantire dei risultati veramente eclatanti in tempi rapidi. Basti pensare ai progetti pilota di lotta guidata alla mosca della frutta che sono stati realizzati con il Consiglio per la Ricerca in Agricoltura (CREA) e l'analisi dell'economia nella zona Prenestina negli ultimi due anni, che hanno prodotto un effetto di rapidissima sensibilizzazione delle imprese, con budget veramente molto contenuti. Il Piano di Sviluppo Rurale, dunque, è una nuova palestra di attività che deve riu-

nire insieme formazione, assistenza tecnica e aiuti agli investimenti per migliorare la sostenibilità.

E rispetto a specie potenzialmente molto dannose che minacciano colture rilevanti per l'economia della regione – basti pensare al Punteruolo rosso – come vi state muovendo?

La Regione Lazio opera in applicazione della "Convenzione internazionale per la protezione delle piante", delle normative europee e secondo le indicazioni del Servizio Fitosanitario Centrale presso il Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali. Questa attività si esplica attraverso la vigilanza e la difesa dello stato fitosanitario dei vegetali alle frontiere, attraverso la certificazione delle merci in import-export; sul territorio, attraverso il monitoraggio e il controllo sulle aziende agricole e vivaistiche; sul verde pubblico e privato e in generale ovunque siano presenti piante; attraverso l'imposizione di misure fitosanitarie di trattamento, sequestro, distruzione di vegetali infetti, sanzioni ecc.

L'obiettivo di queste attività è di impedire o contrastare la diffusione di parassiti delle piante da quarantena in ambito comunitario, in modo da prevenire danni alle colture agricole e al verde pubblico e privato. Le attività sono commisurate alla pericolosità dei diversi parassiti e al rischio fitosanitario, tenuto conto della rilevanza economica per le varie aree di produzione: attualmente particolare attenzione è rivolta al monitoraggio della presenza di *Xylella fastidiosa*, malattia dannosa per l'olivo, e non solo. L'approccio per contrastare la diffusione dei parassiti è il seguente: all'organismo nocivo da quarantena deve essere impedita l'introduzione attraverso le frontiere o il commercio di materiale vivaistico; se questa dovesse comunque avvenire per naturale diffusione o trasporto accidentale, le misure primarie sono di eradicazione anche attraverso la distruzione delle piante e, se quest'ultima non dovesse essere praticabile, si adottano azioni per contenere la diffusione verso altre aree indenni del territorio italiano o dell'Unione. Tutto questo è basato su studi e rilievi fatti in seno al comitato scientifico UE, organi di consulenza della commissione (*European Food Safety Authority - EFSA*), organismi intergovernativi (*European and Mediterranean Plant Protection Organization - EPPO*) e in collaborazione con gli istituti di ricerca presenti nella Regione. Per dare un'idea della mole di lavoro su questo fronte, nel 2015 sono stati realizzati circa 6000 controlli fitosanitari, sono state rilasciate un centinaio di autorizzazioni all'attività vivaistica, sono state imposte circa sessanta misure fitosanitarie.



Il controllo biologico degli insetti dannosi: vecchi concetti e nuove strategie

Attraverso un approccio multidisciplinare, è oggi possibile da un lato caratterizzare tassonomicamente i nemici naturali degli insetti dannosi e dall'altro “conservarli” e “attrarli” attraverso l'uso di piante e/o di sostanze di origine vegetale, nelle aree dove è più necessaria la loro azione

DOI 10.12910/EAI2016-036

*di **Emilio Guerrieri**, Istituto per la Protezione Sostenibile delle Piante - CNR*

Species/Abbrv	[Sequenza di caratteri colorati in un formato di allineamento]																																											
1. 0208325 Tach1 ITS2F	[Sequenza di caratteri colorati]																																											
2. 0208326 Tach2 ITS2F	[Sequenza di caratteri colorati]																																											
3. 0208327 Tach3 ITS2F	[Sequenza di caratteri colorati]																																											
4. 0208328 Tach4 ITS2F	[Sequenza di caratteri colorati]																																											
5. 0208329 Tach5 ITS2F	[Sequenza di caratteri colorati]																																											
6. gi37730881 Trichogramma brassicae	[Sequenza di caratteri colorati]																																											
7. gi83699529 Trichogramma brassicae	[Sequenza di caratteri colorati]																																											
8. gi344190226 Trichogramma brassicae	[Sequenza di caratteri colorati]																																											
9. gi344190211 Trichogramma achaeae	[Sequenza di caratteri colorati]																																											
10. gi344190212 Trichogramma achaeae	[Sequenza di caratteri colorati]																																											
11. gi344190213 Trichogramma achaeae	[Sequenza di caratteri colorati]																																											
12. gi344190214 Trichogramma achaeae	[Sequenza di caratteri colorati]																																											
13. gi344190215 Trichogramma achaeae	[Sequenza di caratteri colorati]																																											

Fig. 1 Allineamento di sequenze di specie di *Trichogramma*

Alla domanda se sia davvero possibile controllare biologicamente gli insetti dannosi delle colture agrarie e forestali si può rispondere solo mettendo in evidenza i risultati che la ricerca ha prodotto negli ultimi venti anni. L'obiettivo rimane il raggiungimento di un equilibrio naturale di lungo periodo (soprattutto territoriale), che non prevede l'eliminazione delle specie dannose ma il mantenimento delle loro popolazioni al di sotto di soglie che comportano danno economico. Queste nuove strategie affiancano e potenziano le classiche tecniche di lotta biologica in un momento di cambiamenti climatici e globalizzazione che espongono l'agricoltura alla continua invasione di insetti alieni.

Sin dalla sua prima applicazione nel 1888, il controllo biologico degli insetti ha avuto come obiettivo primario, la (ri)costituzione di un equilibrio naturale in un sistema fortemente alterato quale quello agricolo. Un equilibrio tra insetti dannosi e loro limitatori naturali, che non prevede quindi l'eliminazione dei primi, ma il mantenimento delle loro popolazioni al di sotto di soglie che comportano danno economico. Per il raggiungimento di questo obiettivo, le tecniche di lotta biologica definite "classiche" si sono costantemente e progressivamente adattate alle nuove conoscenze prodotte dalla ricerca

e che oggi si concentrano nei campi dell'identificazione delle specie e delle interazioni tra pianta e insetti. La tecnica che maggiormente si identifica con la lotta biologica è quella definita *propagazione*. Essa prevede la scelta e l'introduzione dei nemici naturali della specie dannosa andando a selezionarli nell'area di origine proprio della specie dannosa. Questa tecnica si basa sul concetto ecologico che nell'area di origine di una qualunque specie dannosa, nel corso dei millenni di evoluzione, il complesso dei relativi nemici naturali raggiunge il più elevato grado di biodiversità. Questa tecnica è ritornata prepotentemente alla ribalta negli ultimi anni durante i quali si è assistito a una costante e massiccia invasione di insetti "alieni" (il Moscerino dalle

ali macchiate, il Cinipide del castagno, il Punteruolo delle palme, solo per citarne alcuni), un'invasione facilitata dalla globalizzazione e dai cambiamenti climatici in atto. L'efficacia di questa tecnica è però subordinata in prima istanza alla corretta identificazione del nemico naturale da introdurre. Nella lunga storia della lotta biologica sono infatti numerosi i "fallimenti" dovuti ad una misidentificazione della specie utile, con conseguente spreco di risorse e mancata risoluzione del problema. Negli ultimi anni, però, la ricerca tassonomica ha messo a punto un approccio definito *integrato* per la corretta identificazione delle specie di insetti, che combina la caratterizzazione morfologica con quella molecolare. Alcuni geni caratterizzanti

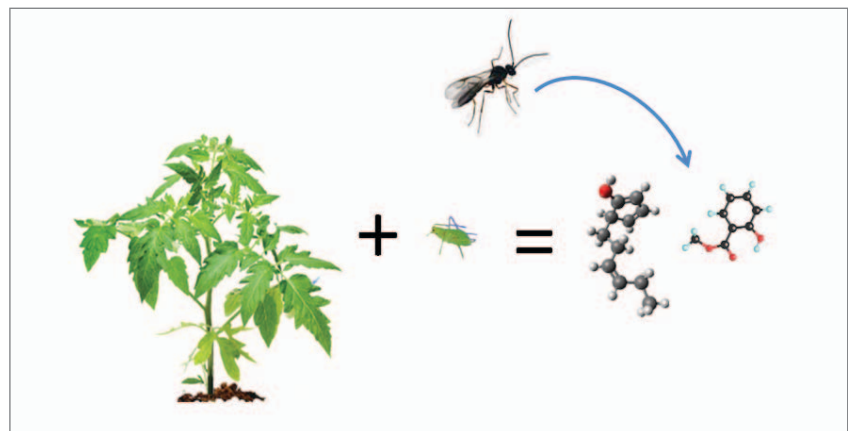


Fig. 2 Produzione di sinomoni indotti da parte di pomodoro attaccato dall'afide *Macrosiphum euphorbiae* ed attrattivi per il suo nemico naturale, il parassitoide *Aphidius ervi*

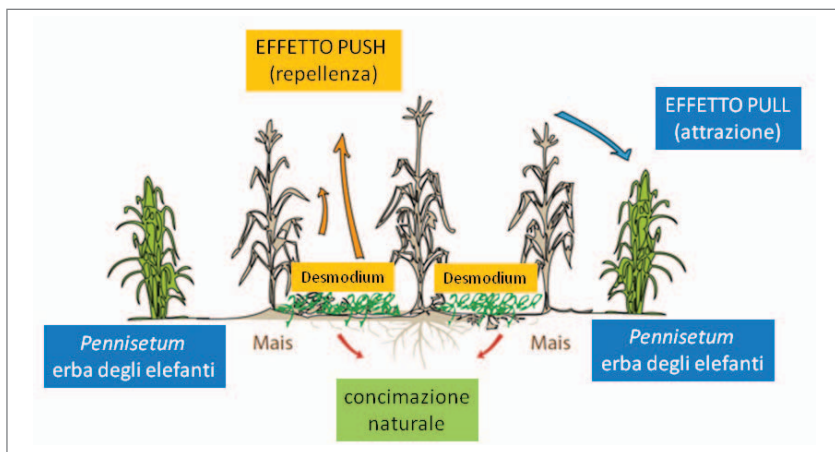


Fig. 3 Rappresentazione schematica della tecnica *push-and-pull*

(come ad esempio COI e ITS2) sono difatti utilizzati per separare specie di insetti altresì indistinguibili a livello morfologico. L'estrazione del DNA dagli insetti da caratterizzare è oggi eseguita in modo "non distruttivo" per non perdere i caratteri morfologici utili all'identificazione. L'amplificazione dei geni bersaglio e il loro sequenziamento prosegue con l'allineamento, ossia il confronto delle sequenze ottenute con quelle di specie simili depositate nelle banche dati (Figura 1).

Seguendo questo approccio è stato possibile introdurre in Italia (ed Europa) il nemico naturale del Cinipide galligeno del castagno (*Dryocosmus kuriphilus*), il parassitoide *Torymus sinensis*, selezionato proprio nelle aree di origine della specie dannosa (Giappone). Analogamente, negli Stati Uniti si sta programmando l'introduzione del parassitoide *Asobara japonica*, un nemico naturale del moscerino dalle ali macchiate (*Drosophila suzukii*). La corretta identificazione della specie di *Asobara* oggetto di questo programma internazionale di lotta biologica, è stato il risultato di imponenti spedizioni da parte di diversi gruppi di ricerca-

tori nell'area di origine della specie dannosa e del suo nemico naturale, seguite da un delicato e scrupoloso lavoro di caratterizzazione integrata [1].

La seconda tecnica di lotta biologica maggiormente utilizzata è quella definita "miglioramento delle prestazioni" che, come indica il nome, consiste nel mettere i nemici naturali degli insetti dannosi nelle migliori condizioni possibili per esplicitare il loro potenziale di controllo. Nell'ambito di questa tecnica i progressi delle conoscenze sono stati davvero impressionanti se si pensa che i primi interventi consistevano nel mettere a disposizione dei nemici naturali delle fonti alimentari alternative (acqua, sostanze zuccherine, piante nettariifere).

Più in particolare, un'enorme mole di conoscenze è stata prodotta sulle sostanze volatili organiche rilasciate dalle piante in risposta all'attacco degli insetti fitofagi e che sono usate dai rispettivi nemici naturali per localizzarli ed attaccarli (Figura 2).

In altre parole, l'efficacia di controllo di un antagonista biologico può essere aumentata utilizzando tali sostanze, ovvero favorendo la loro

produzione da parte delle piante attraverso il miglioramento genetico. Poiché il rilascio di queste sostanze porta un vantaggio sia alla pianta che le emette (si libera dei suoi parassiti) sia al nemico naturale (che trova la sua vittima), si parla di *Sinonomi* e più precisamente di *Sinonomi indotti*, poiché nella maggior parte dei casi studiati il rilascio delle "miscele" più attrattive avviene solo in seguito all'attacco da parte dell'insetto fitofago [2].

La specie-specificità di queste sostanze sia a livello di specie vegetale ma anche di specie di insetto dannoso, la loro sistemicità (sono rilasciate anche da parti della pianta che non sono direttamente attaccate dall'insetto fitofago) e il loro potere induttivo nei confronti di piante vicine, hanno aperto scenari applicativi fino a pochi anni orsono inimmaginabili. Attraverso le conoscenze di chimica ecologica, infatti, e nell'ambito del miglioramento delle prestazioni dei nemici naturali, è stata proposta una tecnica di controllo biologica denominata *Push and pull* (Figura 3). Essa si basa sul concetto di spingere fuori del nostro campo (*push*) gli insetti dannosi mediante le emissioni chimiche di piante sgradite seminate nell'interfila della nostra coltura. Gli insetti dannosi saranno quindi attratti (*pull*) su piante di minore interesse economico seminate ai bordi della nostra coltura. Sulle piante di bordo, l'enorme produzione di *sinonomi indotti* attirerà (*pull*) i nemici naturali dell'insetto fitofago tenendo le sue popolazioni costantemente al di sotto di soglie che comportano danno economico. Tale tecnica è tuttora utilizzata in Kenia per il controllo dei lepidotteri dannosi al mais ed ha rappresentato una vittoria degli agricoltori locali che hanno potuto affrancarsi dall'uso dei po-

tenti pesticidi. In più, la specie scelta per l'intercropping è una leguminosa che rilascia azoto rendendo inutile ulteriori apporti di questo elemento. La pianta scelta per il *border cropping* è infine utilizzata per l'alimentazione del bestiame [3].

Nell'ambito della tecnica *miglioramento delle prestazioni* vale infine la pena ricordare i progressi fatti nello studio del condizionamento dei nemici naturali per aumentare le loro capacità di controllo. Il caso più recente riguarda un piccolo insetto, il *Trichogramma achaeae*, che attacca le uova della pericolosa minatrice del pomodoro, *Tuta absoluta*, introdotta dal sud America. L'allevamento massale di questo insetto nelle biofabbriche che lo vendono come "insetticida naturale" viene effettuato sulle uova di un lepidottero di sostituzione, più economico e più semplice da allevare. Questa discrepanza tra insetto ospite di allevamento e insetto bersaglio di pieno campo riduce sensibilmente la capacità di con-

trollo da parte del nemico naturale che però può essere di fatto ripristinata consentendogli lo sviluppo di almeno una generazione sull'insetto bersaglio. I parametri biologici, tra cui longevità e fecondità, possono poi essere migliorati attraverso precise combinazioni di temperatura e durata del trattamento [4].

Un'ulteriore tecnica "classica" di lotta biologica è quella della *protezione/conservazione*. Le moderne conoscenze relative al comportamento dei nemici naturali ed alle loro esigenze in termini di alimentazione e condizioni climatiche, consentono di pianificare i campi coltivati inserendo nell'interfila (intercropping) o ai bordi (border cropping) piante adatte al superamento dell'inverno, ovvero piante in grado di fornire alimento anche in mancanza della specie dannosa bersaglio. L'obiettivo è quello di conservare e proteggere le popolazioni di questi preziosi alleati fino alla ripresa vegetativa o comunque durante tutte quelle fasi colturali

nelle quali gli insetti dannosi, o i loro stadi suscettibili, non sono presenti.

Conclusioni

In un mondo globalizzato appare sempre più evidente che anche il controllo biologico delle specie dannose debba essere affrontato a livello internazionale. Le collaborazioni scientifiche tra ricercatori di paesi diversi, oltre a produrre conoscenza, dovrebbero stimolare i rispettivi governi all'adozione di strategie di controllo degli insetti dannosi che siano sempre più rispettose dell'ambiente e della salute dell'uomo. Un processo reso necessario dalla continua invasione di specie aliene e facilitato dalle norme sempre più restrittive che i governi di molti paesi stanno applicando nella disponibilità e nell'uso dei pesticidi di sintesi.

Per saperne di più:
emilio.guerrieri@ips.cnr.it

BIBLIOGRAFIA

1. E. Guerrieri, M. Giorgini, P. Cascone, S. Carpenito, C. Van Achterberg (2016), "Species diversity in the parasitoid genus *Asobara* (Hymenoptera: Braconidae) from the native area of the fruit fly pest *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae)". *PLoS One* 11 (2), e0147382
2. R. Sasso, L. Iodice, M.C. Digilio, A. Carretta, L. Ariati, E. Guerrieri (2007), "Host-locating response by the aphid parasitoid *Aphidius ervi* to tomato plant volatiles". *Journal of Plant Interactions* 2: 175-183
3. S.M. Cook, Z.R. Khan, J.A. Pickett (2007), "The Use of Push-Pull Strategies in Integrated Pest Management". *Annual Review of Entomology* 52: 375-400
4. P. Cascone, S. Carpenito, S. Slotsbo, L. Iodice, J.G. Sørensen, M. Holmstrup, E. Guerrieri (2015), "Improving the efficiency of *Trichogramma achaeae* to control *Tuta absoluta*". *Biocontrol*, 6: 761-771

La tecnica dell'insetto sterile per il controllo integrato di insetti nocivi: evoluzione e prospettive

Le nuove biotecnologie promettono di riproporre e di rilanciare la tecnica dell'insetto sterile attraverso innovazioni in grado di rendere il processo più efficace e sostenibile

DOI 10.12910/EAI2016-037

di **Maurizio Calviti** e **Riccardo Moretti**, *ENEA*

A causa della loro versatilità bio-ecologica gli insetti esercitano un notevole impatto economico, sanitario e sociale, condizionando le produzioni agroalimentari e mettendo a rischio la salute umana. Numerose strategie di verifica sono state sviluppate e sperimentate per il loro controllo e tra esse la tecnica dell'insetto sterile è senz'altro premiata da un altissimo livello di specificità ed ecocompatibilità. Rispetto alle attese teoriche, l'applicazione di questo approccio di controllo ha però avuto risultati soddisfacenti solo in alcuni casi specifici. Le nuove biotecnologie promettono di rilanciare questa strategia attraverso innovazioni in

grado di renderla più efficace e sostenibile. In particolare, il batterio endosimbiote *Wolbachia* può essere sfruttato per lo sviluppo di linee di insetti in grado di produrre naturalmente maschi sterili da rilasciare in campo per abbattere la fertilità delle popolazioni selvatiche di insetti dannosi o vettori di patogeni per uomo e animali.

In un contesto di sempre maggiore consapevolezza del delicato equilibrio alla base dell'ecosistema e della limitatezza di molte di quelle che sono le sue risorse, l'uomo si trova necessariamente a confrontarsi con una serie di organismi competitori in grado, nel complesso, di mettere a repentaglio da una parte la pro-

duzione di cibo, dall'altra la stessa salute umana. Gli insetti, in particolare, hanno enorme impatto sull'attività umana, sia in quanto diretti consumatori delle risorse, sia perché vettori di microrganismi patogeni per piante, animali, uomo. Molte specie d'insetti, un tempo relegate alle aree tropicali e subtropicali, hanno oggi iniziato a invadere le aree temperate in risposta sia ai cambiamenti climatici che ad un commercio fortemente globalizzato e non sottoposto ad adeguati controlli di frontiera.

In considerazione di tutti gli effetti collaterali associati all'uso di pesticidi e all'acquisizione di resistenza evidenziata da molte specie d'inset-



ti a principi attivi efficaci solo fino a pochi anni fa, la lotta chimica sembra essere destinata nel futuro a perdere quel ruolo di componente essenziale e irrinunciabile delle strategie di lotta a fitofagi e vettori. Le crescenti restrizioni all'uso di varie molecole di sintesi, dimostrate altamente pericolose per l'ambiente e per gli organismi non target (gli impollinatori in primo luogo), stanno facendo crescere l'interesse per strategie innovative di difesa delle produzioni agroalimentari e della salute umana, basate su principi di sostenibilità economica ed ambientale. L'alta specificità d'azione accomuna due principali filoni di strategie di lotta agli insetti nocivi. Il primo è quello che vede come obiettivo primario la bio-fortificazione delle piante coltivate (miglioramento genetico e biotecnologie di nuova generazione per l'acquisizione di re-

sistenze) e di uomo e animali (vaccini). Altra strada è quella che mira a sviluppare metodologie in grado di contrastare direttamente gli insetti, sfruttando antagonisti naturali (predatori, parassitoidi, microrganismi entomopatogeni), molecole attrattive o repellenti, o applicando metodologie che ne inibiscano l'elevata prolificità riproduttiva, una delle chiavi del successo invasivo di molte specie.

Queste strategie, vaccini e varietà resistenti in particolare, hanno permesso di far fronte a diversi aspetti emergenziali di natura entomologica sia in ambito sanitario che agroalimentare, ma non sempre sono risultate attuabili. Per molti virus trasmessi all'uomo da insetti, non è stato ad esempio ancora possibile sviluppare vaccini (vedi *Dengue*, *Zika*, *Chikungunya*), così come non esistono varietà col-

turali di piante resistenti all'attacco di alcuni importanti virus trasmessi da insetti fitomizi. In questi casi non resta che un'unica via da percorrere: potenziare la ricerca per sviluppare metodi e nuove tecnologie di controllo degli insetti vettori dei patogeni. In questo lavoro parleremo delle tecniche di lotta agli insetti dannosi definite "autocide", della loro evoluzione e delle prospettive applicative future.

La tecnica di lotta col maschio sterile (SIT)

Si parla di metodo "autocida" di lotta quando il controllo numerico di una popolazione avviene attraverso l'azione di esemplari conspecifici portatori di fattori di sterilità che si esprimono in fase post copula. Di base, la strategia è altamente specifica ed ecocompatibile, perché lo stru-

mento di lotta è lo stesso insetto che si vuole combattere, e, idealmente, è volta a ridurre fortemente la capacità riproduttiva di specie d'insetti dannose fino a livelli tali da causare un collasso nella popolazione. La forma di controllo autocida più nota ed utilizzata è la tecnica di lotta con l'Insetto Sterile (SIT) [1]. Generalmente i fattori di sterilità sono l'espressione di alterazioni cromosomiche (aberrazioni, traslocazioni) indotte sottoponendo gli insetti a radiazioni ionizzanti o, più raramente, ad agenti chimici che generalmente agiscono direttamente sulle gonadi.

La SIT si basa su una filiera di operazioni che vanno dall'allevamento intensivo della specie target alla sua sterilizzazione, alla separazione dei sessi e infine al lancio ripetuto degli insetti sterilizzati (possibilmente solo maschi) in campo. L'obiettivo è quello di indurre un'alta frequenza di accoppiamenti infecundi tra le femmine selvatiche e i maschi sterili al fine di ridurre progressivamente la capacità riproduttiva della popolazione naturale dannosa. È evidente come tale metodologia di lotta sia altamente selettiva e possa essere utilizzata da sola o in combinazione con altre tecniche di controllo nell'ambito dell'*Integrated Pest Management* (IPM), al fine di eradicare, sopprimere o controllare la popolazione del parassita in ambienti confinati o su ampi territori regionali.

A livello mondiale, la tecnica dell'insetto sterile è stata sviluppata e utilizzata con successo per il controllo di diverse specie di insetti, a partire dal caso esemplare di *Cochliomyia hominivorax* (mosca del bestiame). L'uso è stato poi esteso a varie altre specie di interesse agronomico tra le quali, *Anastrepha suspensa*, *Ceratitis capitata*, *Dacus cucurbitae*, *Bactro-*

cera dorsalis, *Laspeyresia pomonella*. Negli anni 70, sotto la direzione del Prof. Gian Tommaso Scarascia Mugnozza, fu stabilita una collaborazione tra ENEA (allora CNEN) e la "Joint Division FAO-IAEA" per avviare una sperimentazione della SIT per il controllo della mosca mediterranea della frutta *C. capitata* nell'isola di Procida. Il progetto portò alla realizzazione, presso il Centro Ricerche ENEA della Casaccia, del più grande e innovativo insettario d'Europa per l'allevamento della specie, dove si producevano fino a quattordici milioni di insetti sterili la settimana. I risultati di quell'esperienza furono estremamente positivi e in seguito interessarono anche piccole aree della terraferma, dislocate in diverse regioni italiane (Calabria, Lazio, Campania, Sardegna e Sicilia). Tuttavia, dopo una preliminare fase di studi ecologici effettuati su ampi territori frutticoli di diverse regioni, l'iniziativa conobbe una fase di declino venendo a mancare il necessario supporto per la realizzazione di impianti che in qualche modo industrializzassero il processo.

Certamente, l'estrema polverizzazione delle proprietà agricole e l'errata convinzione che questo metodo di lotta potesse costituire una risposta adeguata solo dove fosse possibile ottenere l'eradicazione completa degli insetti dannosi, determinarono il progressivo abbandono dell'approccio, in una realtà poco incline a veder realizzati progetti *area-wide* di grande condivisione territoriale. A partire dagli anni 80, il *mainstream* della ricerca entomologica agraria europea si orientò principalmente verso la *Lotta Biologica* con la realizzazione di diverse biofabbriche per la produzione di insetti utili. La SIT venne margina-

lizzata ad approccio specifico solo per situazioni particolari.

A essere critici, possiamo oggi dire che quel progetto ambizioso di SIT, una volta calato nel provincialismo italiano, per di più in un contesto legislativo ancora troppo permissivo per l'uso degli insetticidi, non risultò forse avere tutte le caratteristiche richieste per essere definito realmente sostenibile e competitivo e tale da prevederne una crescente diffusione. Dobbiamo altresì constatare che anche molti progetti di lotta biologica non hanno portato ai risultati auspicati (si pensi all'uso dei parassitoidi contro i ditteri tefritidi) in riferimento anche agli investimenti dedicati. Con questa premessa, riconsiderare il SIT e fare ricerca per renderlo più sostenibile è stato uno degli obiettivi della ricerca entomologica di ENEA, a cominciare dall'ottimizzazione dei metodi utilizzati per produrre la sterilità.

Criticità della SIT tradizionale

La storia della SIT si accompagna allo sviluppo e alla promozione di dispositivi di irraggiamento, in particolare di raggi gamma, sempre più sofisticati e maneggevoli. Ancora oggi, come dimostrato dai molteplici progetti e dalle relative infrastrutture dedicate, tale metodo di sterilizzazione rappresenta la soluzione più adottata nel mondo e la prima scelta per ottenere grandi numeri di maschi sterilizzati da introdurre in campo.

Tuttavia alcuni aspetti critici della strategia non possono essere più sottovalutati se mettiamo al centro di una nuova tecnologia di lotta non solo la sua efficienza ma la sua coerenza con i principi della sostenibilità, gli unici che possono garantire successo e diffusione su larga scala.

In primo luogo, l'applicazione del SIT convenzionale richiede il rispetto di un quadro normativo specifico per l'allocazione e gestione delle sorgenti radioattive di ^{60}Co o $^{137}\text{Cesio}$ o delle infrastrutture necessarie all'utilizzo di altre possibili strategie di irraggiamento (raggi x, elettroni, neutroni ecc.). Il trasporto degli insetti da irraggiare verso le suddette strutture e poi irraggiati verso le aree di rilascio richiede inoltre un livello di organizzazione elevato ed il supporto di una rete di trasporto non comune ad esempio a molti dei paesi del terzo mondo. Questi aspetti necessariamente limitano l'autonomia periferica e la penetrazione capillare di tale forma di lotta, diversamente da quanto potrebbe avvenire utilizzando la lotta

biologica o altre strategie di controllo che possano far a meno delle suddette strutture.

Non meno importante è il fatto che i ripetuti cicli di allevamento in laboratorio e, soprattutto, la radiosterilizzazione degli insetti spesso inducono effetti che riducono in modo evidente la fitness dei maschi sterili, che divengono quindi meno efficienti rispetto ai selvatici in quanto a competitività sessuale. In tali casi, diviene quindi necessario massimizzare le quantità di individui rilasciati in campo determinando costi di produzione spesso non più sostenibili rispetto alle aspettative teoriche. Per di più, nel caso di specie di zanzare appartenenti al genere *Aedes*, vettrici di virus come quelli di *Dengue* e *Zika*, ottenere la

completa sterilizzazione dei maschi è possibile solo al costo di ridurne significativamente la fitness riproduttiva. In alternativa, bisognerebbe accettare di sottoporre gli insetti a dosi di irraggiamento che trovino un compromesso accettabile tra effetti sulla fitness e mantenimento di piccole percentuali di fertilità. Questa "finestra" utile non è ovviamente disponibile per tutte le specie e la "sub-sterilità" potrebbe comunque consentire ad alcuni degli individui mutanti di riprodursi, con effetti difficili da prevedere nel lungo termine.

Un terzo aspetto chiave nel determinare l'efficienza dei programmi SIT è la disponibilità di sistemi avanzati ed efficienti di separazione dei sessi. La presenza di femmine insieme ai



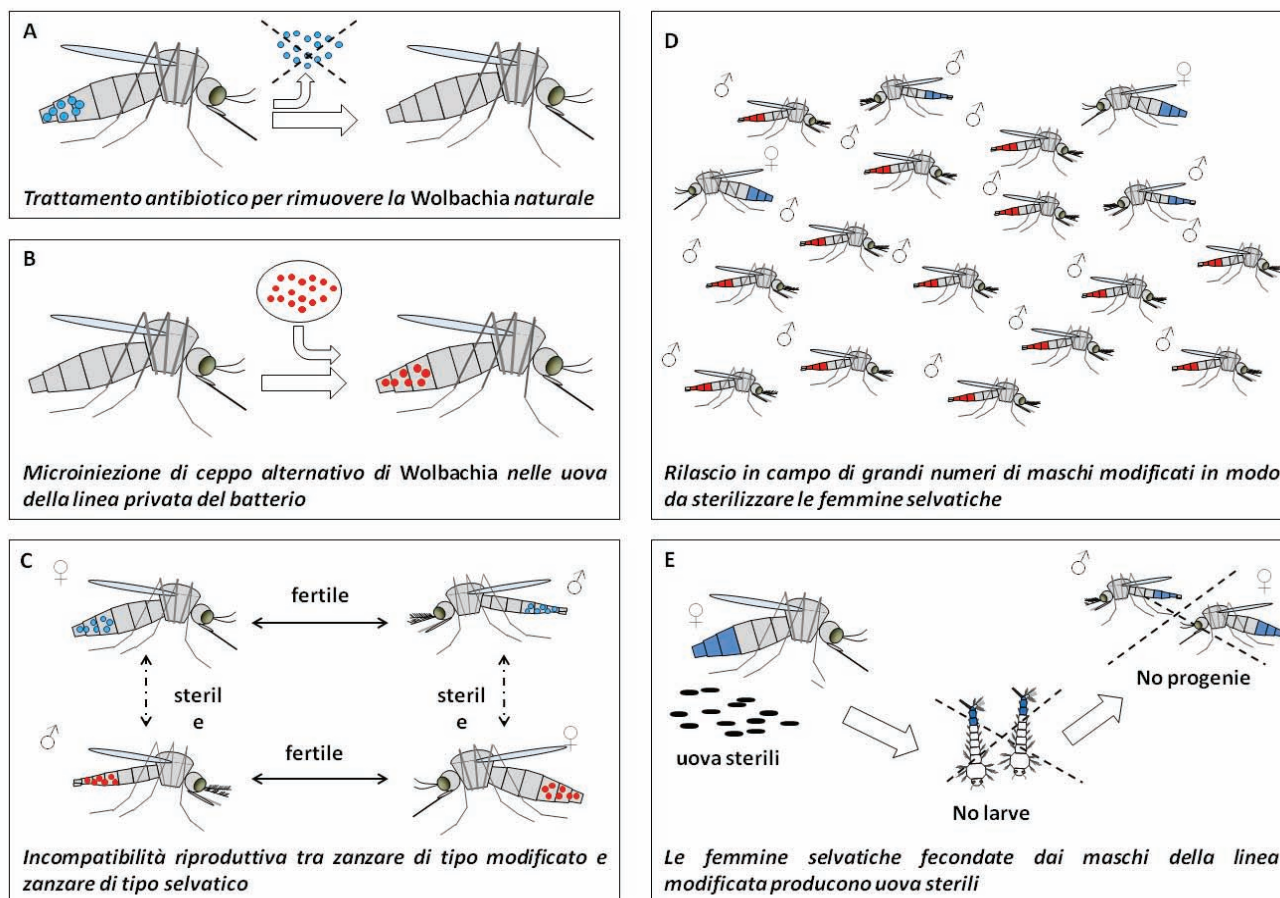


Fig 1 Una strategia di lotta alla zanzara tigre basata sul rilascio di maschi resi sterili da *Wolbachia*

maschi sterili da rilasciare può, infatti, ridurre l'efficacia del programma di controllo e, nel caso di insetti ematofagi come le zanzare, può aumentare il numero di femmine in grado di pungere e/o trasmettere patogeni.

Questi fattori limitanti sono spesso risultati critici nel determinare le possibilità di successo di un programma basato sul SIT. C'è inoltre da considerare che la strategia è applicabile solamente alle specie d'insetti che abbiano questi requisiti:

- possibilità di essere allevate in condizioni artificiali e per più cicli annuali in modo massale (e

possibilmente automatizzato) e a basso costo;

- riproduzione sessuale (che non contempli cioè partenogenesi);
- stadio adulto riproduttore (il maschio in particolare) che non abbia alcun ruolo dannoso;
- limitata tendenza alla dispersione e distribuzione spaziale che tenda ad essere localizzata.

Nuove biotecnologie per un SIT più sostenibile

Alcune delle criticità della tecnica dell'insetto sterile basata su irraggiamento sono state affrontate da varie altre strategie alternative e comun-

que volte alla produzione di maschi sterili. Obiettivi perseguiti singolarmente o nel complesso da queste strategie sono: il miglioramento dell'efficienza dell'allevamento, in termini di maschi sterili prodotti per uova di partenza; la messa a punto di metodi ideali e pratici per la separazione dei sessi; la ricerca di metodi di sterilizzazione a basso o nullo impatto sulla fitness dei maschi (sopravvivenza e competitività sessuale).

A livello generale, le piattaforme omiche e la caratterizzazione del microbioma associato agli insetti stanno fornendo nuovi strumenti per una caratterizzazione a livello molecolare di molti processi biolo-

gici fino ad ora di difficile investigazione. Questa rivoluzione strumentale e metodologica ha consentito di descrivere e comprendere nei minimi termini alcuni fenomeni che possono essere sfruttati per progettare strategie di controllo innovative e altamente specifiche.

Modificazione genetica

L'individuazione e la caratterizzazione di diversi geni associati alla determinazione del sesso stanno consentendo di progettare nuovi metodi per la separazione dei maschi basati sull'utilizzo di marcatori precoci della sessualità (ad esempio il colore dei pupari in alcuni ditteri teritidi o la fluorescenza in alcune specie di zanzara), geni che conferiscano sensibilità differenziale a shock termici o a insetticidi specifici.

L'individuazione di mutazioni ad effetto letale dominante è stata invece già utilizzata per la produzione di ceppi di zanzare in grado di trasmettere alla progenie geni letali e "disattivabili" solo tramite somministrazione dell'appropriato "antidoto", cioè uno specifico reagente chimico. Questa peculiarità permette l'allevamento massivo di questi ceppi consentendo poi il rilascio in campo di individui maschi in grado di trasmettere questi fattori di mortalità alle femmine selvatiche fecondate (RIDL = *Release of Insects carrying a Dominant Lethal*).

L'applicazione e la diffusione di strategie basate sulle modificazioni genetiche fin qui descritte sono ovviamente subordinate a contesti etici e legislativi specifici che tuttora ne limitano l'uso solo in alcuni paesi.

Le nuove frontiere del "genome editing" promettono di consentire livelli di specificità estrema nella modificazione genetica, eliminando inoltre la necessità di ricorrere a geni ottenuti da altri organismi e, almeno in teoria, riducendo notevolmente il rischio di effetti collaterali (*out of tar-*

get) associati alla modificazione stessa. Sono ad esempio già state testate in laboratorio su *Anopheles gambiae* (la zanzara vettrice della malaria) alcune modificazioni ottenute tramite *genome editing*, in grado di indurre sterilità femminile o incapacità di trasmettere la malaria stessa.

Lo sfruttamento dei simbionti naturali: *Wolbachia* ed il caso *Aedes albopictus*

Varie specie di batteri sono note per le loro proprietà di influenzare in modo significativo la biologia riproduttiva e/o il funzionamento del sistema immunitario degli insetti di cui sono simbionti. Per il batterio *Wolbachia* sono già noti vari rilevanti esempi di applicazione pratica in campo per sfruttare i fenomeni di sterilità (incompatibilità citoplasmatica) o di inibizione della capacità vettoriale di virus patogeni, indotti dalla sua presenza [2]. Questo batterio, trasmesso verticalmente attraverso le uova, ha mostrato di poter anche essere trasferito artificialmente da specie a specie, consentendo spesso di preservare, nel nuovo ospite, gli effetti osservati nella specie originaria.

L'ENEA ha iniziato ad occuparsi di *Wolbachia* a metà anni 2000, coinvolta in un programma nazionale di lotta ad *Aedes albopictus* (zanzara tigre) col maschio sterile in collaborazione con il Centro Agricoltura Ambiente (CAA) di Crevalcore (Bologna). Tale progetto nacque per sviluppare un metodo di lotta innovativo che, mirando a inibire la riproduzione degli adulti, fosse integrabile con i protocolli di trattamento larvicida. Sappiamo che questa zanzara si insedia in modo discontinuo in aree urbane e periurbane dove, per la ovideposizione, sfrutta piccole raccolte di acqua non sempre facilmente raggiungibili dai trattamenti larvicidi. L'aspetto più rilevante, in chiave SIT, è che gli

adulti di questa specie si spostano, attivamente, solo per poche centinaia di metri. Con tali presupposti, gli approcci SIT che conosciamo, pensati per essere applicati uniformemente su vaste aree (area wide SIT), risultano poco appropriati per la zanzara tigre, in quanto il rilascio dei maschi sterili dovrebbe essere mirato e limitato ad aree riconosciute come potenziali siti riproduttivi, richiedendo un alto livello di coinvolgimento della cittadinanza per la gestione delle aree residenziali e private.

La zanzara tigre, come circa il 40-60% di tutti gli insetti, è naturalmente infettata da *Wolbachia*. Trattando una linea di zanzara locale (R = Roma) con un antibiotico specifico è stata ottenuta una popolazione aposimbiontica, cioè priva del batterio (AR). Su centinaia di embrioni di questa linea, in modo analogo a quanto si fa per una fecondazione artificiale, è stata operata una microiniezione di ooplasma prelevato dalle uova della zanzara comune, *Culex pipiens*, ed infettato da un altro ceppo di *Wolbachia*, il ceppo wPip. Le poche uova sopravvissute a questo trattamento sono state fatte schiudere per allevarne le larve fino allo stadio adulto. Dopo la produzione di progenie (nuove uova), sono state selezionate le linee sviluppatesi da femmine risultate positive a saggi diagnostici (PCR) per la presenza del ceppo di *Wolbachia* wPip, portando alla produzione di una nuova linea di zanzara tigre (ARwP) [3]. Questa linea, pur senza nessuna modificazione genetica e pur ospitando un batterio comunemente diffuso in natura, presenta delle caratteristiche, dal punto di vista applicativo, eccezionali [4]. I maschi, perfettamente fertili rispetto alle femmine ARwP, inducono invece completa sterilità nelle uova prodotte da accoppiamenti con femmine selvatiche di zanzara tigre (Figura 1). In confronti 1:1 con i maschi selvatici, i maschi ARwP hanno evi-

denziato la capacità di ridurre di più del 50% la fertilità attesa delle femmine selvatiche, sia confrontandosi con genotipi italiani che con genotipi tropicali [5][6]; si sviluppano inoltre più velocemente rispetto ai maschi selvatici e consentono una più efficiente separazione sessuale tramite mezzi meccanici (99,78% di purezza). I maschi ARwP appaiono quindi dei candidati ottimali per rinnovare e rilanciare la tecnica dell'insetto sterile contro la zanzara tigre, ovviando a molte delle criticità associate alle tecniche di sterilizzazione basate su irraggiamento e rendendo più flessibile e penetrabile sul territorio il processo di rilascio di maschi sterili o di fattori di sterilità.

L'utilizzo di *Wolbachia* non subisce inoltre le restrizioni a cui sono assoggettati gli organismi modificati geneticamente. Sono comunque in corso esperimenti di verifica supportati da specifici modelli di dinamica di popolazione, atti a valutare una serie di criteri di sicurezza per consentire

la messa a punto di nuove strategie applicative di ARwP ottimizzate e sostenibili nelle realtà urbane e periurbane sia di paesi come il nostro che di quelli in via di sviluppo.

Conclusioni

L'esplorazione del ruolo funzionale dei batteri endosimbionti di insetti e delle potenzialità applicative che ne scaturiscono sta rappresentando una diramazione importante lungo il percorso di sviluppo delle biotecnologie entomologiche, che, ai fini di sviluppare strategie di controllo degli insetti nocivi, avevano finora puntato preferenzialmente sulle tecniche del DNA ricombinante. Questo campo d'indagine ed applicazione sta acquisendo sempre maggiore rilevanza, tanto da rappresentare oggi una soluzione di eccellenza nel quadro di iniziative attive su campo. Un esempio emblematico è rappresentato dal progetto di lotta alla Dengue¹, malattia infettiva pandemica nelle

zone tropicali e subtropicali causata da un virus trasmesso da insetti vettori, che sfrutta l'effetto inibitorio di *Wolbachia* nei confronti del virus per promuoverne l'eradicazione.

Pur se attualmente gli esempi applicativi più importanti riguardano il mondo dei vettori, in prospettiva la stessa biotecnologia potrà essere utilizzata per combattere anche molte specie di insetti dannosi in agricoltura, grazie alla crescente conoscenza dell'associazione simbiotica e ad una sapiente gestione di rapporti insetto-batterio naturali o artificialmente indotti. La simbiosi tra batteri e insetti può essere considerata a tutti gli effetti una risorsa naturale, ancora in gran parte da esplorare, che può essere opportunamente sfruttata per creare strategie di lotta sempre più efficaci e con costi di sviluppo ed applicazioni sempre più sostenibili.

*Per saperne di più:
maurizio.calvitti@enea.it*

¹ www.eliminatedengue.com

BIBLIOGRAFIA

1. Alphey L, Benedict M, Bellini R, Clark GG, Dame DA, Service MW, et al. (2010). “Sterile-insect methods for control of mosquito-borne diseases: an analysis”. *Vector Borne Zoonotic Diseases*, 10: 295–311. doi:10.1089/vbz.2009.0014
2. Bourtzis K, Dobson SL, Xi Z, Rasgon JL, Calvitti M, Moreira LA, et al. (2014). “Harnessing mosquito-*Wolbachia* symbiosis for vector and disease control”. *Acta Tropica*, 132 Suppl: S150–63. doi:10.1016/j.actatropica.2013.11.004
3. Calvitti M, Moretti R, Lampazzi E, Bellini R, Dobson SL. (2010). “Characterization of a new *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae)-*Wolbachia pipientis* (Rickettsiales: Rickettsiaceae) symbiotic association generated by artificial transfer of the wPip strain from *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae)”. *Journal of Medical Entomology*, 47: 179–187. doi:10.1603/Meo9140
4. Calvitti M, Moretti R, Skidmore AR, Dobson SL. (2012). *Wolbachia* strain wPip yields a pattern of cytoplasmic incompatibility enhancing a *Wolbachia*-based suppression strategy against the disease vector *Aedes albopictus*. *Parasit Vectors. Parasites & Vectors*, 5: 254. doi:10.1186/1756-3305-5-254
5. Moretti R, Calvitti M. (2013). “Male mating performance and cytoplasmic incompatibility in a wPip *Wolbachia* trans-infected line of *Aedes albopictus* (*Stegomyia albopicta*)”. *Medical and Veterinary Entomology*, 27: 377–386. doi:10.1111/j.1365-2915.2012.01061.x
6. Atyame CM, Labbé P, Lebon C, Weill M, Moretti R, Marini F, et al. (2016). “Comparison of irradiation and *Wolbachia* based approaches for sterile-male strategies targeting *Aedes albopictus*”. *PLoS One*, 11: e0146834. doi:10.1371/journal.pone.0146834

Pre-release risk assessment for classical biological control of harmful alien species

The article highlights the importance of a careful risk assessment of deliberate introduction of species of insects, useful to the biological control of harmful alien species

DOI 10.12910/EAI2016-038

by **Francesco Binazzi, Giuseppino Sabbatini Peverieri and Pio Federico Roversi**, *Research Center for Agrobiological and Pedology, Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria*

Classical biological control is an interesting field of pest control, aimed at reducing the use of pesticides not only in agriculture, but also in forestry and, more generally, in all natural ecosystems. In the context of food production, this leads to a more environmentally friendly approach with the purpose of producing healthier products, starting from human food first. Moreover, this technique is also an economically sound solution for long-term pest management strategies [1].

Conceptually, biological control is based on the use of a natural enemy (BCA, Biological Control Agent)

to control a given harmful organism; an example might be an insect vs. another insect, but many other organisms can be involved, such as nematodes, mites, fungi, vertebrates and plants. In classical biological control the context is the presence, in a given area, of an invasive pest, an alien species, which has been accidentally introduced. Here, its control is performed by an intentionally imported natural enemy, native to the same geographical region of the pest, whose purpose is to establish, in the new area, the natural balance existing between the two organisms in the original context. After the collapse of the pest population, the hy-

pothetical effect of a BCA should be to maintain the fluctuations of the target organism constantly below a certain economic threshold subject to the prey-predator relationship.

The history of biological control is long dating back to more than 2000 years ago, but only in the last 100 years there has been a dramatic increase in the use of this method [2], [3]. In the modern era, the first important success in classical biological control was obtained in 1888, using the predator *Rodolia cardinalis* to control *Icerya purchasi* [2]. Positive results were also achieved in the rest of the world: in Italy for example, successful control was obtained us-

ing *Encarsia (Prospaltella) berlesei* vs. *Pseudaulacaspis pentagona* at the beginning of the nineteenth century, *Neodryinus typhlocybae* vs. *Metcalfa pruinosa* in the 1980s and, *Torymus sinensis* vs. *Dryokosmus kuriphylus* in the last decade.

Biological control has always been considered an environmentally safe strategy for pest eradication. Therefore, the risks inherent in this method have been overlooked for a long time, though in 1897 Perkins had already warned about them for the Hawaii islands [4]. However, in recent decades, the side effects of such an approach have been thoroughly debated and currently, the method is not considered entirely safe for the environment anymore. Regrettably, in the past, the biocontrol theory focused essentially on simple predator-prey relationships, ignoring more complex community interactions and side effects [5]. The apparent absence of negative impacts, led many biocontrol workers to view non-target effects as infrequent and/or often unimportant. This trend was only recently reversed and further emphasis was placed on undesired effects and, in general, on pre-release risk assessment in classical biological control. Several aspects are to be considered in a pre-release risk assessment, such as risk reports, protocols and step-by-step approaches proposed by different institutions and researchers (e.g. FAO, EPPO, IPPC, or the EU-ERBIC project) [6]. Risks can involve failure, a nothing-done, and a depletion of resources, both human and economic, but most of all potentially severe environmental risks. Therefore, risk analyses are nowadays mandatory and crucial in classical biocontrol programs. In the context of classical biologi-

cal control by parasitoids, there are many aspects that need to be evaluated in a pre-release study: parasitization efficiency, parasitization efficacy, searching ability, intraguild predation (e.g. hyperparasitism), ability of establishment, ability of dispersal and hybridization potential are just some examples of parameters that require to be investigated in a BCA. In a natural enemy, characteristics such as host and habitat specificity are essential since they are probably the most important aspects in terms of environmental safeguard of a BCA, because only a restricted host range and habitat can ensure a feasible and reliable control.

In fact, in a classical biological control, the most severe risk is indeed the “non-target species effect”, i.e. the fact that the BCA attacks not only the target species, but also other native species. This is the most undesired event, because in most cases the post-release scenario is that of a point of no return, since, theoretic-

cally, the introduced organisms are self-sustaining, self-perpetuating and self-dispersing in the environment. Therefore, the BCA that exhibits a high host and habitat fidelity, ensures minimal impacts on non-target species. For this reason, host specificity is probably the most desirable aspect, though even polyphagous species that display habitat fidelity remaining confined to a specific territory, can ensure the safety of the BCA.

A clear example of failure of a classical biological control is the case of the introduction of the fly *Compsilura concinnata* in the USA to control the gipsy moth *Lymantria dispar*. Some evidence showed that the population of some saturniid species gradually declined due to the parasitizing effect of the fly, whereas populations of gipsy moth evenly increased.

Pre-release studies include laboratory and semi-field tests and, eventually, field trials (also post-release analyses are required to test



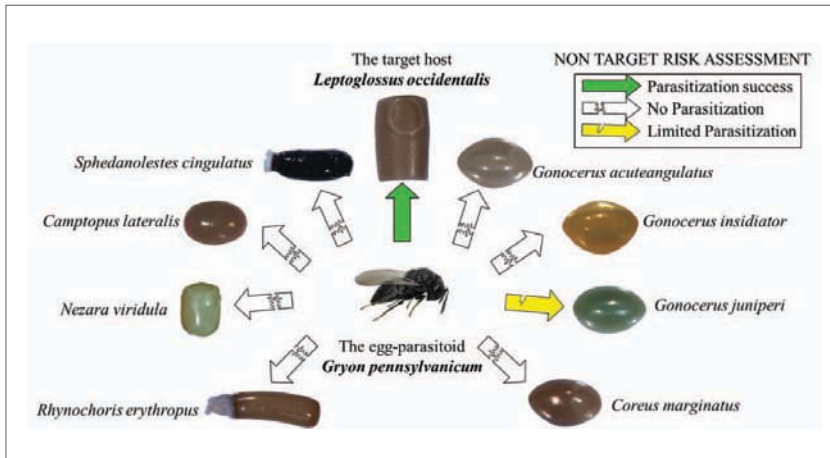


Fig. 1 *Gryon pennsylvanicum* host range assessment in laboratory tests using non-target species of the Italian Heteroptera fauna and the target species *Leptoglossus occidentalis*

success/failure and recognize potentially undesired effects). Non-target species exploration presents several constraints, and laboratory tests are not always entirely predictive. However this is the only first step that can be reasonably performed, in order to define the safety of a BCA in a classical biological control program.

Testing non-target species means defining a list of species to be tested in laboratory for a host-range exploration. Different approaches are generally used to select the best candidates among a hypothetically large number of potentially suitable hosts. The choice is generally based on phylogenetical, biological, ecological, morphological, phenological and environmental safeguard issues (e.g., beneficial or endangered species). To this end, literature reviews can be initially useful whereas field surveys of the available species and the possibility to establish laboratory-reared populations represent the final step of species selection. A recent case study is *Gryon penn-*

sylvanicum (Hymenoptera, Platygasteridae), a parasitoid under investigation for a classical biological control program against *Leptoglossus occidentalis* (Heteroptera, Coreidae, Coreinae). *L. occidentalis*, a North American pest responsible for severe conifer and seed losses, was accidentally introduced to Italy in 1999 and rapidly spread all over the European Union. Its BCA, *G. pennsylvanicum*, is an egg-parasitoid that parasitizes host species belonging to the North American tribes Anisoscelini, Hypselonotini and Chelinideini, Chelinidea included in sub-family Coreinae. In the European mainland fauna, there are no representatives of tribes including known hosts of the original area. The BCA, introduced to Italy under quarantine condition, has a strict relationship with taxa that display distinct features in terms of egg structure. This knowledge is an essential starting point for a deeper investigation of such aspects in the Italian Fauna, restricting the range of potential hosts that need to be

tested in laboratory trials [7]. In fact, starting from a list of 37 coreid species present in Italy, 20 were deleted because they were not included in the sub-family coreinae. From the 17 potentially non-target species, only 9 displayed morphological key features similar to the natural hosts in the native area. Among the 9 species, 5 could be collected in the field in a 2-year survey, and of these only 4 species could be successfully reared in laboratory to obtain a representative population to use in the tests. Four additional insect species were collected in closely related environments and were more or less taxonomically related with the potential hosts (at least 2 of these, considering also the environmental safeguard issues).

G. pennsylvanicum was able to parasitize only the target species, except for extremely low *Gonocerus juniperi* parasitization levels (only one female emerged from a single egg of *G. juniperi*, the 5% of all cases, and it died soon after emergence). No other parasitization events were observed and only in few cases of non target egg parasitization, specimens of *G. pennsylvanicum* died in the egg before the emergence [7].

Results obtained in laboratory tests, showed that *G. pennsylvanicum* is a good candidate for classical biological control against *L. occidentalis* in Italy. However this is the first step in the flow chart of the whole suggested procedure. Further experiments in semi-field conditions together with field trials have to be performed in order to confirm these results.

For further information,
please contact:
giuseppino.sabbatini@crea.gov.it

REFERENCES

1. R. McFadyen (2009), "Return on investment: determining the economic impact of biological control programmes" *XII International Symposium on Biological Control of Weeds*, Julien M. editor. CAB International
2. R. Van den Bosch, P.S. Messenger, A.P. Gutierrez (1982), *An Introduction to Biological Control*, Springer Science+Business Media, New York
3. D. Orr (2009), "Biological Control and Integrated Pest Management" *Integrated Pest Management: Innovation-Development*, Peshin R. and Dhawan A.K. (eds.), Springer Science+Business Media B.V.
4. L.V. Kaufman, M.G. Wright (2009), "The impact of exotic parasitoids on populations of a native Hawaiian moth assessed using life table studies", *Oecologia* 159: 295-304
5. D. Simberloff, P. Stiling, (1996), "Risks of species introduced for biological control", *Biological Conservation* 78:185-192
6. FAO (2003), "ISPM No. 3 Guidelines for the export, shipment, import and release of biological control agents and other beneficial organisms", *International Standards For Phytosanitary Measures (2005 edition)*, FAO 2006, pp. 21-32
7. P.F. Roversi, G. Sabbatini Peverieri, M. Maltese, P. Furlan, W.B. Strong, V. Caleca(2013), "Pre-release risk assessment of the egg-parasitoid *Gryon pennsylvanicum* for classical biological control of *Leptoglossus occidentalis*" *J. Appl. Entomol.* 138: 27-35



La difesa integrata in olivicoltura: il punto di vista dei produttori

Olivicoltura a Canino, dalla sperimentazione all'applicazione. Dopo oltre trenta anni di attività la lotta integrata ai parassiti dell'olivo è diventata una normale pratica culturale e numerosi sono i vantaggi che si riscontrano: per la salute dell'uomo e la salvaguardia dell'ambiente, per la produzione di un olio extravergine migliore grazie alla diminuzione degli interventi fitosanitari

DOI 10.12910/EAI2016-039

di **Claudio Mazzuoli**, *Oleificio Sociale Cooperativo di Canino*

La difesa integrata sull'olivo nel comprensorio di Canino fu introdotta agli inizi degli anni ottanta dal P.A. Claudio Menna e dal Prof. Ugo Cirio dell'ENEA con il supporto tecnico-operativo dell'Oleificio Sociale Cooperativo.

L'esigenza era quella di sperimentare tecniche di difesa dell'olivo, per il controllo della tignola e della mosca, atte a ridurre il numero di interventi con prodotti fitosanitari. In seguito nella sperimentazione furono coinvolti numerosi Enti e diversi tecnici e agronomi provenienti anche da altri comprensori.

I presupposti

L'Oleificio Sociale Cooperativo di Canino, Società Cooperativa Agricola, si trova nel Comune di Canino (Viterbo) ed è una struttura di trasformazione cooperativa che ha iniziato la sua attività nel 1965 divenendo nel 2014 Organizzazione di Produttori. Nel 1996 fu promotore dell'iter per l'ottenimento del riconoscimento della DOP Canino.

La Cooperativa, tra le maggiori a livello nazionale, estende la propria attività anche nei Comuni di Cellere, Arlena di Castro, Tessignano, Ischia di Castro e parte dei Comuni di Montalto di Castro e di Tuscania. L'area comprende attualmente circa 3.350 ettari di oliveti con circa 280.500 piante in produzione, associa circa 1200 olivicoltori e rappresenta pertanto a pieno titolo la produzione olivicola del comprensorio. Nella sua attività la struttura organizza ed attua la molitura delle olive conferite dai propri soci, nonché l'imbottigliamento, il confezionamento e la commercializzazione diretta di olio extra vergine di oliva extravergine e "DOP Canino".

Il frantoio da sempre opera attivamente per migliorare tecnologicamente e qualitativamente la produzione oleicola cercando di ridurre al massimo l'impatto ambientale, attuando progetti nazionali e/o comunitari mirati alla valorizzazione dell'olivicoltura del territorio e alla fornitura di servizi di natura tecnica e di consulenza rivolti principalmente ai propri associati.

Al fine di ottenere un prodotto di altissima qualità e servizi mirati ai propri associati, l'Oleificio Sociale Cooperativo ha collaborato con i più importanti Enti di ricerca che si interessano dello sviluppo dell'olivicoltura del controllo dei parassiti e delle tecniche di trasformazione delle olive e più precisamente:

è stata attuata la ricerca sui parassiti dell'olivo;

- l'Università della Tuscia di Viterbo.

Tutte le strategie di controllo delle avversità sono state portate avanti sia attingendo a finanziamenti pubblici, sia a proprie risorse.

La sperimentazione sul campo

La sperimentazione sul campo, per mettere a punto un modello previsionale di controllo della mosca dell'olivo, prevedeva una serie di rilievi a cadenza settimanale su aziende pilota effettuati da personale tecnico che provvedeva al rilevamento delle catture e dei dati climatici e al prelievo e all'analisi dei campioni di olive.



Sede dell'Oleificio Sociale Cooperativo di Canino

- l'ERSAL, oggi ARSIAL con il quale, sin dalla costituzione, ha impostato le linee programmatiche e di sviluppo delle strutture per la trasformazione;
- il Ministero Agricoltura e Foreste e la Regione Lazio le cui leggi hanno consentito interventi agevolati per finanziamenti sia a breve che a lungo termine;
- l'ENEA con il quale, sin dal 1981,

Con questo modello di controllo, attuato in alcune aziende pilota, è stato possibile definire la sperimentazione in condizioni standard e comprendere come effettuare un campionamento, il ciclo biologico dell'insetto e la tempistica di intervento anche in relazione alle condizioni climatiche. Su diverse aree campione sono stati sperimentati anche i prodotti fitosanitari disponibili sul mercato e le



Sala macchine dell'Oleificio Sociale Cooperativo di Canino

tecniche alternative di controllo dei parassiti.

I risultati sono stati poi estesi agli olivicoltori facendo ben comprendere anche le ragioni di questo nuovo orientamento di lotta guidata.

Sin dall'inizio i responsabili del progetto hanno compreso che nessuna azione o progetto porta a un reale beneficio economico per il comprensorio se non si coinvolgono direttamente gli olivicoltori e quindi a fianco dell'attività di monitoraggio dei tecnici, è stato chiesto ai soci di provvedere direttamente al prelievo di campioni di olive mettendogli a disposizione un laboratorio e personale tecnico per effettuare le analisi e per le consulenze. La preziosa e capillare attività dei soci ha permesso di avere un maggiore livello di dettaglio per singola azienda, con campionature per ogni appezzamento e distinte per *cultivar*.

Con l'esperienza maturata su entrambi i fronti è stato possibile adottare anche tecniche di lotta integrata che sono state estese a tutti i parassiti dell'olivo.

In sostanza, oggi come allora ogni olivicoltore associato è tenuto a controllare i propri oliveti mediante un capillare monitoraggio di campo che si svolge principalmente attraverso il prelievo di un campione di olive rappresentativo che, come accennato, deve essere distinto per ogni località, tra le *cultivar* presenti e differenziato dalla Caninese, che è la varietà più tardiva.

Il campione viene realizzato prelevando 100 olive, prese a caso su almeno dieci piante con una produzione media e rappresentativa dell'oliveto, ad altezza d'uomo, girando attorno alla pianta per coprire ogni settore di orientamento nei confronti del sole. Nell'effettuare il campionamento bisogna evitare la raccolta su piante poco o troppo produttive in quanto nel primo caso le maggiori dimensioni della drupa o, nel secondo caso, le minori dimensioni del frutto, potrebbero fornire valori di attacco sfalsati e comunque non rappresentativi.

Anche l'altezza gioca un ruolo importante per la dimensione della

drupa e quindi per il rispettivo attacco: verso la cima della stessa pianta le olive sono in genere più grandi che nelle fasce e il peso indicativamente decresce scendendo verso il basso. In alto quindi gli attacchi sono più grandi e prima visibili che sulle fasce dove però è concentrata la maggiore produzione. Raccogliendo le olive ad altezza d'uomo (con le mani sollevate) è possibile prelevare dimensioni di giusto compromesso.

Il campione così prelevato viene portato al laboratorio e consegnato ai tecnici che lo registrano su supporto informatico nella scheda dello specifico olivicoltore, in quella particolare località di prelievo monitorando la cultivar da analizzare. Ogni campione, depositato su una vaschetta, viene codificato con un numero di protocollo successivo e con i dati identificativi che lo distinguono.

Nelle località limitrofe a Canino, Ischia di Castro, Arlena e Tessenano, viene stabilito uno specifico giorno dove concentrare il campionamento e la consegna.

I campioni raccolti vengono posti in frigorifero a circa quattro gradi. In queste condizioni la larva non muore per effetto delle basse temperature ma rallenta fortemente le funzioni vitali e quindi la successiva analisi fotografa la condizione esatta al momento del prelievo.

Le analisi

La prima analisi è lo screening. Di fatto si tratta di separare le cento olive raccolte tra apparentemente punterate e quelle sane.

Quelle presumibilmente attaccate dalla mosca vengono passate al bisturi con l'ausilio di uno stereoscopio con ingrandimento di circa 10-16 volte alla ricerca delle forme vitali della mosca, separando le uova, dalle

larve piccole e grandi vive e morte, dalle pupe e i fori.

Concorrono all'attacco attivo principalmente le uova e le larve piccole vive e, secondariamente, quelle grandi vive che avendo ormai raggiunto uno sviluppo vitale avanzato sono difficilmente controllabili con un eventuale trattamento. In altre parole hanno ormai compiuto il danno insieme alle pupe e ai fori.

La presenza delle pupe indica che a breve nel comprensorio saranno nuovamente presenti adulti per lo svolgimento di una generazione successiva. Partendo da 100 olive, l'infestazione attiva indica contemporaneamente la

percentuale di attacco. Con un'analisi dei costi/benefici viene stabilita la soglia economica di danno in quello specifico oliveto per quella particolare produzione stimata. Superata la soglia economica accettabile, viene consigliato il trattamento.

Un attacco del 10% indica che dieci olive su cento, se non controllate adeguatamente, cadranno a terra; alla percentuale sul numero equivale anche la percentuale sul peso. Pertanto una pianta che produce 10 kg subirà un danno di 1 kg di olive mentre una con produzione presunta di 100 kg ne subirà uno da 10 kg. Supponendo che il valore economico

delle olive sia pari a 0,60 €, nel primo caso l'olivicoltore subirà un danno di 0,60 € e nel secondo di 6,00 €.

Tenuto conto che per fare un trattamento, il costo è variabile in funzione delle dimensioni della pianta, delle condizioni orografiche del terreno e della presenza o meno dell'inerbimento, di altri di varia natura e oscilla tra circa 1,00 e 2,00 €, il medesimo attacco non è giustificabile per piante poco produttive ma lo diventa per quelle produttive a partire da almeno 25-30 kg/pianta.

La presenza degli stadi larvali in funzione del periodo dell'anno e quindi delle condizioni termo-pluviome-



Un oliveto nella zona di Canino (Viterbo). L'adozione di una tecnica di gestione integrata dei parassiti in agricoltura – specialmente negli oliveti – ha creato un circolo virtuoso che ha permesso la sua diffusione tra gli agricoltori in Italia
Credit ©FAO/Giulio Napolitano

triche, impone anche la tempistica d'intervento.

Se ad esempio l'attacco si verificasse alla fine di luglio con uova in condizioni di elevate temperature, prima che si manifestassero i danni potrebbero passare anche oltre due settimane che si riducono a pochi giorni nel mese di settembre con piogge persistenti e temperature medie attorno a 25 °C, ideali per lo sviluppo della mosca.

Nell'ipotesi che il campione venga effettuato con elevate temperature, malgrado superi la soglia economica di intervento, se le forme larvali si trovano nelle fasi iniziali, all'olivicoltore viene consigliato di procedere ad un nuovo campionamento con un intervallo infrasettimanale al fine di monitorare bene il successivo sviluppo.

Potrebbe accadere, infatti, che superando la soglia di 32 °C, oltre ad un rallentamento dello sviluppo, si assista alla progressiva morte prima delle uova e poi delle larve e quindi il trattamento apparirà superfluo. Oppure l'attacco, per effetto del raffreddamento delle temperature, evolva e quindi sia necessario intervenire.

Le risposte ai campioni affidati all'oleificio sono fornite direttamente agli interessati entro la sera del giorno successivo salvo casi più urgenti dove l'analisi e la risposta avvengono seduta stante.

Le informazioni vengono diffuse tra olivicoltori con il passaparola ma la fonte ufficiale è il bollettino settimanale che viene registrato sulla segreteria telefonica per fornire le indicazioni utili in quel particolare momento dell'anno.

Il trattamento consigliato è sempre a base di principi attivi citotropici ossia che penetrano all'interno della drupa uccidendo le larve che si ali-

mentano della polpa. Tra i più utilizzati ricordiamo il dimetoato più comunemente conosciuto nei formulati a base del nome commerciale di *Rogor*.

Una volta effettuato l'intervento fitosanitario per almeno 15-20 giorni (in funzione del dosaggio somministrato, delle temperature e della frequenza delle piogge che fanno aumentare la dimensione dei frutti e quindi, di fatto, diluiscono il prodotto curativo) le olive sono coperte e quindi non è necessario procedere ad altri trattamenti nemmeno in annate particolarmente rischiose.

Una volta consigliato il trattamento, l'olivicoltore è tenuto a comunicare la data esatta dell'avvenuto intervento che diventa obbligatorio nella parte terminale del servizio fitosanitario per vincolare i terreni ad un giusto intervallo di sicurezza da rispettare prima di procedere alla raccolta del campo. L'intervallo di sicurezza è fissato ad un valore maggiore rispetto a quello previsto per i prodotti impiegati. Molti soci hanno però preso l'abitudine di controllare comunque i propri oliveti con campioni effettuati a distanza di circa 7-10 giorni dal trattamento per verificare l'efficacia dell'intervento fitosanitario.

Dalle considerazioni fatte sopra è intuibile il rapporto di fiducia che lega l'olivicoltore e la struttura cooperativistica che dagli anni 80 opera anche con un cospicuo lavoro di monitoraggio e sperimentazione.

A cavallo dell'indurimento del nocciolo vengono valutati anche i potenziali danni prodotti dalla tignola nella generazione carpofaga per i quali, quasi mai si consiglia l'intervento.

Nel mese di agosto il monitoraggio è esteso anche alla cocciniglia di mezzo grano di pepe e alla valutazione dell'eventuale necessità d'interven-

to, quasi mai praticato per la diffusa presenza di antagonisti naturali che parassitano gli adulti nutrendosi delle uova.

Conclusioni

La partecipazione dei soci al programma di controllo integrato ai parassiti dell'olivo è massiccia, mediamente vengono portati ad analizzare dai soci 9.000-10.000 campioni di olive l'anno e pertanto, rispetto ad un sistema di controllo che prevede principalmente l'utilizzo di aree campione, la metodologia adottata in questa struttura offre la certezza del risultato raggiunto con un monitoraggio così capillare da scongiurare sorprese agli olivicoltori che si affidano pienamente alle indicazioni offerte dai tecnici.

Con il riconoscimento di Organizzazione di Produttori e l'ottenimento di contributi per l'assistenza tecnica, l'Oleificio negli ultimi anni ha ripristinato una rete di aziende pilota controllate da personale tecnico al fine di avere un monitoraggio delle catture degli adulti e per avere un riscontro tra i prelievi effettuati dai propri tecnici e le campionature degli olivicoltori. Settimanalmente viene pubblicato sul sito dell'Oleificio un bollettino fitosanitario sull'andamento delle infestazioni dei parassiti dell'olivo.

Dopo oltre trenta anni di attività la lotta integrata ai parassiti dell'olivo è diventata per gli associati una normale pratica colturale da applicare al proprio oliveto avendo riscontrato direttamente i numerosi vantaggi derivanti dalla corretta applicazione, ovvero:

- vantaggio economico derivante dalla drastica diminuzione degli interventi fitosanitari, riduzione

dei costi per materiali e carburanti, manodopera, usura e manutenzione attrezzature agricole;

- riduzione dei rischi per la salute dell'operatore agricolo che diminuendo e in alcuni casi azzerando il numero di trattamenti riduce l'esposizione a prodotti fitosanitari potenzialmente tossici;
- diminuzione dell'uso dei fitofar-

maci con conseguente netto miglioramento dell'agro-ecosistema oliveto, salvaguardia della entomofauna utile, riduzione degli stress fisiologici sulla pianta olivo;

- produzione di un olio extravergine qualitativamente migliore perché ottenuto con tecniche a basso impatto ambientale e del tutto esente da residui di fitofarmaci.

La sperimentazione dei metodi di lotta integrata in olivicoltura e la successiva massiccia applicazione sul territorio, sono un caso positivo di applicazione in campo di tecniche sperimentali e allo stato attuale è diventata una tecnica indispensabile per il controllo dei parassiti dell'olivo tanto da ritenere improponibile per gli olivicoltori il suo abbandono.



Introduzione del controllo integrato dei parassiti nel comprensorio olivicolo di Canino: valutazione dell'impatto sociale ed economico

In agricoltura i livelli di produzione, la qualità del prodotto, la qualità ambientale, il ricavo, sono tutti aspetti tra loro interconnessi. Valutare con attenzione le ricadute in termini ambientali, sociali ed economici della lotta integrata applicata all'olivicoltura nel futuro può servire a pianificare meglio l'introduzione di tecniche innovative negli ambiti produttivi agricoli

DOI 10.12910/EAI2016-040

di **Fabiana Fadanelli**, Università di Roma "Sapienza"

Il presente lavoro descrive i risultati dell'attività di valutazione *ex-post* dell'introduzione della lotta integrata (*Integrated Pest Management - IPM*) nel comprensorio olivicolo di Canino (Viterbo) tra il 1979 e il 1986. L'attività di valutazione è stata svolta da ENEA su richiesta e in supporto della FAO, partner del progetto IMPRESA, finanziato dall'Unione Europea e volto ad elaborare e sperimentare un quadro metodologico per la valutazione e il monitoraggio degli impatti della ricerca scientifica in materia di agricoltura.

Il progetto di introduzione della IPM nell'area olivicola di Canino è oggetto anche di un altro articolo, pubblicato su questo numero di *Energia, Ambiente Innovazione*, che analizza l'impatto del progetto dalla prospettiva dei Sistemi di Innovazione in Agricoltura [1].

Il Progetto Canino

Il progetto di ricerca sull'introduzione della IPM a Canino rientrava nelle attività *a latere* svolta da ENEA nel corso della pianificazione e realizzazione della centrale nucleare di Montalto di Castro. Il progetto fu finanziato dall'allora Ministero dell'Agricoltura con lo scopo di promuovere la riqualificazione ambientale dell'area.

Il territorio di Montalto di Castro e dei Comuni limitrofi è un'area di produzione olivicola e Canino fu scelto all'epoca poiché sede di una cooperativa: l'Oleificio Sociale Cooperativo di Canino s.c.a. (OSCC), che rappresentava una tradizione importante nella produzione dell'olio extra vergine di oliva, servendo da frantoio per i soci appartenenti ad un territorio di riferimento relativo a ben 11 Comuni.

Studi effettuati dall'ENEA [2] rile-

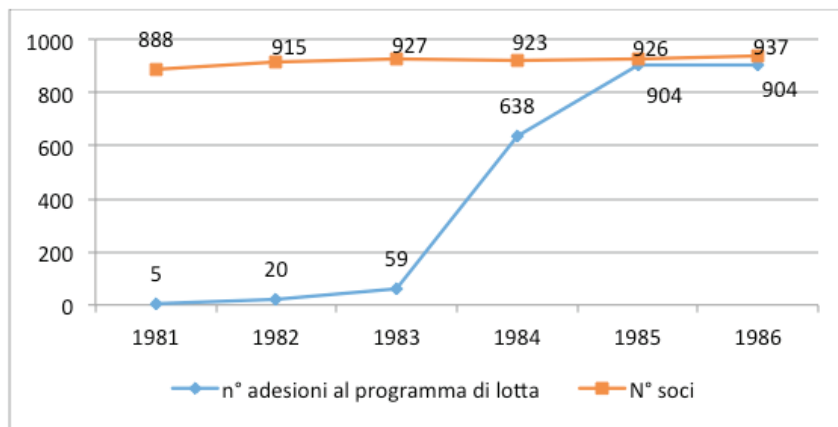


Fig. 1 Numero di olivicoltori che hanno adottato la Integrated Pest Management a Canino
Fonte: [3] p. 16 e nella documentazione OSCC

varono che il controllo dei parassiti negli oliveti della zona era affidato all'utilizzo di insetticidi chimici dispersi nell'ambiente in maniera calendarizzata, con il risultato di effettuare trattamenti con una media annua di sei, sette per ogni azienda [3]. Gli obiettivi dell'attività svolta da ENEA in quegli anni erano, dunque, volti a:

- sviluppare tecniche sostenibili di difesa degli oliveti, con l'obiettivo di ridurre l'uso di insetticidi e promuovere la salvaguardia dell'ambiente;
- applicare il metodo di gestione integrata dei parassiti (IPM) nel territorio di Canino;
- dimostrare i vantaggi economici e ambientali della difesa integrata;
- valorizzare la produzione di olio extravergine di oliva;
- verificare se questo tipo di intervento territoriale poteva ottenere concrete ricadute nel settore, in termini di miglioramento della produzione e della promozione di iniziative analoghe [2].

Il progetto vide cinque partner principali coinvolti direttamente

nelle attività: l'ENEA come coordinatore e partner scientifico, l'OSCC, allora Agenzia Regionale per lo Sviluppo Agricolo del Lazio (ex ERSAL, oggi ARSIAL), la Cooperativa Energia e Territorio (CET) e il Comune di Canino. Altri partner minori presero parte alle attività di progetto, il cui apporto è analizzato in un altro contributo pubblicato su questo numero di *Energia, Ambiente, Innovazione* [1].

Si possono individuare tre fasi principali del progetto: una fase di studio-sperimentazione, una di implementazione-standardizzazione e un'ultima fase di consolidamento-trasferimento tecnologico.

La prima fase (1980-1981) vide una collaborazione tra ENEA ed ERSAL nell'individuazione dei principali parassiti delle coltivazioni di olivo nell'area dell'OSCC (*Bactrocera oleae*, *Saissetia oleae* e *Prays oleae*) e nella messa a punto della procedura di IPM. In questa fase vennero coinvolti alcuni olivicoltori, soci della Cooperativa, i quali misero a disposizione il proprio lavoro e i propri terreni olivicoli per l'inizio della sperimentazione. I dati sulle infestazioni furono raccolti, così come avviene

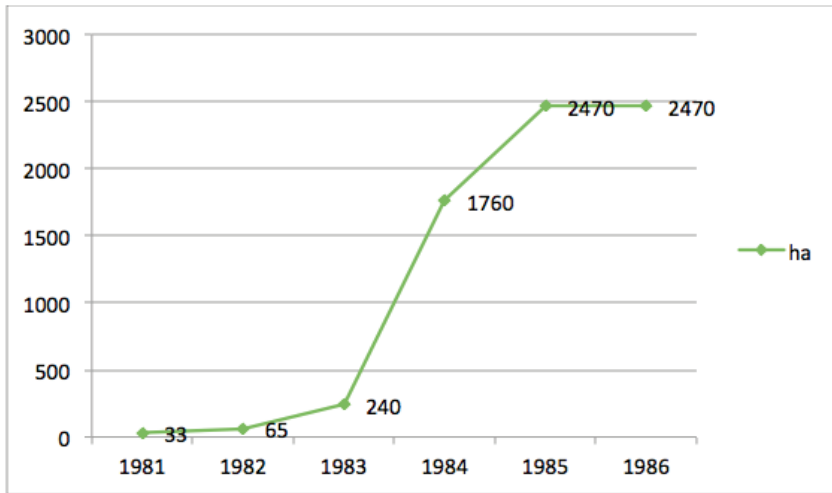


Fig. 2 Variazione della superficie olivata (ha) interessata da IPM a Canino
Fonte: elaborazione dati presenti in [3] p.16

ancora oggi, ad intervalli settimanali nei periodi di fruttificazione delle piante e analizzati in un piccolo laboratorio realizzato presso l'OSCC di Canino, al fine di:

- approfondire le dinamiche di impatto sulla produzione di olive;
- mettere a punto un protocollo sul monitoraggio delle infestazioni;
- effettuare prove di tossicità per identificare e selezionare gli insetticidi con il minor impatto ambientale, non liposolubili per evitare residui tossici nell'olio d'oliva;
- analizzare l'efficacia del trattamento in relazione alle dinamiche di popolazione e al ciclo biologico dei diversi parassiti.

Nella seconda fase del progetto (1981-1983), la Cooperativa Energia e Territorio (CET) avviò lo sviluppo di un modello standardizzato per la previsione e il trattamento delle infestazioni dei parassiti sulla base dei dati climatici raccolti dalle stazioni meteorologiche [4]. Il successo ottenuto da questo modello nei primi due anni di sperimentazione, adeguata-

mente pubblicizzato da CET tramite i media locali, fu così elevato che altri olivicoltori dell'OSCC, anche grazie alle strategie manageriali e al forte impegno operati dalla direzione dell'Oleificio, aderirono all'iniziativa (Figura 1). Questa fase fu caratterizzata anche dalla formazione continua, se pure non formalizzata, dei soci e i futuri tecnici dell'OSCC da parte dei tecnici ERSAL ed ENEA.

La terza fase del progetto (1983-1986) può essere definita una fase di consolidamento, caratterizzata dalla larga diffusione del protocollo di IPM tra i membri OSCC, che raggiunse la totalità degli stessi nel 1985, e la progressiva riduzione della presenza di ENEA ed ERSAL presso l'Oleificio.

La valutazione ex-post del progetto di Canino

Il materiale empirico per la valutazione ex-post del progetto di Canino è stato raccolto ed analizzato nel corso del 2015 con metodi sia qualitativi che quantitativi:

- interviste in profondità, *focus group* e *public hearing* per quanto riguarda i dati primari;
- tecniche della ricerca documentale e statistica per i dati secondari, partendo da un'assegnazione della letteratura sull'argomento e utilizzando fonti ISTAT per avere una panoramica generale della superficie olivata di Canino e degli 11 Comuni interessati dall'area della OSCC;
- dati aggregati sulla produzione e sulle vendite messi a disposizione direttamente da OSCC.

È stato anche possibile consultare il materiale scientifico prodotto all'epoca del progetto, attualmente riunito nel cosiddetto "Archivio Baldacchini", composto ad oggi da 46 documenti sul tema della lotta integrata e sulla diffusione dell'esperienza di Canino.

Adozione dell'innovazione

Durante le interviste, i *focus group* e le *public hearing* con i pionieri del progetto e alcuni informatori chiave, è stato più volte segnalato il significativo e rapido aumento del numero di olivicoltori aderenti al programma di IPM (Figura 1). Nella fase di avvio si è passati da 5 a 59 olivicoltori coinvolti nel periodo 1981-83, fino a raggiungere la quasi totalità dei soci (904 = 96%) nei soli due anni successivi (1984-85). I risultati ottenuti in un tempo così breve sono stati quindi così determinanti da convincere i più all'applicazione pressoché immediata della IPM.

L'area olivata interessata dalla IPM è cresciuta con un ritmo lievemente più lento di quello del numero di agricoltori (Figura 2), testimoniando come le aziende coinvolte siano state inizialmente quelle con una

superficie maggiore (6,6 ha circa nel periodo 1981-83) e successivamente le aziende con superficie inferiore (2,73 ha circa in media). Questo andamento riflette la probabile minore propensione degli agricoltori più piccoli al rischio da innovazione.

A fine progetto, l'area totale interessata dall'uso di IPM ammontava a 12.347 ha, per un totale di oltre 3.000 oliveti.

Impatto ambientale

L'impatto ambientale è stato valutato analizzando i possibili cambiamenti indotti dall'adozione della IPM sulla quantità di insetticidi utilizzati. Durante il periodo di introduzione della IPM nel comprensorio di Canino, la quantità di insetticidi venduta dalla cooperativa ai propri soci è diminuita in modo pressoché costante (-62%) (Figura 3), passando da una media di 7 kg/anno a circa 1 kg/anno per ettaro. È ovviamente difficile stabilire un nesso di casualità tra crescita della adozione di IPM e diminuzione della vendita di insetticidi, ma la concomitanza dei due fenomeni autorizza ad indicare come possibile una loro relazione causa-effetto, come costantemente ripetuto da tutti gli intervistati e gli intervenuti a *focus group* e *public hearing*.

Dopo l'introduzione della IPM, sono state rilevate infestazioni superiori alla soglia economica solo per *Bactrocera oleae*, trattate con il solo *dimetoato*, un organofosfato che, se correttamente usato, non lascia residui tossici nel prodotto finale. I dati delle analisi di laboratorio sull'olio prodotto dalla OSCC confermano l'assenza di residui tossici [5].

L'ipotesi di un miglioramento generale della qualità ambientale e della salute degli operatori si basa, però, esclusivamente sull'evidenza empi-

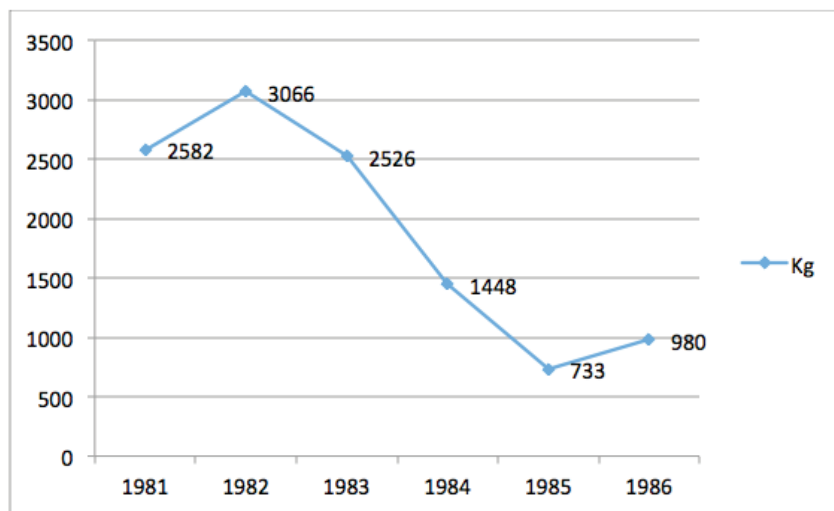


Fig. 3 Quantità totale di pesticidi (kg) venduta dalla cooperativa a tutti i soci
Fonte: *Ibidem*

rica legata ad una generica diminuzione nell'utilizzo degli insetticidi. Gli aspetti scientifici necessari per una corretta valutazione degli indicatori ambientali e di biodiversità, quali ad esempio indicatori di contaminazione del suolo e delle risorse idriche, la presenza di fauna sul territorio ecc., non furono inclusi nella pianificazione del progetto pilota e non sono quindi disponibili

per un confronto con i dati attuali di qualità ambientale. Questo aspetto si è dimostrato un importante ostacolo alla valutazione *ex-post* del progetto di Canino dal punto di vista ambientale.

Impatto sociale

Nel corso del progetto le relazioni tra i partner hanno consentito la forma-

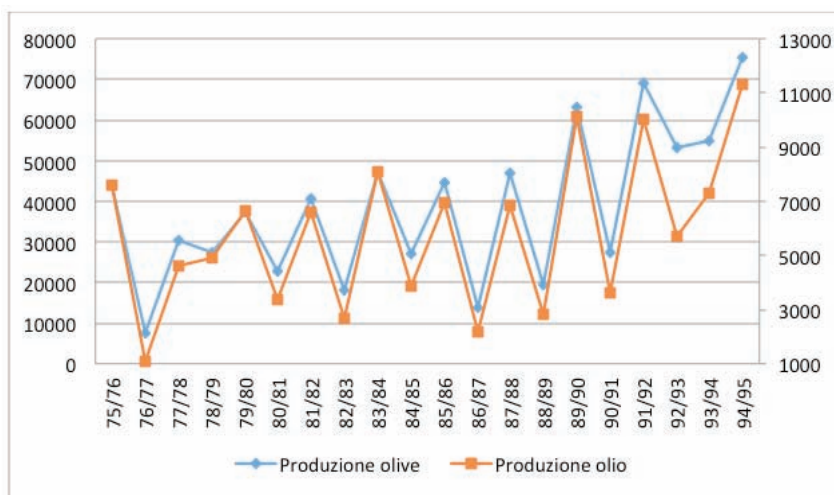


Fig. 4 Produzione totale di olive (quintali, asse di sinistra) e di olio (quintali, asse di destra)
Fonte: *elaborazione ENEA*

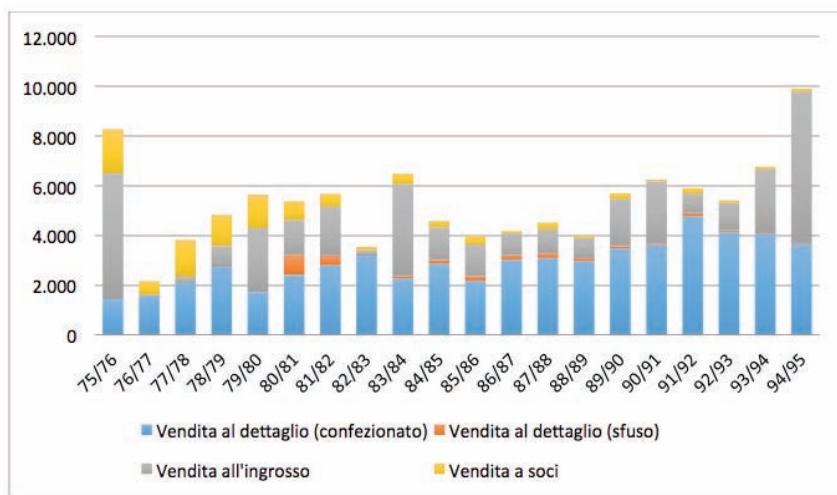


Fig. 5 Vendita di olio nelle annate dal 1975-76 al 1994-95 (quintali) a seconda del tipo di transazione
Fonte: elaborazione ENEA

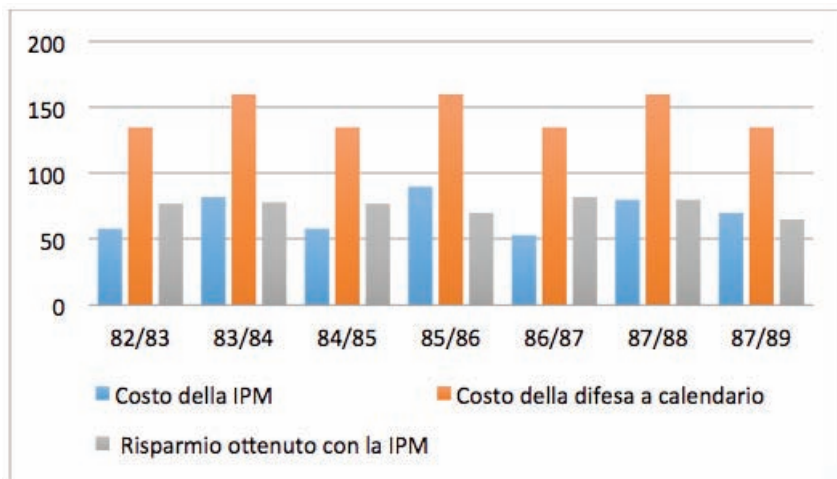


Fig. 6 Costo della difesa con IPM, della difesa a calendario e risparmio ottenuto mediante l'introduzione della IPM durante il progetto (migliaia di Lire per ettaro)
Fonte: elaborazione ENEA

zione e sensibilizzazione dei soci della Cooperativa in termini di principi e pratiche di controllo dei parassiti. È stato messo a punto un sistema quotidiano di informazione sui dati climatici fondamentali per l'applicazione dei principi di IPM, costituito da una segreteria telefonica automatizzata, ancora in funzione presso l'OSCC e, per un breve periodo, da una trasmissione radio sui *media* lo-

cali, accessibile anche agli altri olivicoltori della zona che avessero voluto seguire il programma di IPM. Elementi caratterizzanti del progetto di Canino sono state la grande mobilitazione di risorse umane e la fitta rete di relazioni intercorsa tra di esse, che ha permesso di giungere a risultati evidenti in termini di:

- crescita del sapere organizzativo;

- avanzamento tecnologico nel processo produttivo;
- specializzazione delle mansioni;
- assunzione e collaborazioni esterne con personale specializzato;
- aumento delle capacità comunicative e di marketing sulla acquisita qualità dell'olio di oliva prodotto;
- accrescimento di rilievo e status sociale rispetto alla comunità produttiva locale, nazionale ed internazionale;
- adozione delle pratiche della IPM come obbligatorie per i soci della OSCC;
- raggiungimento della certificazione DOP (Denominazione di Origine Protetta);
- assunzione ruoli di fornitore e consulenza su servizi di monitoraggio per la garanzia della qualità e certificazione (con il marchio OSCC);
- reti e partnership sviluppate tra gli attori dell'innovazione;
- accesso a nuovi mercati;
- rafforzamento dell'immagine identitaria della Cooperativa.

Impatto economico

L'introduzione del controllo integrato dei parassiti non sembra avere avuto ripercussioni negative né sulla produzione totale di olive, né su quella di olio (Figura 4). La tendenza all'aumento di ambedue queste variabili, al netto dell'alternanza annuale, è difficilmente attribuibile e non sembra comunque correlata al tipo di difesa adottato.

La vendita dell'olio prodotto è stata esitata al dettaglio, sia in confezioni che come sfuso, e all'ingrosso in percentuali variabili durante il periodo considerato (Figura 5), con una tendenza all'aumento della quota venduta al dettaglio, e quindi con una più alta appropriazione di



Piante di olivo nella zona di Canino (Viterbo)
Credit ©FAO/Giulio Napolitano

valore aggiunto. Anche per questa variabile sembra difficile separare l'effetto dell'introduzione della IPM da quello di altre innovazioni di processo introdotte nel medesimo periodo. È ragionevole comunque ipotizzare che l'introduzione della IPM e, quindi, la produzione di olio privo di residui di insetticidi, come certificato dalle analisi effettuate [5], abbia favorito la vendita a dettaglio a consumatori consapevoli.

Le ricadute in termini economici individuate dalla valutazione ex-post del progetto sono quindi principalmente da attribuirsi al risparmio sui costi di acquisto ed utilizzo di

insetticidi dovuto alla introduzione della IPM (Figura 6), risparmio che nelle annate dal 1983-84 al 1988-89 è variato da un minimo del 48 ad un massimo del 61%.

Disponendo dei dati economici relativi ai trattamenti eseguiti nel periodo di progetto, è stato possibile effettuare una valutazione attualizzata dei costi e dei risparmi attribuibili alla IPM (Fig. 7), espressi in euro, calcolati utilizzando i Coefficienti Annuali per le rivalutazioni monetarie dell'ISTAT.

Per calcolare il costo medio annuo dei trattamenti a calendario e dei trattamenti con l'utilizzo della lotta integrata, sia nel periodo del progetto che

in proiezione fino al 2014, sono stati considerati la superficie interessata, il costo medio di un trattamento e il numero medio di trattamenti/anno necessario con le due tipologie di lotta ai parassiti, assumendo:

- il 100% di superficie della OSCC
- i costi e il n° trattamenti medi equivalenti a quelli del periodo 1983-1989
- gli indici dei prezzi al consumo per le famiglie di operai e impiegati (FOI) dell'ISTAT.

Per quanto riguarda le valutazioni economiche relative agli andamenti della produzione e ai ricavi dell'O-

SCC, l'impossibilità di accedere a dati sensibili protetti dalla normativa sulla *privacy* ha impedito che si giungesse a dati di profitto. Va detto, tuttavia, che questi non possono essere attribuiti alla sola adozione dell'IPM. La Cooperativa ha infatti continuato, con lungimiranza, a curare la competitività sul mercato mediante un continuo processo di ammodernamento dei macchinari, del processo produttivo e delle tecniche manageriali, anche grazie all'accesso a finanziamenti dell'Unione Europea.

e concomitante riduzione di vendita all'ingrosso (internalizzazione del valore aggiunto) negli anni successivi all'introduzione della IPM (dal 70% al 100% dell'olio prodotto – dati OSCC 2015);

- maggiori profitti;
- sostenibilità del progetto nel tempo;
- maggiore stabilità economica dei soci.

L'adozione di una pratica innovativa da parte di una Cooperativa for-

CET, alcuni frantoi e tre associazioni di produttori), il modello "Canino" è stato esportato ad altre realtà olivicole della regione con effetto valanga, finché il Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali (MI-PAAF) e le associazioni di produttori hanno avviato diversi progetti in altre regioni basati sull'esperienza acquisita a Canino.

Conclusioni

Il progetto di Canino è un esempio di successo della collaborazione tra mondo scientifico e mondo produttivo. La valutazione *ex post* ha infatti evidenziato risultati manifestamente positivi ed evidenti ricadute in termini sia economici che ambientali e sociali.

Tuttavia, poiché nel disegno di progetto non è stato incluso nessun sistema idoneo al monitoraggio e alla valutazione sistematica dei risultati, la valutazione *ex post* qui presentata risulta carente soprattutto in alcuni aspetti quantitativi. Altro aspetto penalizzante è stato il lungo arco di tempo intercorso dall'inizio di progetto e la conseguente difficoltà di reperimento della letteratura grigia (per esempio documenti di progetto, progetto di ricerca e di protocollo, dati, relazioni ecc.).

Ciò nonostante, è possibile trarre alcune conclusioni. La curva di adozione della IPM ha un classico andamento ad *esse*, e corrisponde quindi alla regolarità empirica più consolidata nelle scienze sociali. I dati disponibili non permettono una analisi di dettaglio dei fattori che hanno favorito o rallentato l'adozione dell'IPM da parte degli olivicoltori, ma si può certo ritenere che i fattori economici (benefici, costi, rischio ed incertezza) abbiano giocato un ruolo assai importante.

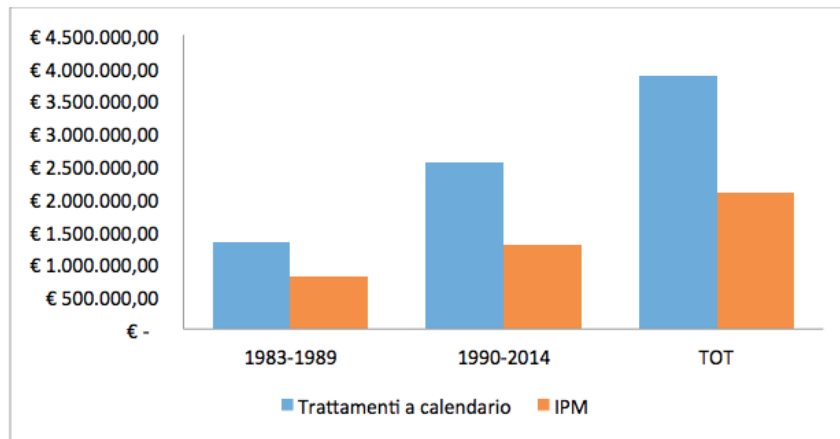


Fig. 7 Stime del costo medio annuo dei trattamenti a calendario e dei trattamenti Integrated Pest Management

Fonte: elaborazione dati presenti in [3] p. 16

E', tuttavia, indubbio che nel percorso di crescita economica intrapreso dalla OSCC, la IPM abbia contribuito al perseguimento dei seguenti, importanti obiettivi:

- miglioramento della qualità del prodotto finale;
- acquisizione del marchio D.O.P. (Denominazione di Origine Protetta) nel 1996;
- maggiore riconoscibilità del prodotto sul mercato;
- aumento delle vendite;
- aumento della vendita al minuto

temente radicata sul territorio ha avuto anche come effetto indiretto la diffusione di una nuova mentalità e di un nuovo approccio alla realtà produttiva, locale e non.

Un esempio in questa direzione può essere oggi l'attività della Cooperativa agricola "Colli Etruschi", frantoio nel vicino Comune di Blera (Viterbo), dove il Direttore, che all'epoca del progetto era tecnico dell'OSCC, ha esportato il metodo della lotta integrata.

Con il coinvolgimento della CO-PROVIT (Consorzio tra ENEA,

Altri fattori che possono aver favorito l'adozione della IPM sono la compatibilità con le pratiche in uso e le norme sociali dell'adottatore, la relativa semplicità dell'innovazione e l'osservabilità del vantaggio comparativo rispetto alle pratiche tradizionali di trattamento a calendario. Vanno considerati infine gli

ottimi canali di comunicazione predisposti dalla Cooperativa, il grado di connessione del sistema sociale nel quale erano collocati i potenziali adottatori e l'entusiasmo degli agenti che promuovevano l'adozione dell'innovazione, senza contare il disvalore associato con la non adesione al programma di IPM (spar-

gimento nell'ambiente di sostanze tossiche).

Queste valutazioni, unitamente a quelle presentate da Nichterlein e collaboratori su questa stessa rivista [1], offrono interessanti indicazioni per il disegno e la pianificazione di futuri progetti di ricerca ed innovazione in agricoltura.

BIBLIOGRAFIA

1. K. Nichterlein, A. Saley Moussa, A. Sonnino (2016), "Integrated Pest Management within the Agricultural Innovation Systems perspective – the case of IPM introduction in Canino area". *Energia, Ambiente, Innovazione*, 3
2. U. Cirio, C. Menna (1985), "Stato di avanzamento del programma di lotta integrata in olivicoltura nel territorio di Canino", *Atti WIV Congr. naz. Ital. Ent.*, Palermo, Erice, Bagheria, pp. 815-824
3. V. Baldacchini, U. Cirio (1988), "Progetto di lotta guidata in olivicoltura nel viterbese", RT, ENEA
4. U. Cirio, V. Baldacchini, A. Santella, S. Gazziano (1988), *Informatica in olivicoltura*, Lecce
5. A. Saley Moussa, K. Nichterlein, S. Fiorentino, M. Hani, A. Pizzaro (2016), "Integrated pest management in olive oil production in Canino, Italy". *IMPRESA WP3, Case Study Report*. FAO

Integrated Pest Management within the Agricultural Innovation Systems perspective – the case of IPM introduction in Canino's area

Introduction of Integrated Pest Management (IPM) in Canino's area (Italy), analyzed from an Agricultural Innovation System (AIS) perspective and focusing on the complementary roles of the innovation actors, their functional linkages, and the innovation impact pathway

DOI 10.12910/EAI2016-041

by **Karin Nichterlein, Abdoulaye Saley Moussa and Andrea Sonnino**

Integrated pest management (IPM) is an approach to crop production and protection that combines different management strategies and practices to grow healthy crops and minimize the use of pesticides. It involves the integration of appropriate measures that limit the development of pest populations and keep pesticides and other interventions to levels that are economically justified and reduce or abate risks to human health and the environment [1]. In

promoting IPM, the functional relationships of different components of the system, such as plants, soils, insects, fungi, animals and water, must be considered, as well as other aspects of the environment and economy. The introduction of IPM is likely to be effective if it is realized in terms of changes in tangible components, such as agronomic practices, as well as other intangible or abstract aspects, such as new forms of social organizations within the family, the

community, and/or the wider institutional environment (e.g. rules and regulations, new arrangements for provision of inputs, credits, market facilities, etc...). In other words, we need to adopt system thinking, which is a way of thinking of the whole – including abstract and tangible components and their interconnections.

Innovation, e.g. the introduction of IPM has in the past followed a top-down, supply-driven and linear ap-



proach of technology transfer, generated by research and hand over to extension services for transfer to farmers. Though the approach worked well (e.g. the green revolution), the main criticism was that research priorities identified by researchers do not necessarily match those of farmers, and technologies/recommendations developed failed to capture the diversity of farm households circumstances. The process was linear with very little involvement of other actors such as extension, development practitioners etc. in problem diagnosis and participatory development of technologies. With the increasing role of agriculture to feed the world population and the need for sustainable food systems in the context of economic globalization, climate change, financial markets instability, reduc-

ing public and private investments in research and development, the need to consider farmers as partners in research and development, the agricultural innovation system (AIS) approach has been proposed as a promising tool to understand and support processes underlying innovation, knowledge exchange and transformation of agriculture and food sectors [2].

This paper investigates the introduction of IPM in Canino's area (Italy) as described by Fadanelli in this issue of *Energia, Ambiente e Innovazione* [3] from an AIS perspective focusing on the roles of the innovation actors and the innovation impact pathway.

Agricultural innovation and agricultural innovation systems

Agricultural innovation is defined

as the process whereby individuals or organizations bring existing or new products, processes and forms of organization into social and economic use to increase effectiveness, competitiveness, resilience to shocks or environmental sustainability, thereby contributing to food and nutritional security, economic development and sustainable natural resource management.

Agricultural innovation systems (AIS), defined as "network of actors or organizations and individuals together with supporting institutions and policies in the agricultural and related sectors that bring existing or new products, processes, and forms of organization into social and economic use", have been proposed to respond to the complex and wicked challenges emerged. Policies and institutions (formal and informal)

Actor	Role in AIS
Family farmers	Creating, testing and adapting new practices to field conditions; adopt innovative practices to increase agricultural productivity and market access and deal with the connected risks.
Farmer organisations and cooperatives	Represent family farmers (needs, opportunities, interests) in value chains and/or in policy arenas; brokerage of knowledge between farmers and other actors; facilitating access to agricultural inputs, credit and markets; represent family farmers' interests in agricultural research and extension agenda setting.
Advisory services (both private, non-governmental and public)	Brokerage of knowledge and practices between farmers and other actors; bringing new knowledge to farmers and other local actors; developing networks and supporting organisation of producers; facilitating access to knowledge, credit, inputs and output services; promoting gender equality; managing conflicts on resource access.
Agro-dealers	Providing (new) agricultural inputs; providing technical assistance; identifying, piloting and mainstreaming new market opportunities.
Agro-food processors, buyers	Providing (new) output markets; defining quality standards of agricultural products; developing and applying technologies; identifying, piloting and mainstreaming new market opportunities.
Researchers	Identifying the farmers' needs and priorities; identifying innovation opportunities; developing and improving technologies, practices and processes; (Joint) Testing of locally developed (indigenous) technologies and processes; documenting the way new practices and technologies are adapted and further innovated with (for both men and women, poor and rich), to feed into other agricultural research efforts and policy decisions; assessing the socio-economic and environmental impact of innovations.
Tertiary education institutes	Education and training of professionals in the agricultural sector.
Policy makers	Creation of an enabling environment and public sector that accommodates innovation; provide incentives to innovate and collaborate; enabling networks and partnerships.

Tab. 1 Roles of a number of actors in AIS (modified from [4])

shape the way that these actors interact, generate, share and use knowledge as well as jointly learn [4].

With its emphasis on the interaction among multiple actors, AIS thinking aims to understand the contribution (knowledge and skills) of different actors, and the quality of interaction among them. The roles of conventional actors (research and extension) in agricultural development are no longer considered the sole drivers, initiators or owners of the process of agricultural innovation. While they play important roles in an agricultural innovation process, their services

have to be considered in relation to the roles of other actors (see Table 1) [5]. AIS approach emphasizes that agricultural innovation is not just about new technologies but also about institutional change [2].

Canino's case study

Overview

The integrated pest management project was initiated in 1979 by the Italian National Agency for New technologies, Energy and Sustainable Economic Development (ENEA) upon the request of Oleificio Sociale

Cooperativo di Canino (OSCC), an olive grower's cooperative founded in 1965. Prior to the project, pest control in olive groves has relied mainly on chemical pesticides often applied by aerial spraying. Estimates indicate that in the 1970s and 1980s large quantities of pesticides were used each year on olive production in the Province of Viterbo (central Italy) [5], representing ca. 27% of all pesticides used in agriculture in the province [6]. In Canino, control of the main olive pests *Dacus oleae*, *Prays oleae*, *Saissetia oleae* and *Cyloconium oleaginum* was done by

Actors	Role
1st phase	
ENEA	Research body, funding and management of the project
ERSAL	Technical body, field monitoring and personnel training
OSCC	Facilitator, beneficiary, mobilization of olive growers, support to research and advisory services
2nd phase	
ENEA, ERSAL and OSCC	Same roles as above
CET (Cooperativa Energia e Territorio)	Develop the decision-support system
	Weather monitoring
	Information sharing
Stazione Sperimentale Olii e Grassi di Milano	Additional laboratory analysis for quality
Osservatorio per le malattie delle piante	Additional laboratory analysis for pests
Media	Information sharing
3rd phase	
COPROVIT (Consortium between ENEA, CET, another oil mill and 3 producers' associations)	Knowledge sharing on IPM and diffusion
Ministry of Agriculture	Policy guidance, regulation and national diffusion
CCIAA (Chamber of Commerce of Viterbo)	Control for PDO certification

Tab. 2 Actors and their roles in the IPM research project in Canino [8]

6-7 insecticide sprays and 2 fungicide treatments per year (calendar-based pest control) [7]. Further, olive growers were experiencing pesticide resistance and persistent secondary infection of sooty mold. The control of these pests was critical to sustain olive production in Canino.

The objectives of the project funded by the Italian government through the Ministry of Agriculture and implemented by ENEA in collaboration with OSCC and the Regional Agency for Agricultural Development in Lazio (ERSAL, now ARSIAL) were to:

- Develop less polluting pest management techniques;
- Apply IPM in Canino's territory;
- Demonstrate the economic and environmental advantages of IPM;

- Adding value to the olive oil produced in the area;
- Validate the territory approach to improve the production system and outscale innovation [3].

IPM main actors and roles

The project involved five main actors: ENEA, OSCC, ERSAL (now ARSIAL), Cooperativa Energia e Territorio (CET) and the Municipality of Canino. Their roles and responsibilities varied during the lifetime of the research program. Three out of these actors were the main forerunners of the IPM project (phase 1): ENEA, ERSAL and OSCC. During project implementation other actors joined the process (phases 2 and 3) playing various roles in support of the project (Table 2).

Impacts of IPM research

Using participatory approaches (interview, meetings, farm visits), and building on the comprehensive analysis of the IPM project in the context of the IMPRESA project, the following outcomes/impacts were reported [5, 8]:

- Direct result: after 4 years of testing and adoption, more than 11,000 ha were treated with IPM.
- Normative aspects: IPM became mandatory to all cooperative members and included in Protected Designation of Origin (PDO) protocol;
- Spill-over effects:
 - IPM was the starter of a virtuous circle of innovation and economic progress for the

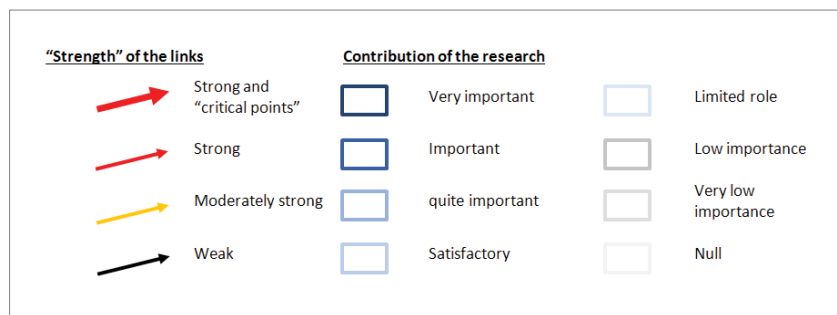
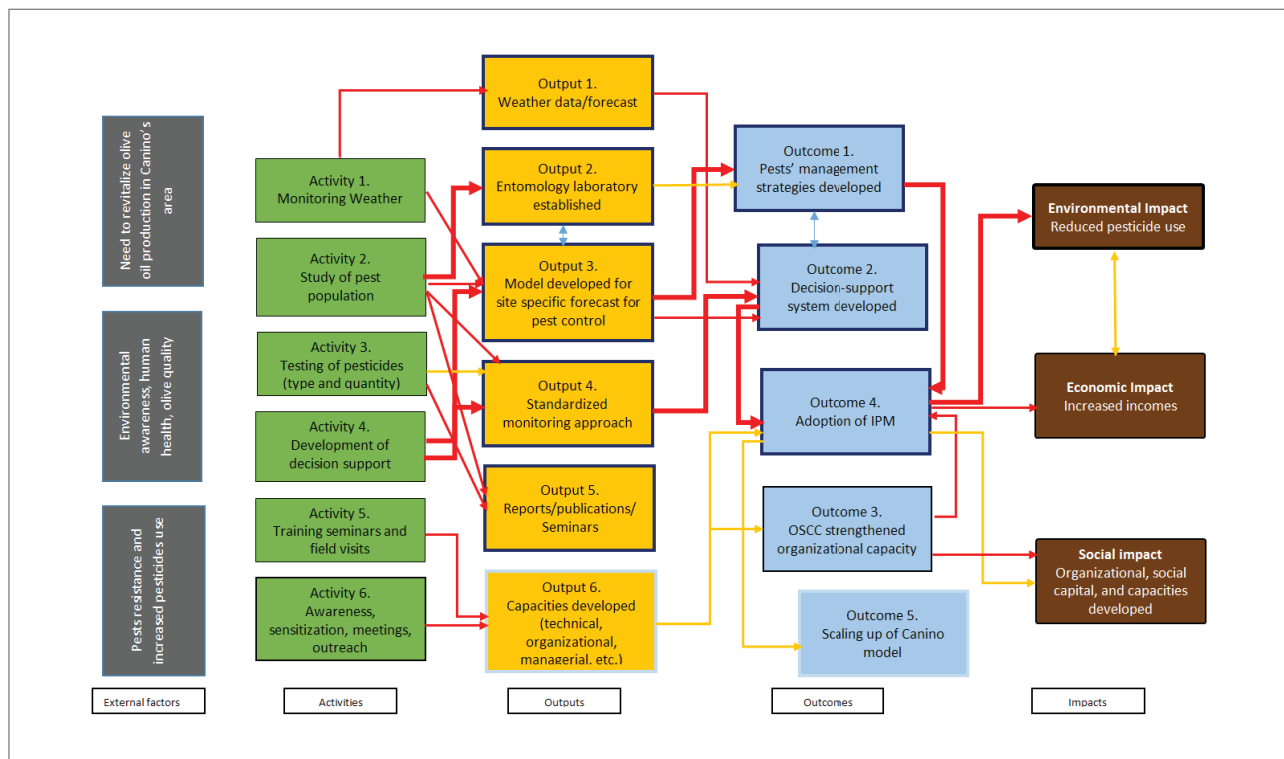


Fig 1 Impact pathways of IPM in Canino [9]

Impact pathway

Figure 1 shows a graphical presentation of the impacts of the introduction and adoption of IPM in Canino. The legend of the figure is given below.

Role and influence of the various actors on the olive IPM innovation systems

Using the agricultural innovation system approach lens, results from the IPM analysis in Canino revealed that the roles of the innovation actors involved overlapped during the lifetime of the project. The figure below summarizes the roles of the innovation actors. Some actors undertook research, were involved in training activities and served as bridging institutions to producers, while the

- farmers and the cooperative;
- The "Canino IPM model" was spread within the province of Viterbo and in 14 other regions in Italy;
- Economic impact: higher income for olive growers due to:
 - lower production cost because of reduced insecticide use;
 - higher price on national and international markets, as a consequence of higher olive

- oil quality. Increased oil price, price of olives paid to farmers has increased as well.
- Environmental impact: Significant reduction of the quantities of chemicals used;
- Social impact: strengthening of the cooperative capacity and its role, improved organizational, managerial and marketing capacities, collective action and technical capacities increased.

cooperative was both involved in agribusiness but also served as facilitator between farmers and research (Figure 2).

Research and training components of IPM innovation systems in Canino's area were mainly undertaken by ENEA, ERSAL and to a lesser extent CET. The research focused on a) the study of the population dynamics of major pests in different microclimates (ENEA and ERSAL), and b) the development of a model to predict insect population and to establish thresholds for treatment (CET). Two external laboratories, Osservatorio delle Malattie delle Piante della Regione Lazio (Plant Pest Observatory of Lazio Region) and Stazione Sperimentale Olii e Grassi di Milano (Experimental Station of Oils and Fats in Milan) contributed to the research by studying the behaviour of pests populations and analysing olive composition and quality before and after the application of IPM, respectively.

Research played a critical role in *facilitating and brokering* the partnership between the various actors at the onset of the project. Analysing the impacts of this project, the following crucial points were identified as key milestones that led to its success:

- A first critical point was the initiation of the study of the insect population dynamics to provide information on their biology and reproductive cycle as well as their harmful effects on olive trees. The aim was to develop research-based solutions to the challenges faced with increasing quantities of pesticides used in the area. For example, the research carried out evidenced that the overuse of pesticides favoured the develop-

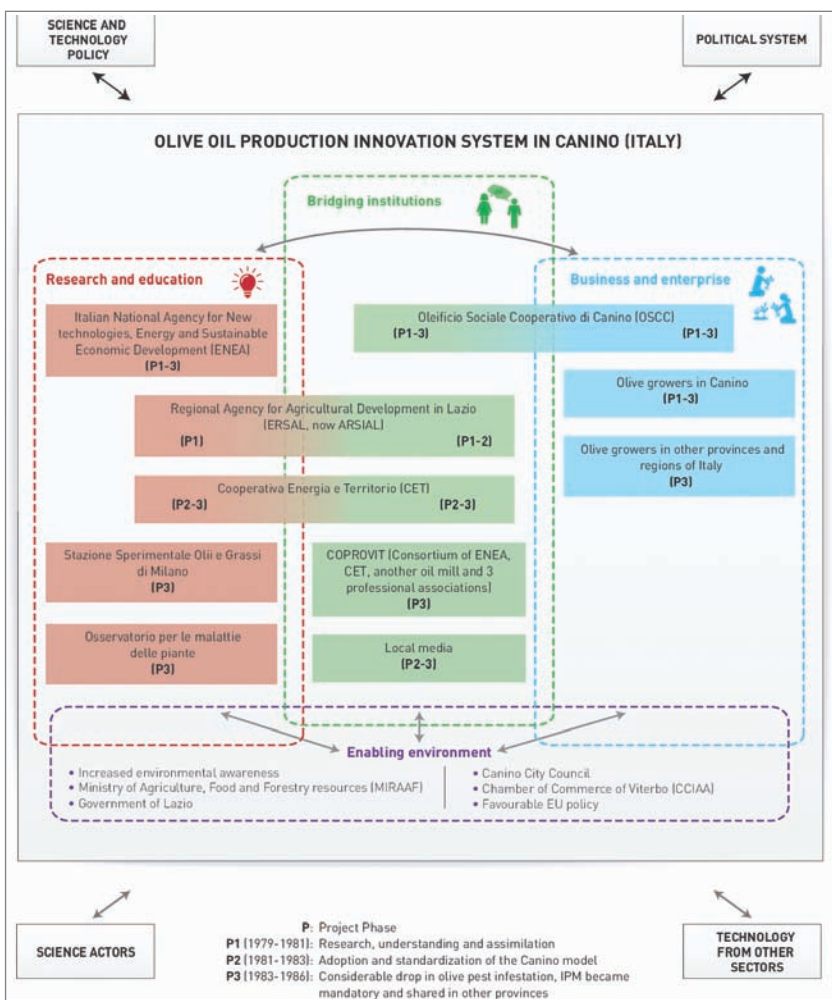


Fig. 2 Olive oil production innovation system in Canino (Italy)

ment of the sooty mold caused by *Saissetia oleae* but did not reduce the real attack to the olive trees caused mainly by *Bactrocera oleae*. For this reason, the research was fundamental to know when and how to apply the pesticides treatments.

- A second critical point was the development by CET of a model for forecasting insect populations and to establish thresholds for treatment. ERSAL collaboration was needed for the analysis of the entire dataset and its relationship

with the stage of development of the insects. Alongside the study of insect population dynamics, the CET model allowed farmers to better understand and link the application of pesticides to the thresholds resulting from the modelling.

- A third critical point was the tripartite partnership between OSCC, ENEA and ERSAL at the onset of the project. ENEA and ERSAL worked together in conducting the surveys. This was a very critical factor that enabled

the testing and adoption of IPM by olive growers and at such a large scale that would have not been possible without the full partnership with OSCC.

- A fourth crucial point was the role played by ENEA and ERSAL in developing the capacities of OSCC and farmers for IPM application. Technicians and olive growers were trained on IPM principles, as well as involved through participatory research in monitoring and studying insect dynamics.

OSCC was crucial for the initiation of the research because it established contact with ENEA and demanded solutions for the overuse of pesticides in olive cultivation in Canino. OSCC facilitated linkages between research and olive growers, supported the on-farm research, provided technicians for monitoring of pest infestation and established laboratory facilities for regular pest monitoring close to farmers' fields with support by ENEA and ERSAL. These measures facilitated a fast IPM adoption in Canino.

COPROVIT (Consortium between ENEA, CET, another oil mill and 3 producers' associations) was the mechanism in the last phase of the project to share experiences and to roll out the IPM olive cultivation to other communities in Lazio and other olive oil producing regions in Italy. Until 1992, a part from Lazio, regional projects in IPM in olive cultivation were initiated in Tuscany, Umbria, Puglia and Calabria later also the other olive producing regions. The Local media also played a role in awareness raising and information sharing on IPM facilitating its adoption.

A number of factors and policies

provided an enabling environment for the IPM innovation systems in Canino. The public opinion was supporting adoption of eco-friendly practices that reduce the environmental footprint of agricultural production and improve food safety and quality. The political commitment towards more sustainable food production systems allowed to achieve the necessary funds and the active involvement of public organizations (ENEA and ERSAL). Farmers in Canino follow a long tradition of olive cultivation. OSCC was established in 1965, by olive producers and, since then, the Cooperative ensures a social context favourable to collective action, including common reflection and shared learning. At the time the project started almost 900 olive producers were members of the OSCC. A small group of innovative risk takers (5 out of 897) joined the IPM project in '80/81 and agreed to on-farm research. Their participation in the research process was essential for establishing the systems and to create trust between the late adopters. Convinced by seeing the positive effect of using IPM by the early adopters ("seeing is believing"), many other farmers joined. Within only 5 years of the introduction of IPM, 904 out of 926 members of the cooperative collectively adopted IPM [6].

Conclusions

The introduction of IPM in Canino's area yielded some expected and unexpected economic, environmental and social impacts. However, impact evaluation was not included in the project design and no systematic monitoring and evaluation

system was established at the onset of the project to continuously document, assess and adequately report on achieved results. Impact evaluation is therefore hampered by scarcity and unreliability of available data [8].

Nevertheless, some lessons can be drawn from the experience in Canino. The adoption of IPM was instrumental in increasing olive productivity, reducing pesticide overuse and enhancing olive growers' income. Some factors seem to have played a key role for the success of the project and sustainability of its results, including:

1. The project was demand-driven (initiated by OSCC) and adopted a participatory approach of on-farm research and benefitted from an enabling context;
2. the cooperative was involved as a full partner from the very early stages of research planning and implementation;
3. the cooperative played the important role of actual owner of the results of the project and this was one of the main elements that contributed to the relevance, uptake and continuity of the results;
4. the initiation and implementation of the research project involved a wide network of actors with partnerships developed throughout all the project phases;
5. the different actors of the network played complementary roles;
6. the research organizations played a pivotal role not only in producing the required knowledge and technology, but also in brokering linkages between the different actors and ensuring leadership and accountability;
7. the project combined research

activities, advisory services and training for olive growers and cooperative staff in order to ensure sustainability at the end of the project;

8. the positive effects obtained after only few years of experiments generated a snowball effect of rapid spread of IPM application within the province of Viterbo and elsewhere. Lack of data does

not allow to evaluate breadth, speed and scale of adoption.

In conclusion, the IPM research in Canino was conducted with a wide range of actors including research, advisory services, producer cooperatives and the private sector in a favourable policy environment facilitating the fast and wide adoption of IPM. The IPM innovation pro-

cess was dynamic (actors and roles changing in various stages of the project), collaborative with actors open to learn, adapt and building trust. Actors with different experiences and roles were able by working together, joint learning and reflection to co-create new knowledge that led to social, economic and environmental impacts of the IPM research.

REFERENCES

1. FAO 2010. *International Code of Conduct on the Distribution and Use of Pesticides Guidance on Pest and Pesticide Management Policy Development*. 39 pp
2. Klerkx, L, Aarts N and Leeuwis C., 2010. Adaptive management in agricultural innovation systems: the interactions between innovation networks and their environment. *Agricultural Systems* 103: 390-400
3. Fadanelli F. (2016) Introduzione del controllo integrato dei parassiti nel comprensorio olivicolo di Canino: valutazione dell'impatto sociale ed economico. *Energia, Ambiente, Innovazione*, 3/2016
4. Tropical Agriculture Platform (2016) *Common Framework on Capacity Development for Agricultural Innovation Systems. Conceptual background*. CAB International, Wallingford, UK. <http://www.cabi.org/Uploads/CABI/about-us/4.8.5-other-business-policies-and-strategies/tap-conceptual-background.pdf>
5. Cirio et al. (1985) *Aspetti tecnici ed economici dell'olivicoltura viterbese*, ENEA and UNITUS
6. Baldacchini V., Cirio U. (1988) *Progetto di lotta guidata in olivicoltura nel viterbese*, ENEA
7. Cirio U., Menna P. (1985) Progress on integrated pest management for olive groves in the Canino area, extract from "Integrated pest control in olive groves, CEC, FAO, IOBC International Joint Meeting, Pisa, 3-6 April 1984"
8. Saley Moussa, A., Nichterlein, K., Fiorentino, S., Hani, M., Pizzaro, A. (2016). Integrated pest management in olive oil production in Canino, Italy. IMPRESA WP3, Case Study Report

Programmi di difesa integrata delle colture: l'uso di resistenza genetica agli insetti

Sin dagli albori dell'agricoltura l'uomo ha studiato come le piante coltivate si difendono dagli insetti erbivori e ha utilizzato i meccanismi di difesa naturale per proteggere le colture e preservare i raccolti. Il rapido avanzamento scientifico ha messo a disposizione conoscenze più approfondite e permette oggi di sviluppare tecnologie di difesa basate su caratteristiche ereditabili delle piante coltivate. Quest'articolo si propone di descrivere brevemente le strategie fin qui sviluppate e di discuterne l'impatto e le potenzialità di applicazione

DOI 10.12910/EAI2016-042

di **Andrea Sonnino**, ENEA

Approssimativamente la metà di tutti gli insetti esistenti (circa dieci trilioni di individui appartenenti a un milione di specie descritte e a molte altre ancora sconosciute) sono erbivori. Le piante hanno quindi elaborato sofisticate strategie di difesa che permettono loro di convivere con gli insetti erbivori e di assicurare la continuità delle specie. Sin dagli albori dell'agricoltura, l'uomo ha studiato i meccanismi di resistenza ai fitofagi delle piante coltivate e li ha utilizzati

per difendere le colture e preservare i raccolti. La più spettacolare applicazione della resistenza ad insetti dannosi è quella che è stata attuata nella seconda metà del XIX secolo per preservare le viti coltivate dall'attacco della fillossera (*Daktulosphaira vitifoliae* Fitch), un insetto devastante introdotto dall'America. L'innesto su portainnesti resistenti ha rivoluzionato l'intera viticoltura europea ed ha trasformato una terribile piaga in un insetto pressoché innocuo. Il rapido avanzamento scientifico ha

messo a disposizione conoscenze più approfondite e permette oggi di sviluppare tecnologie di difesa basate su caratteristiche ereditabili delle piante coltivate. Questo articolo si propone di descrivere brevemente le strategie fin qui sviluppate e di discuterne l'impatto e le potenzialità di applicazione.

Meccanismi di resistenza a insetti fitofagi

I meccanismi sviluppati dalle piante per difendersi dagli insetti fitofagi



sono di varia natura (Tabella 1) [1]. Alcune piante hanno evoluto caratteristiche morfologiche, che costituiscono barriere fisiche nei confronti degli insetti erbivori e impediscono loro l'alimentazione e/o la ovideposizione. Altre piante hanno adottato meccanismi di difesa biochimica, atti ad alterare il comportamento dei fitofagi o ad interferire con il loro ciclo vitale. La mancata produzione di composti volatili attrattivi, per esempio, può interferire sul riconoscimento dell'ospite da parte del fitofago. Alcune specie vegetali hanno sviluppato la capacità di mimare la semiologia usata dagli insetti per comunicare tra loro. Il b-farnesene, prodotto da molte piante, tra cui alcune specie selvatiche di *Solanum*, è usato come segnale di pericolo dagli afidi.

In altri casi le piante producono composti tossici per gli insetti infestanti, e ne riducono quindi la densità di popolazione (Tabella 2). La lista delle sostanze tossiche presenti nelle piante coltivate è comunque molto più lunga [2]. Alcune specie, per esempio la cassava (*Manihot esculenta*) hanno sviluppato un meccanismo assai sofisticato, per cui la rottura delle membrane cellulari provocata dai morsi di un erbivoro libera

una sostanza non tossica presente nelle cellule (linamarina), che solo quando entra in contatto con enzimi presente negli spazi intercellulari (linamarasi) dà luogo a composti (cianuri) tossici per l'insetto aggressore. Ovviamente gli insetti hanno a loro volta sviluppato meccanismi di varia natura per neutralizzare le difese delle piante e poter quindi continuare ad alimentarsi e a riprodursi. Il risultato di questo lento processo di coevoluzione è che molte piante sono resistenti a quasi tutti gli insetti, meno che a poche specie specializzate, che sono in grado di contrastarne i meccanismi di resistenza.

Il processo di domesticazione e la selezione operata dagli agricoltori sulle piante coltivate ha sviluppato varietà con ridotte barriere fisiche, in modo da facilitare la raccolta e la manipolazione del prodotto, e con minore produzione di sostanze tossiche, in modo da ridurne gli effetti negativi per l'alimentazione umana. In molti casi, quindi, le varietà coltivate, sia quelle tradizionali che quelle moderne, hanno dei meccanismi di difesa ridotti rispetto ai loro ancestrali selvatici.

La tolleranza consiste nella capacità di cui sono dotate alcune specie vegetali di convivere con l'infestazione

di fitofagi senza subire danni significativi alle loro maggiori funzioni, e quindi senza significative perdite di produzione. Vi sono inoltre resistenze ambientali, che le piante esercitano consociandosi ad altre piante non gradite agli insetti, o sviluppandosi in epoche non favorevoli agli insetti erbivori, o attraendo insetti predatori o parassiti dei fitofagi [3]. Altre specie vegetali infine combinano diversi meccanismi di resistenza, come, per esempio, *Solanum berthaultii* che ha sviluppato un sofisticatissimo sistema di tricomi ghiandolari che oppongono barriere sia fisiche che chimiche agli insetti che cercano di alimentarsi delle sue foglie [4].

Miglioramento genetico per resistenza ai fitofagi

Sono note numerose fonti di resistenza genetica agli insetti fitofagi, sia nel pool genetico di molte specie coltivate che tra i loro parenti selvatici. In molti casi queste resistenze genetiche sono sotto controllo monogenico o di pochi geni, e sono quindi facilmente trasferibili alle varietà coltivate mediante tecniche classiche di incrocio, reinrocio e selezione.

Oltre alla fillossera della vite, cui si è accennato nell'introduzione, programmi di miglioramento genetico per resistenza a insetti erbivori sono stati sviluppati con successo per molte altre piante coltivate, come per esempio le varietà di frumento resistenti a cecidomia (*Mayetiola destructor*), ottenute nella prima metà del secolo scorso negli Stati Uniti. La comparsa di biotipi capaci di superare la resistenza alla cecidomia ha costituito un caso paradigmatico del rapporto pianta/insetto e ha costretto ad adottare strategie innovative di miglioramento genetico. Altri casi di successo di controllo di insetti noci-

Tipo di difesa	Modo di espressione	Modo di azione	Effetti sugli insetti
Fisica	Costitutiva	Barriere fisiche (spine, tricomi, cere, cuticole, forma della foglia, architettura della pianta etc.)	Esclusione
Biochimica	Costitutiva	Non preferenza (produzione di allomoni o assenza di kairomoni)	Modifica del comportamento (Orientamento, riconoscimento, ovedeposizione, alimentazione)
	Costitutiva o indotta da ferite	Antibiosi	Riduzione della popolazione (Crescita rallentata, incapacità di metamorfosi, diminuzione della fecondità, mortalità)
Tolleranza	Costitutiva	Capacità di contenere o riparare i danni senza conseguenze significative	Nessuno
Ecologica	Determinata da condizioni ambientali	Difesa indiretta (sfasamento di ciclo, consociazione con altre piante, reclutamento di predatori etc.)	Nessun effetto diretto
Composta	Vario	Combinazione di meccanismi chimici, fisici e altri	Vari

Tab. 1 Meccanismi di difesa da insetti fitofagi e loro caratteristiche
Fonte: vedi [1]

vi mediante resistenza genetica della pianta ospite riguardano le coppie melo – *Eriosoma lanigerum* – e riso – *Nilaparvata lugens*. È però innegabile che i successi ottenuti dal miglioramento genetico in questo campo siano meno numerosi e abbiano avuto impatto inferiore a quelli ottenuti con altre finalità, quali la produttività, il miglioramento nutrizionale e la resistenza a fitopatie batteriche, fungine e virali.

Proviamo a discutere brevemente le ragioni di questa situazione:

1. La disponibilità di insetticidi offre spesso una strategia di controllo efficace e a basso costo, almeno nel breve periodo: la necessità di trovare metodi di controllo meno aggressivi nei riguardi dell'ambiente non ha sempre rappresentato uno stimolo sufficiente per l'investimento delle risorse ne-

cessarie allo sviluppo di varietà geneticamente resistenti.

2. La laboriosità, e quindi il costo, della selezione per resistenza, che richiede spesso di allevare in laboratorio l'insetto nocivo; inoltre le prove sono in alcuni casi poco riproducibili, dato che gli insetti allevati in cattività possono avere modificato alcuni comportamenti rispetto ai loro simili selvatici.
3. Alcuni meccanismi di resistenza agli insetti nocivi sono negativi anche per l'uomo, sia perché rendono più difficile o più penosa la coltivazione (come per esempio la presenza di spine o di tricomi urticanti), o perché rendono il prodotto meno appetibile per il consumo (come per esempio la presenza di sostanze tossiche anche per gli animali superiori, o di fattori anti-nutrizionali, o di sapori sgradevoli); l'esempio più famoso è quello

della varietà di patata "Lenape", ottenuta nel 1967 incrociando la patata coltivata (*Solanum tuberosum*) con la specie selvatica *S. chacoense* e ritirata dopo poco dal commercio perché causa di nausea, vomito e altri disturbi gastrici fra coloro che consumavano i tuberi.

4. Molti meccanismi di resistenza sono facilmente superati dall'insorgenza di nuovi biotipi dell'insetto fitofago; il già citato caso della cecidomia del frumento è un ottimo esempio di questo fenomeno.

I recenti avanzamenti delle conoscenze biologiche e delle tecnologie da esse derivate permettono di attenuare queste limitazioni. La possibilità di adottare tecniche di selezione assistita può permettere per esempio di evitare o almeno di ridurre le prove di antibiosi con insetti, una volta che si sia identificato il gene (o i

Composti con attività insetticida	Alcune piante che li producono
Caffeina	Varie
Nicotina	Solanacee
Solanina	Solanacee
Capsaicina	Solanacee
Lectine	Solanacee
2-4-diidrossi-7metossi-1,4-benzossazin-3-one (DIMBOA)	Cereali
Furocumarine	Agrumi e ombrellifere
Glicosidi cianogenici	Cassava
Latirogeni	Cicerchia e veccia
Formaldeide	Pere
Inibitori delle proteasi	Leguminose
β -Farnesene	Ubiquitario
Lattice	Euforbiacee
Glucosinolati	Brassicacee (colza)

Tab. 2 Alcuni composti chimici che conferiscono resistenza agli insetti prodotti dalle piante
Fonte: vedi [2]

geni) responsabili della resistenza e i suoi (loro) marcatori molecolari. I geni di resistenza che codificano per la biosintesi di sostanze tossiche o comunque sgradevoli per l'uomo possono essere utilizzati sotto il controllo di promotori sito-specifici e fatti esprimere solo nelle parti non edibili della pianta.

Gli Organismi Geneticamente Modificati (OGM) resistenti agli insetti

L'ingegneria genetica ha aperto nuove prospettive per lo sviluppo di varietà resistenti agli insetti fitofagi. Nello scorso ventennio sono state sviluppate, approvate dai sistemi nazionali di biosicurezza e commercializzate numerose cultivar di alcune specie agrarie in cui è stato trasferito un gene (o più geni) di resistenza agli insetti derivato dal *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) [5]. Questo microrganismo produce una classe

di endotossine composte da una proteina cristallina (*Cry*) con proprietà insetticide altamente selettive. Per esempio *Cry1* e *Cry2* sono tossiche per le larve di lepidottero, *Cry2A* per lepidotteri e ditteri e *Cry3* per le larve di coleottero. Queste proteine agiscono solo in ambiente basico e hanno bisogno di recettori specifici, per cui sono attive negli apparati gastrici di alcuni insetti, ma sono innocue per gli animali superiori, compresi gli uomini. In realtà, i geni introdotti nelle piante coltivate non sono i geni batterici tal quali, ma sono stati troncati e mutagenizzati per migliorarne il livello di espressione nelle piante ospiti.

La Tabella 3 riporta un elenco di eventi approvati per la commercializzazione in almeno un paese. Non tutti gli eventi approvati sono poi stati coltivati e commercializzati: per esempio le varietà di patata resistenti alla dorifora (*Leptinotarsa decemlineata*) sono state impiegate per

alcuni anni negli Stati Uniti e poi ritirate dal commercio [6], mentre le varietà di riso resistenti ai lepidotteri non sono ancora state rilasciate per usi commerciali. Sono state ottenute e validate anche altre varietà di ulteriori specie, ma per motivi differenti non sono state sottoposte al processo di autorizzazione ufficiale e non sono quindi uscite dallo stadio sperimentale.

Il rilascio delle varietà GM resistenti agli insetti è stato accompagnato sin dall'inizio da una furiosa polemica tra sostenitori entusiasti ed oppositori irriducibili, polemica che non accenna a diminuire a distanza di oltre vent'anni [7]. Entrare in questa polemica esula dagli scopi di questo articolo, ma sembra opportuno svolgere alcune considerazioni critiche. È difficile negare che l'introduzione delle varietà GM resistenti agli insetti abbia portato dei benefici: in vaste aree del mondo gli agricoltori, soprattutto piccoli agricoltori, hanno

Specie	Numero eventi approvati	Geni trasferiti	Efficacia della resistenza
Cotone (<i>Gossypium hirsutum</i> L.)	35	Cry1F; Cry1F+Cry1Ac; Cry1Ac; vip3A(a); Cry1Ab+vip3A(a); vip3A(a)+Cry1Ac+ Cry2Ab; Cry1Ab; Cry1Ab-Ac; Cry1Ae; Cry1Ac+Cry2Ab2; Cry1Ab+ Cry1Ae; Cry1C; Cry1A	Lepidotteri
Melanzana (<i>Solanum melongena</i>)	1	Cry1C	Lepidotteri
Mais (<i>Zea Mays</i> L.)	74	Cry1Ab; Cry1Ac; Cry1F; Cry1Fa2; vip3A20; mocry1f; Cry2Ae+ Cry1A+vip3A20; Cry1Ab+vip3A20+cry1Fa2; Cry1Ab+cry1Fa2; Cry9c; Cry2Ab2+Cry1A.105; Cry1Fa2+cry1Ab; Cry1Fa2+cry1Ab+vip3Aa20	Lepidotteri
		eCry3.1Ab+mCry3A; Cry1F+ Cry34Ab1; Cry1A.105+cry2Ab2+cry3Bb1; Cry1Fa2+cry2Ab2+cry35Ab1+cry34Ab1+CA.105; Cry1Ab+cry1F+cry34Ab1+cry35Ab1; Cry1Fa2+Cry1Ab+cry1F+cry34Ab1+cry35Ab1+cry1Ab; Cry1F2+mCry3A	Lepidotteri + coleotteri
		eCry3.1Ab+mCry3A+Cry1Ab+cry1Fa2; eCry3.1Ab+mCry3A+Cry1Ab+cry1Fa2+vip3Aa20; Cry1Ab+cry3Bb1; eCry3.1Ab+mCry3A	Lepidotteri + coleotteri + altri
		cry34Ab1+cry35Ab1; mCry3A; cry3Bb1	Coleotteri
Patata (<i>Solanum tuberosum</i> L.)	20	Cry3A	Coleotteri
Pioppo (<i>Populus</i> Sp.)	2	Cry1Ac	Lepidotteri
		Cry1Ac+API	Lepidotteri + altri
Pomodoro (<i>Lycopersicon esculentum</i>)	1	Cry1Ac	Lepidotteri
Riso (<i>Oryza sativa</i> L.)	3	Cry1A.105; Cry1Ab+ Cry1Ac	Lepidotteri
Soia (<i>Glycine max</i> L.)	4	Cry1Ac+ Cry2F	Lepidotteri

Tab. 3 Geni Bt (*Bacillus thuringiensis*) trasferiti a piante coltivate e efficacia della resistenza da loro conferita
Fonte: banca dati ISAAA

potuto limitare i danni arrecati da alcuni insetti fitofagi riducendo allo stesso tempo l'uso di insetticidi, con vantaggi economici e ambientali e minori danni alla loro salute. Gli effetti sulla produttività e sul risultato economico delle colture, soprattutto di mais e cotone, sono generalmente positivi, anche se la relativa letteratura scientifica è a volte contraddittoria e i dati non sempre comparabili tra loro. La coltivazione di varietà GM resistenti ad alcuni insetti ha contribuito ad abbassarne il livello di infestazione in alcune aree, con bene-

fici anche per gli agricoltori che non hanno utilizzato le cultivar resistenti. L'efficacia di lungo termine della resistenza conferita da geni Bt è minacciata dall'insorgenza di mutanti di insetti resistenti alla tossina del Bt. All'inizio si è cercato di prevenire questo fenomeno adottando aree rifugio, aree cioè coltivate con varietà tradizionali prive di resistenza, al fine di ridurre la pressione selettiva sugli insetti che si intendeva controllare. Nonostante questa precauzione, lo sviluppo di insetti resistenti alla tossina Bt è stato segnalato in più aree di coltivazione

delle piante transgeniche, con effetti pratici di portata variabile. Come riportato nella Tabella 3, la strategia adottata per prevenire lo sviluppo di insetti resistenti al Bt è oggi quella di inserire in una stessa varietà più geni codificanti per tossine Bt. I recenti sviluppi della proteomica permettono infatti di identificare nuove tossine e di accumulare geni in un singolo genotipo. Le probabilità di sviluppo negli insetti di resistenze alle tossine viene così drasticamente ridotta. La resistenza conferita dalle tossine Bt è comunque specifica per

un certo numero di specie o per un ordine di insetti, come già ricordato. Il controllo di alcuni parassiti primari ha in qualche caso permesso ad altri insetti fitofagi, normalmente parassiti secondari, o addirittura ad insetti che normalmente non sono parassiti della specie coltivata, di occupare la nicchia lasciata libera dai parassiti primari, e di accrescere la loro nocività.

Conclusioni

Si può concludere che le resistenze genetiche agli insetti fitofagi, sia se derivate da tecniche tradizionali come l'innesto su piede resistente o incrocio con specie resistenti e selezione, sia se ottenute mediante moderne tecniche di ingegneria genetica, hanno in genere portato benefici agli agricoltori ed ai con-

sumatori. Le complesse interazioni tra piante ospiti ed insetti parassiti, solo parzialmente comprese, non hanno però permesso di ottenere vittorie totali e definitive, come si era inizialmente sperato, ma ha segnato tappe che necessitano continua attenzione ed ulteriore lavoro. La continua comparsa di biotipi che superano le resistenze genetiche costringe i genetisti alla condizione della Regina Rossa di *Attraverso lo specchio e quel che Alice vi trovò*, che era obbligata a correre in continuazione per restare nella stessa posizione [8].

L'esperienza acquisita indica comunque che le resistenze genetiche non possono essere considerate come strumenti definitivi di lotta agli insetti fitofagi, ma che possono espletare la loro efficacia solo se affiancate da altri strumenti fitoiatrici comple-

mentari nel quadro di strategie integrate di controllo.

Il lavoro di miglioramento genetico sin qui svolto è focalizzato sull'ottenimento di varietà resistenti ai parassiti attraverso meccanismi di antibiosi, utilizzando cioè la logica della produzione di insetticidi endofiti per sostituire la applicazione di insetticidi chimici. Questo articolo ha cercato di mettere in evidenza alcuni dei limiti di questo approccio. L'avanzamento delle conoscenze sul complesso rapporto pianta-parassita e l'adozione di approcci sistemici dovrebbero permettere ora di sviluppare resistenze basate su meccanismi di antixenosi, di cercare cioè di interferire sul comportamento degli insetti nocivi piuttosto che tentare di eradicarli.

Per saperne di più:
andrea.sonnino@enea.it

BIBLIOGRAFIA

1. U. Cirio (1993), "Meccanismi di difesa delle piante dagli insetti". In: P. Crinò, A. Sonnino, F. Saccardo, M. Buiatti, A. Porta Puglia, G. Surico (eds.) *Fondamenti dello sviluppo di germoplasma resistente a stress biotici*. Edizioni Agricole, Bologna
2. A. Mithöfer, W. Boland (2012), "Plant defense against herbivores: Chemical aspects". *Annu. Rev. Plant Biol* 63: 431-450
3. A. Tamiru, Z. R. Khan & T. J. Bruce (2015), "New directions for improving crop resistance to insects by breeding for egg induced defence". *Current Opinion in Insect Science* 9: 51-55
4. A. Sonnino, L. Bacchetta, S. Arnone (1993), "Case History: *Leptinotarsa decemlineata* Say/ Patata". In: P. Crinò, A. Sonnino, F. Saccardo, M. Buiatti, A. Porta Puglia, G. Surico (eds.) *Fondamenti dello sviluppo di germoplasma resistente a stress biotici*. Edizioni Agricole, Bologna
5. J. I. Mabubu, M. Nawaz, H. Hua (2016), "Advances of transgenic Bt-crops in insect pest management: An overview". *Journal of Entomology and Zoology Studies* 4(3): 48-52
6. A. Sonnino (2016), "Biotecnologie e miglioramento genetico: lo strano caso della patata". *AgriCulture* <http://www.fidaf.it/index.php/biotecnologie-e-miglioramento-genetico-lo-strano-caso-della-patata/>.
7. A. Sonnino (2015), "OGM: una polemica fuorviante, ma che non accenna a scemare". <http://utagri.enea.it/news/attualit/ogm-una-polemica-fuorviante-ma-che-non-accenna-scemare-andrea-sonnino>.
8. L. Carroll (1871) "Attraverso lo specchio e quel che Alice vi trovò"



Uso di artropodi fitofagi nel controllo delle erbe infestanti

Il problema delle malerbe è di crescente interesse, anche a causa del rapido aumento di trasporti ed attività commerciali internazionali che favoriscono lo spostamento degli organismi attraverso diverse aree geografiche. Il controllo biologico delle infestanti sembra offrire una soluzione sicura, economica e sostenibile per l'ambiente

DOI 10.12910/EAI2016-043

di **Massimo Cristofaro**, *ENEA* e **Francesca Marini**, *BBCA onlus*

Quando si parla di controllo biologico di tipo classico ci si riferisce, in senso generale, all'utilizzo di organismi viventi "utili" (agenti di controllo biologico) che compiono il proprio ciclo vitale (o parte di esso) a discapito della specie *pest*, determinandone la riduzione della popolazione ad una densità tale da non costituire più un problema economico. Nella definizione di controllo biologico in senso stretto, sono esclusi quei metodi che impiegano sostanze naturali quali, ad esempio, feromoni, metaboliti secondari, tossine fungine e batteriche (a meno che non vengano usati insieme agli organismi che li producono), mentre vi rientrano sia il controllo biologico delle piante infestanti che quello microbiologico. Le piante infestanti possono essere definite come quelle piante "nate nel posto sbagliato"; tale affermazione può essere interpretata in chiave agronomica o naturalistica. Nel primo caso, per "infestante" s'intende una specie vegetale autoctona o alloctona, che con la sua presenza crea un danno economico alle colture abbassandone la resa economica, e che dunque è necessario eradicare o perlomeno contenere. Dal punto di vista naturalistico, invece, una pianta infestante è generalmente una specie alloctona che, infeduta nel nuovo habitat, crea una condizione di squilibrio entrando in competizione con la flora nativa. Nella sua area d'origine la pianta è controllata dai propri nemici naturali ed è inserita in un equilibrio costituito da numerosi altri fattori che ne limitano l'espansione; introdotta in un nuovo areale, in presenza di relazioni ecologiche e climatiche favorevoli e in assenza dei suoi nemici naturali, si possono creare i

presupposti perché la pianta possa assumere le caratteristiche demografiche ed ecologiche di una specie infestante aliena invasiva ed interferire con il naturale ecosistema. Il problema delle malerbe è di crescente interesse in tutto il mondo, anche a causa del rapido aumento di trasporti ed attività commerciali internazionali che favoriscono lo spostamento degli organismi attraverso diverse aree geografiche. A tale proposito, il controllo biologico alle infestanti sembra offrire la soluzione più sicura, economica e sostenibile per l'ambiente, con una buona percentuale di successo [1]. Sono passati più di 200 anni da quando il primo insetto è stato introdotto volontariamente in India contro alcune Cactaceae e da allora sono stati realizzati molti altri progetti, soprattutto negli ultimi decenni [1]. Tra gli esempi possiamo citare il controllo di Cactaceae del genere *Opuntia* che, importate in Australia nel 1900, invasero in maniera devastante i pascoli locali. Nel 1926 fu introdotto il Piralide *Cactoblastis cactorum* Berg. (un

lepidottero d'origine argentina), che si dimostrò, e continua a dimostrarsi, molto efficace nel controllare la pianta bersaglio. Le pratiche di controllo biologico delle piante infestanti hanno seguito uno sviluppo diverso da quello del controllo degli artropodi dannosi e la principale differenza riguarda il maggiore rilievo dato alla valutazione dei rischi. Al fine di evitare l'introduzione di organismi che potrebbero attaccare non solo la pianta bersaglio, bensì anche altre specie di interesse economico, si devono infatti prendere particolari precauzioni ed è ugualmente importante salvaguardare elementi indigeni che potrebbero essere minacciati dagli stessi organismi rilasciati. [1 e 2]. È chiaro, quindi, che per evitare danni maggiori di quelli causati dall'organismo che s'intende controllare, una volta selezionato il potenziale agente di controllo, la sua specificità verso la pianta bersaglio debba essere adeguatamente valutata. Esistono quattro componenti chiave per la riuscita dei test di spe-

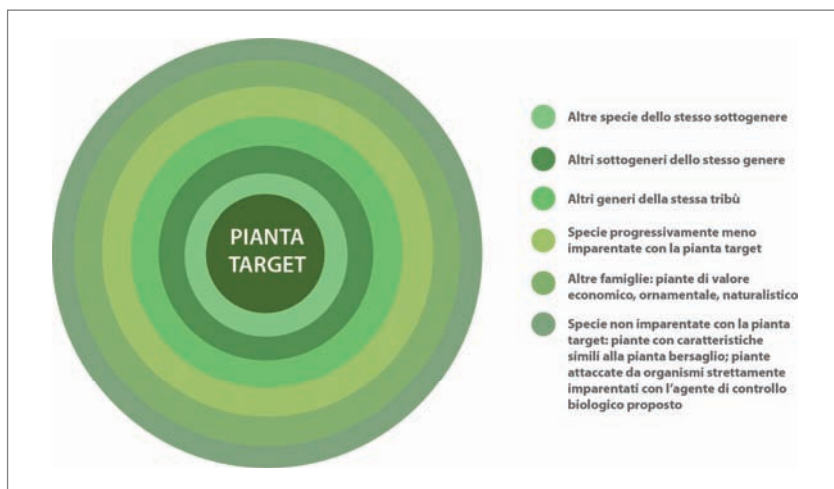
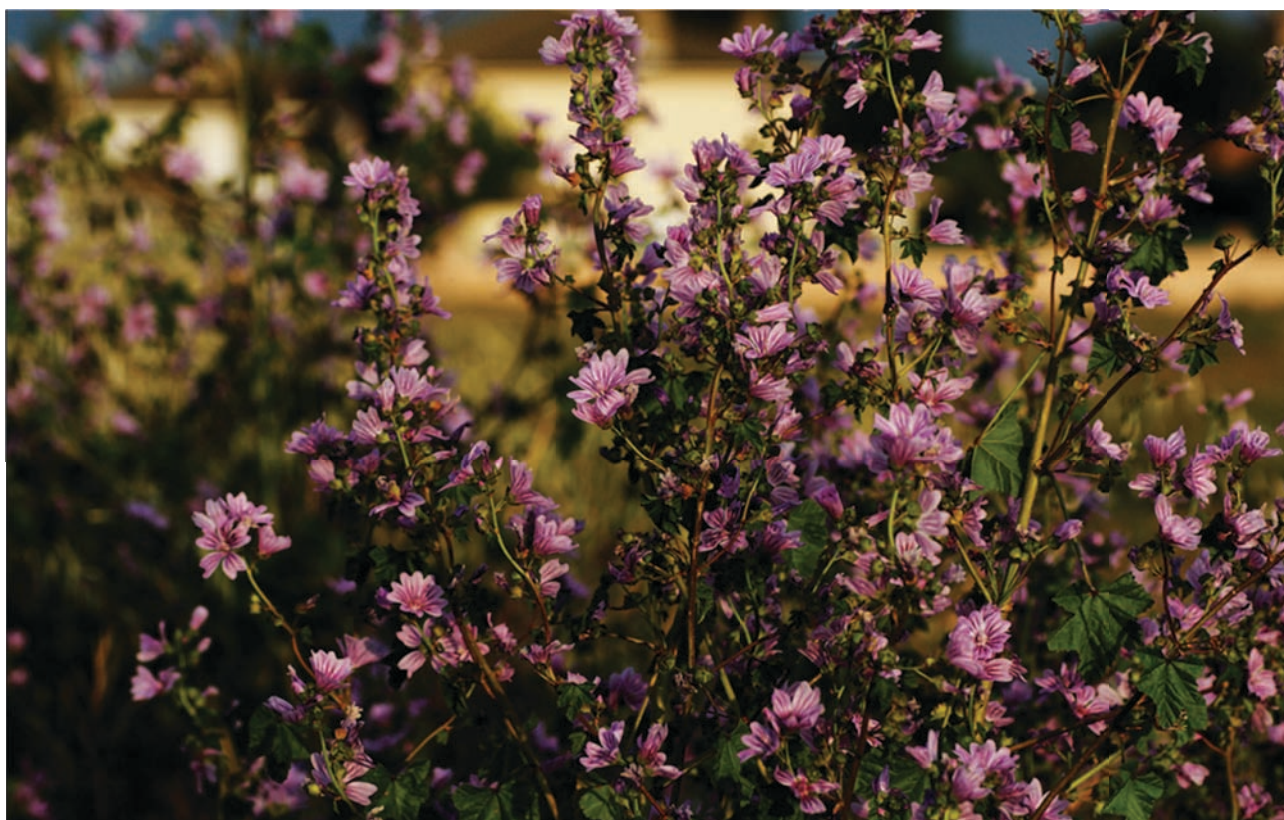


Fig. 1 Schema del centrifugal-phylogenetic method
Fonte: [3]

cificità e della valutazione del rischio per gli altri organismi: la scelta delle piante da testare; l'utilizzo della tecnica migliore per eseguire i test; l'interpretazione dei dati sulle basi delle conoscenze dell'ecologia e della biologia degli organismi coinvolti; la comunicazione dei risultati alle autorità competenti, al fine di

affidamento sulle osservazioni riguardanti l'utilizzo dell'ospite da parte dell'insetto nella zona d'origine. In seguito fu compreso che questo sistema non poteva essere sufficiente né adeguato e, negli anni 20, iniziò a svilupparsi l'idea di testare le piante economicamente importanti. Gradualmente

method (Figura 1) per la scelta delle piante da testare. Si tratta di un sistema di selezione che prende in considerazione dapprima i taxa più strettamente correlati alla pianta infestante da controllare, per poi arrivare a racchiudere altre specie rappresentative appartenenti a taxa diversi.



mantenere sempre viva l'attenzione sul progetto in atto e coinvolgere l'opinione pubblica [2].

Selezione delle specie vegetali su cui fare i test di specificità

Nelle prime esperienze di lotta biologica alle piante infestanti, gli agenti introdotti non venivano formalmente testati e si faceva

i test inclusero sempre più specie correlate con la pianta *target* e gli sforzi si spostarono progressivamente sulla ricerca dell'*host range* dell'insetto, piuttosto che sulla valutazione di sicurezza o meno nei confronti di una determinata specie vegetale [3]. Dal 1974, gli operatori nel settore del controllo biologico hanno seguito il metodo chiamato *centrifugal-phylogenetic*

Questa procedura tuttavia ha i suoi limiti, in quanto non fa concretamente uso della filogenetica, ma si focalizza per lo più su conoscenze tassonomiche basate su similarità morfologiche.

Un nuovo metodo suggerito da Briese [2], propone di selezionare le piante test sulla base delle strette relazioni filogenetiche e biomolecolari, supportato dall'applicazione di

filtri ecologici e biogeografici, per essere sicuri che l'elenco includa quelle specie considerate a rischio. Possono quindi essere incluse anche: specie appartenenti a ordini diversi da quello della specie *target*, se si riscontrano con quest'ultima delle caratteristiche morfologiche e/o biochimiche simili; specie native economicamente e/o ecologicamente importanti che mostrino una sovrapposizione geografica o ecologica con la specie infestante; piante sulle quali si nutrono e si riproducono specie congeneriche dell'agente di controllo.

Nell'ultimo decennio è stato revisionato e analizzato il ruolo dei test di *host range* per gli artropodi fitofagi nella valutazione del rischio di impatto su specie vegetali non bersaglio, mettendo in luce tre punti fondamentali: a) identificazione degli stadi fisiologici dell'agente di controllo da utilizzare per lo studio del suo *host range*; b) studio del suo "fundamental host range"; c) selezione delle specie vegetali a rischio di *host-shifting* da utilizzare nei test di scelta in laboratorio e pieno campo. Pertanto questo tipo di approccio prevede di subordinare i test di *host range* a un precedente studio della biologia dell'artropode da utilizzare, in modo da essere a conoscenza dei meccanismi fisiologici e comportamentali che permettono al fitofago di riconoscere e colonizzare la pianta bersaglio [4]. Tuttavia va evidenziato che tutto il processo non è esente da rischi, vista la possibilità che eventi e fattori esterni, quali ad esempio i cambiamenti climatici, possano avere un ruolo chiave nell'insorgenza di forme di rapida evoluzione, che possono determinare una diversa percezione della pianta ospite da parte del fitofago [5].

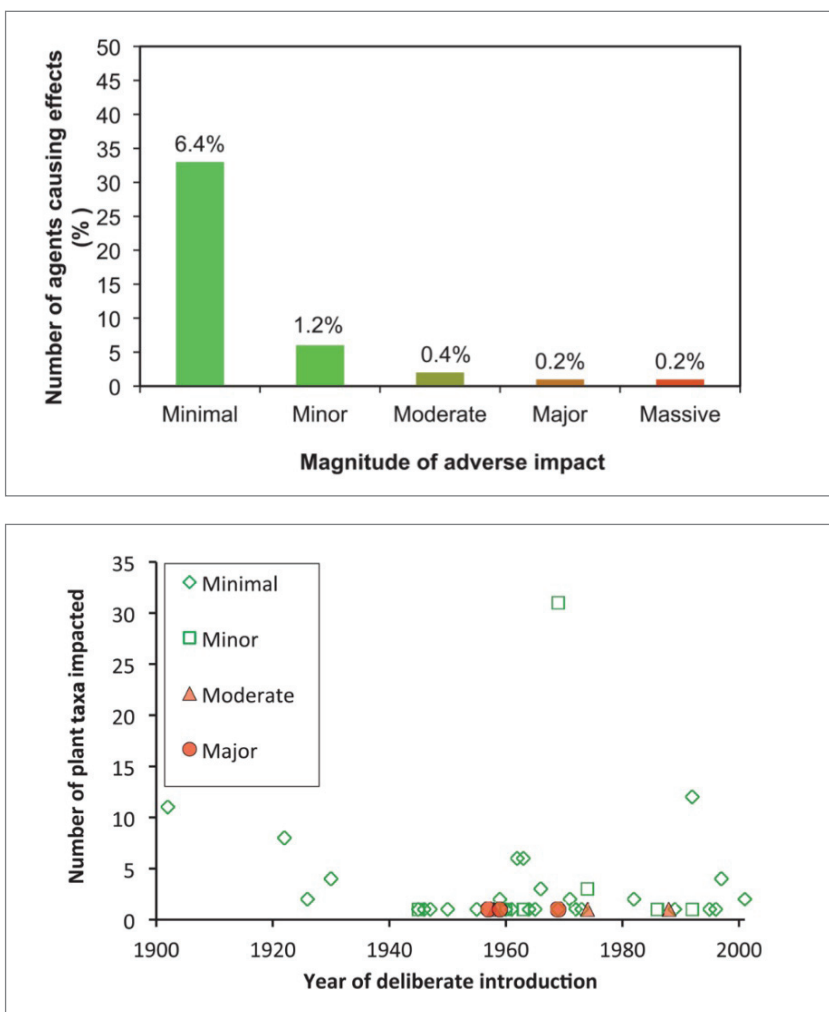


Fig. 2 a/b Analisi dell'impatto di agenti di controllo biologico su specie non-target
Fonte: [1]

Tipi di test

I test di specificità sono un valido strumento per la stima della probabilità e dell'entità dei rischi che potrebbero correre le specie non-*target* in seguito all'immissione dell'agente di controllo biologico selezionato. I criteri più usati per valutare l'organismo selezionato per il controllo biologico sono la sua percezione della pianta e la capacità di nutrirsi e svilupparsi su di essa. Generalmente i tipi di test proposti sono tre:

- *test di non-scelta*: in questo caso viene valutato il comportamento dell'insetto in presenza di una sola specie vegetale. L'agente di controllo può essere lasciato sulla pianta fino alla sua morte o per un tempo sufficiente a fargli raggiungere uno stato di alto stress da privazione ("Fundamental host range"). Oltre alla determinazione del *Fundamental host range* dell'organismo, i test di non-scelta possono essere impiegati per trarre informazioni sullo sfrutta-

A comparison of genetic techniques useful for biological control of weeds programs^a.

Molecular technique	Common applications	Variability	Dominance ^b	Cost
<i>No prior knowledge of genome required</i>				
Karyotype/cytogenetics	Ploidy level/matching chromosomes	Low ^c	Not applicable	\$-\$
Allozymes/proteins	Population genetics	Low ^c	Co-dominant	\$
RFLPs	Population genetics	Low-moderate ^d	Co-dominant	\$
RAPDs/ISSRs/UP-PCR/DAF	Population genetics	Moderate-high ^d	Dominant	\$
AFLPs	Population genetics	High ^d	Dominant	\$-\$
<i>Prior knowledge of genome required</i>				
SSRs	Population genetics	Moderate-high ^d	Co-dominant	\$\$-\$\$\$
DNA sequencing				
Chloroplast		Low-moderate ^e	Uniparental	\$\$
Mitochondrial	Insect/fungal population genetics, phylogenetics	Low-high ^e	Uniparental	\$\$
Nuclear	Population genetics, phylogenetics	Low-moderate ^e	Co-dominant	\$\$
SNPs	Population genetics/genotyping	High ^d	Co-dominant	\$\$\$
SSCP/DSCP/DGGE	Determine existence of differing alleles	Not applicable ^d	Co-dominant	\$-\$
RT-qPCR	Detection and quantification specific of DNA	High ^d	Co-dominant	\$\$-\$\$\$
ESTs/Microarrays	Find/quantify expressed genes	High ^d	Dominant and co-dominant	\$\$-\$\$\$

\$ = relatively inexpensive; \$\$ = moderately expensive; \$\$\$ = relatively expensive.
^a Includes information adapted from Le Roux and Wicczorek (2009), Sunnucks (2000).
^b Co-dominant means both alleles of a diploid individual can be distinguished, dominant means it is not possible to distinguish between the two alleles present in a diploid individual, and uniparental means that there is only one allele, because only one copy of the genome is present in an individual.
^c Marker typically used for interspecific studies.
^d Marker typically used for intraspecific studies.
^e Marker used for both inter- and intraspecific studies.

Tab. 1 Diverse tecniche biomolecolari usate nel controllo biologico alle infestanti
 Fonte: [6]

mento della pianta: percentuale di sopravvivenza; velocità di sviluppo; dimensioni del corpo nei vari stadi; fecondità e longevità degli adulti; numero e frequenza di uova deposte; frequenza e durata dell'alimentazione. I test di ovideposizione e di oogenesi effettuati in condizione di non-scelta offrono la stima migliore della minaccia di colonizzazione di specie non-*target* da parte dell'agente di controllo [5]. I test di non-scelta sono lo strumento migliore per indagini preliminari, ma debbono essere supportati anche da test di scelta e test in campo aperto, soprattutto nel caso in cui i primi risultati dei test di non-scelta siano ambigui [2]. Di contro, quando si verifica la situazione in cui l'insetto rifiuta completamente la pianta in condizioni di non-scelta, si può essere quasi certi che in campo accada lo stesso;

- *test di scelta*: si tratta dello strumento più valido per valutare il

comportamento alimentare e di ovideposizione di specie dotate di stadi di sviluppo (generalmente l'adulto) provvisti di una mobilità discriminativa [4]. In questo caso vengono esaminati gli stessi parametri dei test di non-scelta, ma la condizione è differente. Si tratta infatti di una procedura nella quale viene stimata la preferenza dell'insetto tra più specie di piante, allo stesso tempo e allo stesso stadio fenologico. Le prove di scelta possono essere effettuate secondo due modalità: il più tradizionale prevede la scelta in presenza della pianta *target*, il secondo la scelta tra diverse piante non-*target* in assenza della pianta bersaglio;

- *test in campo*: questo tipo di test, eseguito nella zona di origine della pianta *target*, è quasi sempre un test di scelta effettuato in condizioni tali da rendere massima l'opportunità, per la popolazione dell'agente selezionato, di com-

portarsi nel modo più naturale possibile. Viene utilizzato soprattutto per testare contemporaneamente diversi agenti o per chiarire ed integrare i risultati provenienti dai precedenti test [2]. Sono particolarmente utili per quegli insetti che sono difficili da allevare, per quelli molto mobili o per quelli che sono sensibili all'ambiente artificiale del laboratorio. Briese [2] ha proposto di eseguire il test in due fasi: all'inizio, con la presenza sia delle specie da testare che della pianta *target*; in un secondo momento, la pianta *target* viene fisicamente rimossa per forzare l'agente di controllo ad utilizzare le specie test o ad emigrare fuori dall'area sperimentale.

Controversie scientifiche: host-shifting e etiche evolucionistiche

Nonostante gli indiscussi vantaggi economici ed ecologici associati ai programmi di lotta biologica alle

piante infestanti [1], c'è un'importante controversia scientifica sulla presenza di casi di indesiderato *host-shifting*, oppure sulla valutazione "etica" dell'intervento di lotta biologica. Il primo caso, riscontrato su 43 fitofagi dei 512 introdotti volontariamente in programmi di controllo biologico alle infestanti a livello mondiale, se considerato in termini di "impatto reale" va considerato un falso problema. Infatti il 99% dell'*host shifting* di questi 43 fitofagi viene definito come un danno con un impatto molto basso (o addirittura pressoché nullo); nel rimanente 1% dei casi (che grosso modo va individuato in 2 casi di *host-shifting*, rispettivamente *Cactoblastis cactorum* su altre specie di *Opuntia* native e *Rhinocyllus conicus* su cardi native) si trattava di specie considerate - e valutate - con una oligofagia conclamata rispettivamente all'interno del genere *Opuntia* spp. e della sottofamiglia *Carduinae*) [1] (vedi Figura 2a/b). Le cose si complicano invece nel caso di una valutazione su "scala evolutivistica", aumentando necessariamente la magnitudo per cercare di prendere in considerazione tutte le variabili ambientali presenti nel sistema. Questo tipo di analisi spazia dai processi di microevoluzione e adattamento dovuti ai cambiamenti climatici agli effetti non-target sull'habitat: per esempio gli effetti indesiderati del controllo biologico delle tamerici sulla nidificazione della fauna aviaria dei fiumi del Nord-America, oppure i possibili effetti sulla demografia degli insettivori causata dalla presenza di nuove specie di artropodi in un nuovo habitat. Pur dando valore all'importanza di questi studi, va considerata l'effettiva difficoltà di prevedere a priori tutti i possibili effetti sul nuovo ecosistema. Inoltre, non va sotto-

valutato che gli interventi chimici - quando sostenibili economicamente - avrebbero degli effetti secondari negativi sull'ecosistema con una valenza maggiore rispetto a quella relativa alla lotta biologica. Infine, una risposta eccessivamente prudente come il "non-intervento", a nostro avviso non può essere considerata sostenibile, perché la condizione di "non-equilibrio" presente nell'areale di infestazione della specie alloctona invasiva comporterebbe un impatto sulle specie native a rischio assolutamente devastante.

[1]. La maggior parte degli insuccessi è da imputare a errori d'identificazione delle specie, a una sottostima della variabilità intraspecifica o a lacune nelle conoscenze filogeografiche dei taxa in studio. Negli ultimi anni è nata quindi l'esigenza di affiancare ai metodi classici di controllo biologico i dati relativi a marcatori genetici; è cresciuto, di conseguenza, l'interesse scientifico nell'integrare aspetti ecologici ed evolutivistici nel controllo degli organismi dannosi [6]. A partire dall'ultima decade del

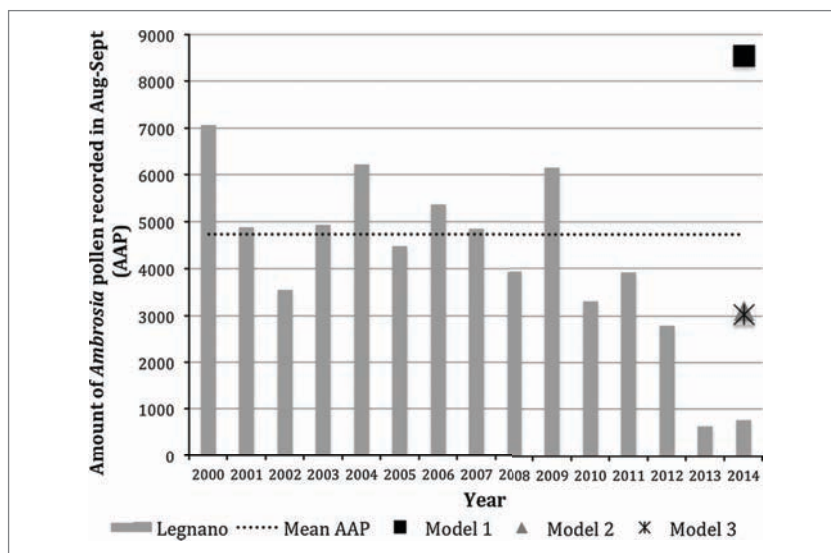


Fig. 3 Dati annuali del monitoraggio di polline di Ambrosia (stazione di Legnano, Mi); da notare il calo del polline nel 2013 e 2014 in associazione alla presenza di *Ophraella communa* Fonte [7]

Biologia molecolare

Come già accennato, il controllo biologico degli organismi dannosi è una metodologia utilizzata ormai da oltre un secolo. Tuttavia, in media, soltanto tra il 10 e il 35% delle specie selezionate si stabilisce con successo nell'ambiente in cui viene introdotto e solamente una frazione di questi conduce a risultati economici attesi

XX secolo si è avuta una seconda ondata di cambiamenti radicali nel campo della biologia molecolare, estendendo questa disciplina ad ulteriori ambiti, compreso quello del controllo biologico [6]. Le maggiori innovazioni responsabili di questo fenomeno riguardano soprattutto la manipolazione del materiale genetico: i nuovi sistemi di estrazione, amplificazione e sequenziamento

del DNA, che hanno reso queste complesse metodologie sempre più semplici, rapide ed accessibili, fino a renderle una routine di laboratorio (Tabella 1).

In conclusione, l'utilizzo di tecniche di biologia molecolare a supporto di un programma di controllo biologico alle piante infestanti può essere sintetizzato nelle seguenti valenze [8]:

1. identificazione della specie/biotipo di pianta infestante;
2. conseguente individuazione dell'origine filogeografica dell'infestazione;
3. individuazione di ibridi nella specie infestante;
4. determinazione dei metodi di riproduzione nelle popolazioni della specie infestante;
5. organizzazione e messa a punto della lista delle specie vegetali da utilizzare per l'*host range*;
6. identificazione degli agenti (artropodi e/o funghi fitopatogeni);
7. identificazione degli stadi preimmaginali degli artropodi;
8. studio della variabilità genetica dei fitofagi nell'ambito di una popolazione;
9. individuazione della presenza di fenomeni di ibridazione nella popolazione dell'agente di controllo;
10. individuazione di endosimbionti e/o microorganismi associati con il fitofago;
11. individuazione di eventuali processi di speciazione/rapida evoluzione.

Caso studio in Europa: *Ambrosia artemisiifolia*

La maggior parte della ricerca e dell'implementazione associata ai

programmi di controllo biologico delle infestanti viene realizzata in ambienti naturali quali pascoli, parchi o aree protette, e riguarda Paesi quali il Canada, gli Stati Uniti d'America, l'Australia, la Nuova Zelanda e il Sud Africa. Quando una specie vegetale alloctona si insedia in questo tipo di habitat e assume le caratteristiche ecologiche di specie invasiva, le pratiche agronomiche e il diserbo chimico sono economicamente e ecologicamente non sostenibili, lasciando come unica alternativa – oltre al non intervento – un programma di controllo biologico mirato.

Il contesto ambientale cambia notevolmente quando ci si sposta in areali antropizzati e con estesi terreni agricoli, quali l'Europa e alcune nazioni popolate del continente asiatico (Cina, India, Giappone): per le infestanti in agricoltura, il controllo biologico "classico" presenta due grossi fattori limitanti, dati proprio dal ristretto *host range* e dal fattore temporale. Uno dei pochi esempi di successo di un programma di controllo biologico-integrato a livello europeo è dato dalla COST Action FA 1203 (SMARTER). Tale programma, iniziato nel giugno 2012 e che si concluderà nel mese di ottobre 2016, vede un coinvolgimento di ricercatori, amministrativi, medici e tecnici con l'obiettivo di organizzare e mettere a punto una strategia di gestione multidisciplinare di questa infestante di origine nord-americana. *Ambrosia artemisiifolia* non è solo un'asteracea infestante in molti Paesi europei, ma anche la causa del 20% delle allergie respiratorie nel nuovo areale. Per quanto riguarda il programma di controllo biologico di questa infestante, c'erano

già stati dei tentativi precedenti, particolarmente in Russia, con il crisomelide *Zygogramma suturalis* F. e il lepidottero *Tarachidia candefacta* Huebner: purtroppo, le popolazioni di queste due specie di fitofago non sono riuscite ad insediarsi negli areali di distribuzione in modo tale da poter registrare un effettivo controllo della specie infestante.

Tuttavia, durante gli ultimi anni, si è potuto riscontare una esplosione demografica di un nuovo agente di controllo, il coleottero crisomelide *Ophraella communa* LeSage, accidentalmente introdotto nella Provincia di Milano e in seguito ampiamente diffuso in tutta la Pianura Padana. La fitness della specie ha evidenziato nel giro di poco tempo un incredibile impatto su *Ambrosia*, con conseguente drastica riduzione dei valori di polline recepito dalla rete di monitoraggio territoriale [7] (vedi Figura 3). Studi di *host range* sono in corso per valutare la biologia e la specificità del coleottero nel nuovo ambiente.

Infine, un altro artropode è stato recentemente studiato per il controllo biologico di *Ambrosia*: si tratta di *Aceria artemisiifoliae*, una nuova specie di acaro eriofide trovato in associazione con *Ambrosia* in Serbia [8]. Come già precedentemente riscontrato, nonostante le loro minuscole dimensioni, gli eriofidi sono tra gli artropodi considerati più interessanti nella lotta biologica alle infestanti, proprio per la loro specificità alimentare e per il loro impatto sulla riproduzione e sulla biomassa della specie infestante [9].

Per saperne di più:
massimo.cristofaro.cas@enea.it

BIBLIOGRAFIA

1. D.M. Suckling & R.F.H. Sforza (2014), "What Magnitude Are Observed Non-Target Impacts from Weed Biocontrol?" *PLoS ONE*, 9(1):e84847
2. D.T. Briese (2005), "Translating host-specificity test results into the real world: the need to harmonize the yin and yang of current testing procedures". *Biological Control*, 35:208-214
3. N.E. Rees, P.C. Quimby, G.L. Piper, E.M. Coombs, C.E. Turner, N.R. Spencer, L.V. Knutson (1995), "Biological control of weeds in the west". *West. Weed Sci. Soc. Am.*, Bozeman, MT
4. A.W. Sheppard, R.D. Van Klinken, T.A. Heard (2005), "Scientific advances in the analysis of direct risks of weed biological control agents to nontarget plants". *Biological Control* 35(3):215-226
5. P.B. McEvoy, K.M. Higgs, E.M. Coombs, E. Karaçetin, L.A. Starcevic (2012), "Evolving while invading: rapid adaptive evolution in juvenile development time for a biological control organism colonizing a high-elevation environment". *Evolutionary Applications*, 5(5):524-536
6. J.F. Gaskin, M.C. Bon, M.J.W. Cock, M. Cristofaro, A. De Biase, R. De Clerck-Floate, C.A. Ellison, H.L. Hinz, R.A. Hufbauer, M.H. Julien, R. Sforza (2011), "Applying molecular-based approaches to classical biological control of weeds (Review)". *Biological Control*, 58:1-21
7. M. Bonini, B. Sikoparija, M. Prentovic, G. Cislighi, P. Colombo, C. Testoni, L. Grewling, S.T.E. Lommen, H. Mueller-Scharer, M. Smith (2015), "A follow-up study airborne Ambrosia pollen in the Milan area in 2014 in relation to the accidental introduction of the ragweed leaf beetle *Ophraella communa*". *Aerobiologia*, 32, 2: 371-374 (DOI 10.1007/s10453-015-9406-2)
8. B. Vidovic, T. Cvrkovic, D. Rancic, S. Marinkovic, M. Cristofaro, U. Schaffner, R. Petanovic (2016), "Aceria artemisiifoliae sp. nov. Potential biological control agent of invasive common ragweed, *Ambrosia artemisiifolia* L. in Serbia". *Syst. and Appl Acar*, 21 (7): 919-935
9. A. Skoracka, L. Smith, G. Oldfield, M. Cristofaro, J.W. Amrine (2010), "Host-plant specificity and specialization in eriophyoid mites and their importance for the use of eriophyoid mites as biocontrol agents of weeds". *Exp Appl Acarol* DOI 10.1007/s10493-009-9323-6

Gli insetti come fonte alternativa di proteine

Con l'aumento della popolazione mondiale e del reddito medio globale sta crescendo anche il consumo di proteine animali. Gli allevamenti a terra e in acqua richiedono quantità sempre maggiori di proteine e diventa sempre più difficile ottenerle in maniera sostenibile. Gli insetti rappresentano una fonte alternativa di proteine molto sostenibile per la nutrizione animale. Il potenziale per lo sviluppo di questo nascente settore è enorme, sebbene vi sia ancora poca chiarezza legislativa. Si offre come spunto l'esperienza di Diptera Srl, azienda italiana attiva nella produzione di prodotti derivati da insetti destinati alla nutrizione animale

DOI 10.12910/EAI2016-044

di **Vittorio Bava**, *Diptera Srl*

La popolazione mondiale continua a crescere inesorabilmente: al momento della redazione del presente articolo, sul nostro pianeta si contano quasi 7,5 miliardi di persone e le proiezioni sembrano indicare il superamento dei nove miliardi entro il 2050.

Di questi 7,5 miliardi di persone, meno di due miliardi possono essere considerati appartenenti all'attuale classe media globale, ma questo numero sembra destinato a crescere rapidamente fino a raggiungere i cinque miliardi entro il 2030.

Queste due dinamiche sono parti-

colarmente rilevanti quando si pensa al consumo di proteine animali che è correlato con la popolazione e con il reddito: chi esce dalla povertà di solito incrementa il proprio consumo di carne e pesce, a cui aspirava durante gli anni più duri. Questo fenomeno rappresenta un enorme problema di sostenibilità, infatti attualmente l'80% della superficie agricola è destinata a foraggi e alimenti per animali. Gli allevamenti sono responsabili di circa il 20% delle emissioni di gas serra globali, maggiore che per le automobili; infatti, il metano, prodotto dalla dige-

stione dei grandi animali è un gas serra quattro volte più potente dell'anidride carbonica. Inoltre, per produrre la farina di pesce, uno degli ingredienti fondamentali per la nutrizione di pesci e animali monogastrici (principalmente avicoli e suini), è già utilizzato più di un terzo di tutto il pescato. Si è così innescato un circolo vizioso: più pesce viene pescato e meno ne rimane per la riproduzione; meno pesce c'è e più il prezzo sale; più il prezzo sale e più alto è l'incentivo a pescarne di più, spesso anche illegalmente, sfiorando le quote pesca. L'aumento della domanda di carne



e pesce porrà delle sfide colossali all'umanità, perchè al momento non si hanno abbastanza risorse per riuscire ad espandere la produzione di animali senza creare gravi problemi ambientali.

L'impedimento principale per l'espansione della produzione animale sono le proteine, necessarie per l'accrescimento degli animali allevati. È imperativo, quindi, trovare soluzioni alternative a quelle attuali.

Insetti come soluzione

Per soddisfare questa esplosione della domanda di proteine per la nutrizione animale esistono già varie potenziali alternative, tutte agli albori e da considerare come complementari più che come rivali; fra le tante, vale la pena citare il possibile utilizzo di alghe, batteri e insetti.

Gli insetti sembrano al momento una soluzione più percorribile delle altre e sono particolarmente indicati per diventare un sostituto sostenibile

della farina di pesce. Grazie al profilo amminoacidico simile alla farina di pesce e alla possibilità di essere nutriti con sottoprodotti dell'industria alimentare, il *Tenebrio molitor* (verme della farina) e l'*Hermetia illucens* (mosca soldato nera) sono due specie che si prestano molto bene per questo scopo; in entrambi i casi si utilizzano le larve e non gli adulti. Le larve di *Tenebrio* vengono nutrite con scarti di cereali secchi, mentre le larve di *Hermetia* sono pressoché onnivore, ma vengono nutrite con scarti vegetali per motivi legislativi (UE). Dalle larve essiccate e sgrassate di entrambe le specie si ricava la farina proteica – utilizzata in sostituzione della farina di pesce – e una frazione grassa che spesso viene raffinata.

Quadro legislativo UE

Nell'Unione Europea è già possibile utilizzare prodotti derivati da insetti per la nutrizione degli animali da compagnia. Per gli animali da

reddito, invece, esistono ancora limitazioni di carattere legislativo più che tecnico. Globalmente, il 98% della farina di pesce viene utilizzato proprio per gli animali da reddito, soprattutto in acquacoltura. Questo settore è sia il più promettente per la produzione di proteine animali, sia il più grande utilizzatore di farina di pesce.

A causa dell'epidemia di morbo di Creutzfeldt-Jakob (la cosiddetta sindrome della mucca pazza), nel 1999 l'UE ha bandito l'utilizzo di farine animali nella produzione di animali da reddito.

Dato il rischio pressoché nullo di trasmissione nei pesci, al fine di diminuire i disagi degli allevatori ittici a seguito dei continui rincari della farina di pesce e dei mangimi che la utilizzano, nel 2013 l'UE ha reintrodotto le PAP (*Processed Animal Proteins*) in acquacoltura con il regolamento UE 56/2013. Inoltre, sempre nel 2013, con il regolamento UE 68/2013 è stata aggiornata la

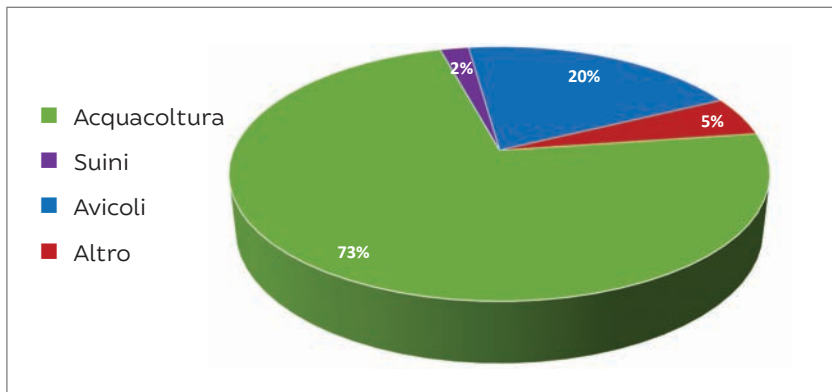


Fig. 1 Utilizzo globale della farina di pesce per tipologia di allevamento
Fonte: IFFO, 2010

lista delle materie prime utilizzabili come mangime, includendo gli invertebrati terrestri. Tuttavia, il regolamento UE 999/2001 relativo alla macellazione, prescrive che le farine animali provengano da un macello autorizzato e che gli animali debbano essere visitati da un veterinario prima della macellazione. Non essendoci dei macelli autorizzati per gli invertebrati e non essendo possibile visitare le larve singolarmente prima della macellazione, di fatto al momento è impossibile utilizzare prodotti derivati da insetti in acquacoltura, nonostante gli insetti facciano parte della dieta naturale di molte specie di pesci (addirittura per il 70% nel caso delle trote, la specie più allevata in Italia). Questa situazione è molto “peculiar” e il legislatore è già in attività per aggiornare la legge sulla macellazione o creare una disciplina apposita per gli invertebrati terrestri, che potrebbe arrivare già per la fine del 2016 o per l’inizio del 2017. Altre normative di riferimento sono quelle universali per le farine animali, ossia il regolamento UE 1069/2009 e il suo regolamento applicativo, il 142/2011, unitamente ai regolamenti UE 852/2004 e 853/2004 (il

cosiddetto “pacchetto igiene”) e il 183/2005 (igiene nei mangimi, registrazione, riconoscimento e tracciabilità).

Diptera Srl

Diptera Srl è la prima impresa italiana che si occupa di produzione di ingredienti per mangimi derivati dagli insetti. L’azienda è nata nel 2015 a Manfredonia (Foggia), dopo più di

un anno di esperimenti e ricerche condotti privatamente. Il focus dell’attività è su *Hermetia illucens*. Le larve sono alimentate con scarti vegetali provenienti da vicine cooperative agricole e industrie attive nella trasformazione di alimenti. I riproduttori vengono tenuti in una serra a temperatura controllata e dotata di luci particolari che favoriscono l’accoppiamento, così da ottenere le uova che vengono fatte schiudere in apposite incubatrici. Una volta abbastanza “robuste”, le larve vengono spostate in una zona a temperatura controllata per l’ingrasso. A fine ciclo le larve sono raccolte, lavate e congelate e, in seguito, essiccate e sgrassate. Successivamente si ottiene una frazione proteica, ulteriormente lavorata per diventare farina proteica da utilizzare nei mangimi, e una frazione grassa, che viene raffinata per diventare grasso o agente di sapidità per mangimi. Dal 2015 Diptera Srl è parte di International Platform of Insects for

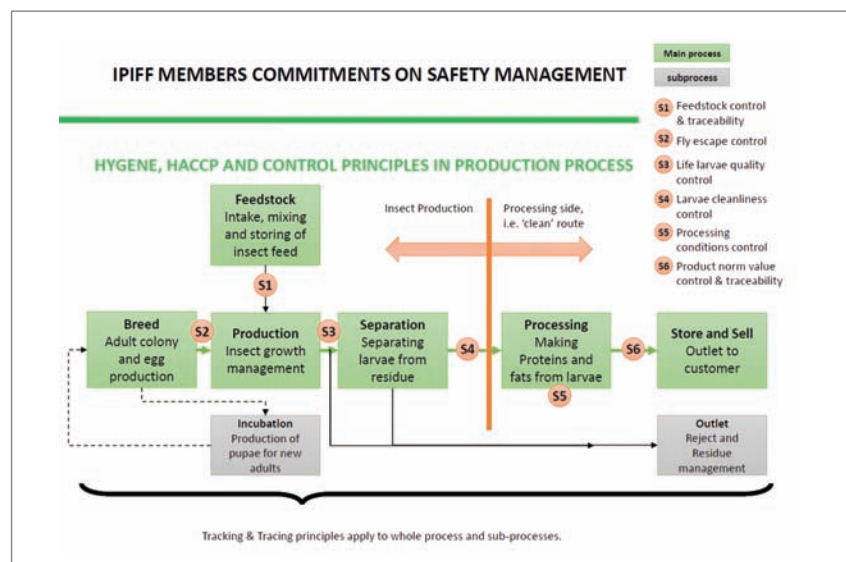


Fig. 2 Schema del processo produttivo e dei punti di controllo HACCP
Fonte: IPIFF



Fig. 3 Impianto pilota di Diptera Srl a Manfredonia (Foggia)
Fonte: Diptera Srl

Food and Feed (IPIFF), l'organizzazione internazionale dei produttori di insetti per alimentazione umana ed animale. Quest'organizzazione promuove l'aggiornamento della normativa riguardante gli insetti e gli standard di settore.

Nella Figura 5 è illustrato lo schema del processo produttivo descritto precedentemente, completo dei punti di controllo HACCP consigliati da IPIFF.

Il settore è ancora nascente e buona parte dell'ottimizzazione dei processi deve ancora essere messa a punto. Tuttavia è imprescindibile uno sforzo in questa direzione se l'obiettivo è diventare competitivi in termini di prezzo con la farina di pesce. A Diptera Srl sono stati sviluppati sistemi per il controllo e l'automazione del processo di allevamento, con un uso estensivo di sensori e robot. In questo modo si assicura la consistenza della qualità del prodotto e viene diminuito l'utilizzo di manodopera; inoltre vengono minimizzati i costi relativi ad energia e trasporto. In tal modo si può produrre ad un costo competitivo con la farina di pesce,

su un impianto di larga scala (capacità superiore alle 1.000 tonnellate annue di farina proteica).

Al momento Diptera Srl sta completando i lavori di messa a punto dell'impianto pilota a Manfredonia (Foggia). Quest'impianto avrà una capacità annua di circa 50 tonnellate di farina proteica e servirà da *testbed* per le tecnologie da utilizzare negli impianti *full scale* (Figura 6).

Rispetto alla farina di pesce ottenuta da pesce pescato, la farina di insetti contiene molti meno metalli pesanti (mere tracce rispetto ai livelli allarmanti di mercurio e cadmio rilevate nel pesce pescato); inoltre ha un contenuto pressoché nullo di *ammine biogene* (cadaverina, putrescina ed altre sostanze derivate dalla decomposizione dei tessuti animali) rispetto alla farina di pesce prodotta con pesci sbarcati diversi giorni, se non addirittura settimane, dopo essere stati pescati.

Oltre a questi vantaggi di prodotto, la farina di insetti è anche molto più sostenibile per i seguenti motivi:

- non ha impatto sulla vita marina, mentre la produzione di farina di

pesce ha un impatto devastante su interi ecosistemi;

- viene prodotta localmente, le emissioni per il trasporto sono minime, mentre la farina di pesce consumata in UE viene importata quasi totalmente dal Sud America, viaggiando per oltre 15 mila km su navi a bitume;
- gli scarti vegetali utilizzati per alimentare gli insetti (definiti da un punto di vista legale come sottoprodotti alimentari) non finiscono in discarica come rifiuti, riducendo il conseguente inquinamento delle falde acquifere ed emissione di gas serra (metano originato durante la decomposizione);
- permette di liberare terra e acqua per colture destinate all'alimentazione umana nella misura in cui viene utilizzata in sostituzione di altre farine proteiche usate in mangimistica, prima fra tutte quella di soya.

Grazie a questi numerosi vantaggi si stanno riscontrando feedback decisamente incoraggianti da parte di molti mangimifici, nonostante non sia ancora possibile produrre a prezzi concorrenziali con i prodotti a base di pesce.

Il settore è in fermento in attesa della commercializzazione in quantità considerevoli di prodotti a base di insetti. Infatti esiste già un gap fra domanda e offerta nell'ordine di milioni di tonnellate e questo gap è destinato ad aumentare in mancanza di alternative concrete. La produzione di mangimi derivati da insetti può contribuire ad evitare questo scenario catastrofico, che implicherebbe un aumento globale dei prezzi di carne e pesce, con ricadute negative soprattutto sulle fasce più deboli della popolazione mondiale.



Role of pollinators for agricultural productivity

Pollination is an essential regulatory ecosystem service for crop production, directly linking wild ecosystems with agricultural production systems. Animal pollination accounts for roughly one third of the world's crop production, yet a decline in pollinator populations is a concern, prompting a response at the international policy level. Through the GEF/UNEP/FAO Global-sized Pollination Project, a protocol was developed for assessing and detecting if a crop production system is suffering a pollination deficit. Over a period of five years, the protocol was applied in 344 fields from 33 pollinator-dependent crop systems in small and large farms, for a study to quantify to what degree enhancing pollinator density and richness can improve yields. The study demonstrated that ecological intensification through enhancement of pollinators could contribute to synchronous biodiversity and yield outcomes

DOI 10.12910/EAI2016-045

by **Nadine Azzu** Expert, Biodiversity and Ecosystem Services (FAO/GEF/UNEP Global Pollination Project Coordinator 2012-2015)

An essential preliminary step for the sexual reproduction of flowering plants is pollination, or the transfer of pollen from the producing anthers to the receptive stigma. Pollination is a keystone process in both human-managed and natural terrestrial ecosystems, and it is critical for food production and human livelihoods, directly linking wild ecosystems with agricultural production systems. Indeed, pollination is a key ecosystem service, providing a regulatory service for the production of crops. Although pollination can be considered a “free” ecosystem service, in fact it requires resources such as refugia and forage. Pollination can therefore be managed and hence considered as a production factor for crops, as it can affect yield but also other factors such as fruit and seed set, fruit and seed quality as well as others such as uniformity of output. Extending this further, pollination management can also have an impact on the environment (such as through good pollination management practices) and on human livelihoods.

Importance of pollinators and pollination

Pollination can occur in different ways, including through cross-pollination, wind and animals – here, we look specifically at animal pollination, and in particular insect pollination. Animal pollination is important because it is essential for the production of globally important food crops such as orchard, oilseed crop, horticultural and forage production, as well as the production of seed for many root and fibre crops, plus many plant-derived medicines in the world’s pharmacies.

Animal pollination (including insects but also birds, bats and other vertebrates) affect 35 percent of the world’s crop production, increasing outputs of 87 of the leading food crops worldwide [1]. The contribution of insect pollination to economies is also highly significant – a study conducted in 2009 estimated that the value of insect pollination is € 153 billion annually [2]. More recently, given that pollinator-dependent crops rely on animal pollination to varying degrees, it was estimated that 5–8 percent of current global crop production, with an annual market value of \$235 billion–\$577 billion (in 2015, United States dollars) worldwide, is directly attributable to animal pollination [3].

Pollination also contributes to other aspects of human and environmental well-being. For example, pollination can have an impact on human nutrition. Here, the benefits of pollination include not just abundance of fruits, nuts and seeds, but also their variety and quality. Although more research needs to be conducted on this topic, recent studies have shown that the contribution of animal-pollinated foodstuffs to human nutritional diversity, vitamin sufficiency and food quality is substantial (recent studies have estimated that pollinators are responsible for up to 40 percent of the world’s supply of nutrients) [4]. Indeed pollinator-dependent crops provide essential micronutrients (such as vitamin A, iron and folate) to those populations living in areas of the world where micronutrient deficiencies are common.

With regards to environmental health, using good pollination management practices contributes not only to improving pollinator-dependent crop production, but also to other ecosystem services. For example, keeping hedgerows promotes crop diversity;

mulching contributes to enhancing soil fertility. Integrated pest management practices overall maintain beneficial insect populations – including pollinators – in agroecosystems. In unmanaged contexts, maintaining natural ecosystems in and around agroecosystems provides natural habitat and sources of forage for pollinator populations – this contributes to maintaining pollinator diversity and abundance and other biodiversity provided by the natural vegetation.

But why is insect pollination a topic of such concern to the global community? It has been observed that, globally, insect pollinator populations have been declining, affecting crop productivity. There are numerous reasons for this, including land use change, intensive agricultural management practices and unwise pesticide use, environmental pollution, invasive alien species, pathogens and climate change. These considerations raise a number of issues, at different levels – from the applied level (on-field agricultural practices), to the ecosystem level (for example forest conservation) to the policy level (for example national or regional policies on land management/use or pesticide regulation, to the international policy level). It also raises wider questions related to sustainable agriculture and farmer livelihoods. With over two billion people in developing nations – 83 percent of the global agricultural population – relying on smallholder agriculture (farms with less than two hectares), improving livelihoods through higher and more stable crop yields while also reducing negative environmental impacts is absolutely important for addressing issues related to achieving food security and reducing levels of poverty.

At the global level, in more recent years, insect pollination has increas-

ingly garnered attention, including at the international policy level. More specifically, the Convention on Biological Diversity (CBD) recognized the threat of pollinator population declines to agricultural production. The International Initiative for the Conservation and Sustainable Use of Pollinators (also known as the “International Pollinators Initiative”) was established, under the CBD’s Programme of Work on Agricultural Biodiversity, at the CBD Fifth Meeting of the Conference of Parties in 2000, in consideration of the urgent need to address the issue of worldwide decline of pollinator diversity. In 2002, the Sixth Meeting of the Conference of Parties of the CBD adopted the plan of action for the International Pollinators Initiative. More recently, the Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES) undertook their first thematic assessment on pollinators, pollination and food production. The thematic assessment focused on the role of native and managed pollinators, the status and trends of pollinators and pollinator-plant networks and pollination, drivers of change, impacts on human well-being, food production in response to pollination declines and deficits and the effectiveness of responses. The summary for policy makers of this assessment was approved at the Fourth IPBES Plenary in February 2016, and contains a comprehensive set of key messages [3].

Pollinator deficits and crop yield outcomes

In a larger context, “business as usual” agricultural production is increasingly considered as a non-viable option for sustainable agriculture that respects the natural environment while simultaneously improv-

ing crop yield – and ensuring not only ecosystem health but also human health. Highly diverse and stable ecosystems are necessary for sustainable agriculture, as they provide the necessary ecosystem services that ensure agricultural production – examples include nutrient cycling, natural pest control and animal pollination. Despite this, there has been limited “real-world” research conducted on the importance and contribution of ecosystem services to farming, and in particular, for small-scale farming.

We also see that increasingly, agriculture has become more dependent on pollinators as a result of a significant increase of the area cultivated with pollinator-dependent crops. The 2016 IPBES Thematic Assessment on Pollinators, Pollination and Food Production says that in the past 50 years the volume of agricultural production dependent on animal pollination has increased by 300%. Furthermore, crops with greater pollinator dependence have shown lower growth in yield and greater yield variability relative to less pollinator-dependent crops [5]. At the global scale, a decline of pollinators and pollination services has been documented in a growing number of areas in the world, and pollination deficits have been associated with important crop yield losses [6]. Thus there is a growing need to identify and assess pollination deficits in a large array of crops in order to better mitigate and protect against crop losses in the event of pollination deficits. As a contribution towards the implementation of the International Pollinator Initiative and through the GEF/UNEP/FAO project on the “Conservation and management of pollinators for sustainable agri-

culture, through an ecosystem approach”, FAO and its partners – together with INRA (Institut National de la Recherche Agronomique, a public research body of the French government), developed and used a protocol for assessing and detecting if a crop production system is suffering a pollination deficit [7]¹. The protocol, published in 2011, was developed to be applied and address pollination in a way that is realistic for farmers, so that yield is the primary focus. It aimed to address pollination as a production factor at the farm scale level, and as such, stressed that as a production factor in its own right, pollination management needs to be fully integrated into the overall farm management system to optimize production in a holistic and sustainable way. Therefore, it addressed focal crops at the farm scale level to (i) detect and assess pollination deficits in field situations in a standard and statistically testable way; and (ii) draw management conclusions from the proposed experiment for possible action to eliminate or at least reduce these deficits. More specifically, the protocol aimed at applying methods following a standard experimental design to assess the degree to which pollination is a limiting factor in the production of a focal crop at the field scale. Comparing crop responses under pollination levels resulting from current practices with those from enhanced pollinator abundance or diversity would indicate the presence, and degree, of a pollination deficit.

This protocol was used to detect and assess pollination deficits for major crops in the seven countries (Brazil, Ghana, India, Kenya, Nepal, Pakistan and South Africa) that were project partners in the GEF/

UNEP/FAO project on the “Conservation and Management of Pollinators for Sustainable Agriculture through an Ecosystem Approach“. In 2013, the Norwegian Environment Agency (NEA) provided support to FAO to extend training and research implementation to an additional six countries in applying the protocol.

Ultimately, during the period from 2010-2014, the protocol was used across regions and crops on 344 fields from 33 pollinator-dependent crop systems in large and small

farms from Africa, Asia and Latin America. The results from applying this pollination deficit protocol in all these countries were analysed, through a meta-analysis, to quantify to what degree enhancing pollinator density and richness can improve crop yields. The results were published in *Science*, in January 2016². Here, yield gaps (which are not uncommon for smallholdings in many developing countries) were defined as the difference in crop yield between high- and low-yielding farms of a given crop system.

For fields less than 2 hectares, they found that yield gaps (the difference between potential and actual productivity) could be closed by a median of 24 percent through higher flower-visitor density. For larger fields, such benefits only occurred at high flower-visitor richness. The study thus demonstrated that ecological intensification through enhancement of pollinators could contribute to food security and nutrition, and create mutually beneficial scenarios between biodiversity and crop yields worldwide.

¹ During the process of development of the protocol, it was agreed that crop pollination deficit refers to inadequate pollen receipt that limits agricultural output

² Garibaldi, L.A. et al. 2016. “Mutually beneficial pollinator diversity and crop yield outcomes in small and large farms”. *Science*, Vol 351, Issue 6271. 22 January 2016. <http://science.sciencemag.org/content/351/6271/388>

REFERENCES

1. Klein, A.M., Vaissiere, B.E., Cane, J.H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A., Kremen, C. & Tscharntke, T. (2007). “Importance of pollinators in changing landscapes for world crops”, *Proc. R. Soc. B.*, 274: 303–313
2. Gallai, N., Salles, J.-M., Settele, J. & Vaissière, B.E. (2009). “Economic evaluation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline”, *Ecological Economics*, 68:810-821
3. IPBES (2016). “Summary for policymakers of the assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (deliverable 3 (a)) of the 2014–2018 work programme”. http://www.ipbes.net/sites/default/files/downloads/Pollination_Summary%20for%20policymakers_EN_.pdf
4. Ellis, A.M.; Myers, S.S. & Ricketts, T.H. (2015). “Do pollinators contribute to nutritional health?”, *PLoS One*. 2015; 10(1): e114805. Published online 2015 Jan 9. doi: 10.1371/journal.pone.0114805
5. FAO. (2013). *Aspects determining the risk of pesticides to wild bees: risk profiles for focal crops on three continents*. Rome, Italy
6. Garibaldi, L.A., Aizen, M.A., Klein, A.-M., Cunningham, S.A. and L.D. Harder. (2011). Global growth and stability of agricultural yield decrease with pollinator dependence. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 108 :5909-5914
7. FAO. 2009. *Protocol to detect and assess pollination deficits in crops: a handbook for its use*. Rome, Italy

Climate change and crop-pest dynamics in the Mediterranean Basin

Climate change will make assessing and managing crop-pest systems in the Mediterranean Basin more difficult than elsewhere on the globe. The Basin is in many ways a hot spot of global change – as higher as the average projected climate change threatens an extremely rich and intertwined biological and cultural diversity– and increases its vulnerability to biological invasions. As a consequence, pest problems in this hot spot will require a holistic approach to deconstruct the elusive complex interactions that are the underpinning a sound decision making at the field level

DOI 10.12910/EAI2016-046

by **Luigi Ponti**, ENEA, and Center for the Analysis of Sustainable Agricultural Systems;
Andrew Paul Gutierrez, Center for the Analysis of Sustainable Agricultural Systems, Kensington, California,
 and College of Natural Resources, University of California, Berkeley;
 and **Massimo Iannetta**, ENEA

Building on over 30 years of multidisciplinary progress inspired by pioneering work at University of California, the ENEA GlobalChangeBiology project, in collaboration with CASAS Global, is developing an interdisciplinary tool to mechanistically describe (i.e., model), analyze and manage agro-ecological problems based on the unifying paradigm that all organisms including humans acquire and allocate

resources by analogous processes – the paradigm of ecological analogies that is holistic by design. Recent analyses using this approach show how the tool has provided and will continue to provide governmental agencies with the scientific basis for building eco-social resilience to climate warming into agricultural systems across the Mediterranean Basin and elsewhere. An expanded version of the present paper including figures and the full

set of references is available as ENEA Technical Report 2016 “Climate change and crop-pest dynamics in the Mediterranean Basin” (ISSN 0393-3016) at <http://openarchive.enea.it/handle/10840/8042>

The Mediterranean Basin as a hot spot of global change

Climate change is expected to increase temperatures globally and al-

ter patterns of rainfall and other derivative factors that can alter species distribution, abundance and impact in natural, agricultural and medical/veterinary vector/disease systems in unknown ways [1].

The physiology and behavior of pest insects and interacting crop plants is influenced by climate change, and even modest warming can dramatically affect the energy budget of all

pected higher than average climate change in the region, the extremely rich biodiversity it harbors, and its high vulnerability to biological invasions by serious agricultural pests.

Climate change brings additional complexity to crop-pest systems

Complexity is intrinsically high in agricultural systems, and remains the

results likely arise in field studies, large-scale experiments are challenging, and driving factors include interactions with other species such as host plants, competitors and natural enemies that each respond differently to climate change (see Fig. 1 in the expanded version of this paper). One way to tackle complex problems such as crop-pests interactions that lie at the interface between global



stages and diapause specifically via increased respiration and decreases in growth, reproduction and survival [1], and hence impact the species' geographic distributions and relative abundance. The Mediterranean Basin is a global change hot spot for a number of reasons, including ex-

main barrier to their study and management, with climate change and invasive species being additional factors that complicate management issues further [1]. Robinet and Roques [2] point out that understanding and managing insects under climate change is vexing as contradictory

change and biological systems (i.e., global change biology) is to analyze them using a mechanistic description of their biology (i.e., a model) based on the unifying paradigm that all organisms, including humans, acquire and allocate resources by analogous processes (paradigm of

ecological analogies; see [3].

This approach was implemented in Europe by the project GlobalChangeBiology that framed a collaboration between ENEA and the University of California at Berkeley that continues through the non-profit scientific consortium CASAS Global (see expanded paper <http://openarchive.enea.it/handle/10840/8042>).

The following section identifies recent and prospective holistic analyses of climate change effects on crop-pest systems in the Mediterranean Basin performed under the joint auspices of GlobalChangeBiology project and CASAS Global, while the analyses are reviewed in the expanded version of this paper. The approach used in the analyses involves using physiologically based demographic modeling (PBDM) of crop-pest-natural enemy interactions in the context of a geographic information system (GIS) (see e.g., [3,4]). A major goal is to link the PBDM/GIS technology with increasingly available biophysical datasets from global modeling and satellite observations, and use them to bridge the gap between bottom-up (primarily physiological and population dynamics) and top-down (climatological) GIS approaches for assessing on ground ecosystem level problems, such as agricultural pests.

PBDM example of some crop-pest systems in the Mediterranean Basin

The olive/olive fruit fly (*Bactrocera oleae*) system. Olive is an ancient, ubiquitous crop of considerable ecological and socio-economic importance in the Basin, and olive fly is its major obligated pest. Climate change will impact the interactions of olive and olive fruit, and consequently

alter the economics of olive culture across the Basin [5]. Combining these factors in a bioeconomic analysis enabled estimations of the economic impact of climate change on olive (see Fig. 2 in expanded paper). The same PBDM of the crop-pest system was used to assess eco-social resilience to climate warming in olive systems across the Mediterranean Basin, and was extended to include a mechanistic water balance model to explore the effects of water availability on crop-pest interactions.

The olive/insect vector/*Xylella fastidiosa* system. Insects can also cause indirect damage to crops, as is the case when they act as vectors of pathogens. The bacterial pathogen *Xylella fastidiosa* is simply one of the growing number of exotic invasive species that challenge the Mediterranean Basin [6]. A holistic analysis based on the ecological requirements for growth, survival and reproduction of olive, *X. fastidiosa*, its identified insect vectors and their natural enemies is required to determine the potential geographic distribution, abundance, and impact of this disease. These methods can be used to develop sustainable management strategies and tactics to address the disease on a regional basis. The PBDM approach provides a basis for making such assessments (see [3]), and a good example is the PBDM model developed for grape and the invasive polyphagous glassy-winged sharpshooter (GWSS; *Homalodisca vitripennis*), that is a vector of *X. fastidiosa* that causes Pierce's disease in grape in California, and for two egg parasitoids (*Gonatocerus ashmeadi* and *G. triguttatus*) introduced for biological control of GWSS. PBDM analysis was able to separate and quantify the biotic and abiotic fac-

tors that affect the distribution and abundance of *X. fastidiosa* in grape at the geographic scale of California, and similar analyses are expected to achieve comparable results for the pathogen in olive at the Mediterranean Basin's scale. Recent projections of the potential geographic distribution of *Xylella*, with no consideration of vector biology, have been obtained using the correlative ecological niche modeling tool Maxent, and are discussed in the expanded version of this paper (see Fig. 3 in expanded paper).

The citrus/Asian citrus psyllid (*Diaphorina citri*)/*Candidatus Liberibacter asiaticus* system. Asian citrus psyllid is considered the most important pest of citrus worldwide since, in addition to being a destructive invasive species causing direct feeding damage to species of citrus and other species in 25 genera of Rutaceae, it is a vector of the phloem-limited bacterium *Candidatus Liberibacter asiaticus* and other species of the genus (*Candidatus L. africanus* and *Candidatus L. americanus*), that cause greening disease (huanglongbing, HLB) in citrus. HLB is one of the most serious diseases of citrus in many countries across Asia, Africa, and North and South America, and is considered a threat to the survival of the citrus industry in the Mediterranean Basin, where the disease is not yet present (see Fig. 4 in expanded paper). A PBDM of the citrus/Asian citrus psyllid /*Candidatus L. asiaticus* system has been developed to summarize the available data in the literature, and used to assess prospectively the geographic distribution and relative yield of citrus, the relative densities of the psyllid, its parasitoid (*Tamarixia radiata*, currently used in classical biological

control programs), and the potential severity of HLB in North America and the Mediterranean Basin. Prospectively, the joint favorability suggests the eastern Mediterranean region is at greatest risk, with only Sicily and small areas of southern Spain included in the upper half of the range (see Fig. 5 in expanded version of this paper).

Other PBDM assessments

Other recent prospective PBDM assessments of crop-pest systems relevant to the Mediterranean Basin include: fruit tree hosts/Mediterranean fruit fly (*Ceratitis capitata*), grapevine/European grapevine moth (*Lobesia botrana*), tomato/tomato leaf miner (*Tuta absoluta*),

alfalfa/interacting pests, cotton/pink bollworm (*Pectinophora gossypiella*), and spotted wing Drosophila (*Drosophila suzukii*). Only in the case of *D. suzukii* was the host plant not modeled as it attacks more than 80 hosts and some are widely available for *D. suzukii* reproduction when temperatures are in the favorable range.

Conclusions

The Mediterranean Basin is a global change hot spot since, in addition to being a repository of bio-cultural diversity of global relevance, it is also being particularly challenged by climate change and biological invasions. This makes assessing and managing crop-pest dynamics in

the region extremely complex and difficult relative to other areas globally. ENEA's GlobalChangeBiology project in collaboration with CASAS Global has begun to tackle panoply of global change multifaceted pest problems, using physiologically-based weather-driven geospatial modeling tools that enable mechanistic description of their biology (i.e., modeling), analysis of their dynamics and impact, and the development of environmentally sound management options. The success story for olive and olive fly is a template for analyses that provide governmental agencies with the scientific basis for developing sound policy required to adjust to global change including climate change in Europe and elsewhere.

REFERENCES

1. A.P. Gutierrez, L. Ponti, G. Gilioli (2010), "Climate change effects on plant-pest-natural enemy interactions", In *Handbook of climate change and agroecosystems: impacts, adaptation, and mitigation*, D. Hillel and C. Rosenzweig (eds.). Imperial College Press, London, UK, 209–237. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1142/p755>
2. C. Robinet, A. Roques (2010), "Direct impacts of recent climate warming on insect populations", *Integrative Zoology*, 5, 132–142
3. A.P. Gutierrez (1996), "Applied population ecology: a supply-demand approach", John Wiley and Sons, New York, USA
4. A.P. Gutierrez, L. Ponti (2013), "Eradication of invasive species: why the biology matters", *Environmental Entomology*, 42, 395–411. <http://doi.org/10.1603/EN12018>
5. L. Ponti, A.P. Gutierrez, P.M. Ruti, A. Dell'Aquila (2014), "Fine-scale ecological and economic assessment of climate change on olive in the Mediterranean Basin reveals winners and losers", *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 111, 5598–5603. <http://doi.org/10.1073/pnas.1314437111>
6. L. Ponti, A.P. Gutierrez (2015), "Holistic approach to the invasion of olive by the pathogen *Xylella fastidiosa* in the Mediterranean Basin", *IFOAM Agribiomediterraneo International conference "Agroecology for Organic Agriculture in the Mediterranean"*, 10-13 September 2015, Vignola Castle (Modena) and SANA Bologna, Italy. Abstract Book, 22

Olivicoltura: il Modello Canino e le prospettive in Nord Africa

Negli anni 90 il III e IV Programma Quadro della Ricerca Europea, i cosiddetti “Framework Program”, ebbero un ruolo veicolante fondamentale in Italia per l’unificazione della ricerca sulla lotta integrata e la sua diffusione in Europa meridionale

DOI 10.12910/EAI2016-047

di **Stefano Gazziano**, ENEA

Alcuni articoli nella rubrica Focus di questo numero della rivista hanno illustrato in maniera esaustiva come è andata in Italia e come ha funzionato l’innovazione di processo nella olivicoltura a Canino (articoli di Claudio Mazzuoli, Fabiana Fadanelli e di Karin Nichterlein et al.). Chiudiamo la parte dedicata al quadro internazionale con una descrizione di un aspetto meno noto: l’adozione di quel modello in Andalusia e in Grecia negli anni 90 e della potenzialità che tuttora il sistema di lotta integrata e di innovazione di processo potrebbe avere nelle altre regioni olivicole in Tunisia. I regolamenti CEE 3868/87 e 1823/89 stabilirono aiuti alla riconversione “ecologica”, come si definiva allora, dell’olivicoltura italiana. Molto saggia

fu l’intuizione della segreteria del Ministro delle Politiche Agricole dell’epoca di centralizzare un supporto nazionale tecnologico e metodologico alle varie associazioni provinciali degli olivicoltori. Ciò permise di definire l’esperienza ENEA come modello da diffondere nelle altre regioni italiane. L’incarico di consulenza e supporto ai progetti provinciali fu affidato alla Cooperativa Energia e Territorio di Viterbo, della quale era presidente Valerio Baldacchini, scomparso due anni fa, motore della trasformazione. Il mio ruolo, in quanto vicepresidente, era seguire gli aspetti e le possibilità di finanziamento internazionali. Negli anni 90 la realtà del mondo associativo olivicolo era molto frammentata, una pluralità di associazioni per provincia, ciascuna facente capo

a una Unione Olivicola Nazionale, risultato della multipartizione politica del Paese sorto nel Dopoguerra. Il supporto finanziario alle iniziative, garantito dal Ministero dell’Agricoltura, contribuì certamente al vero salto di qualità dell’olivicoltura Italiana. Il processo di innovazione si interruppe poi negli anni successivi. Credo di poter oramai serenamente testimoniare come questa frammentazione portò, negli anni successivi, all’assegnazione diretta alle Associazioni provinciali dei finanziamenti dei regolamenti successivi, con un sistema “a pioggia” in base a logiche locali. In questo modo fu disperso il contributo pubblico all’innovazione, anche se imprenditori illuminati mantennero i risultati ottenuti. Diversa fu la storia negli altri due pae-



si grandi produttori: Spagna e Grecia. Con l'introduzione dei Programmi Quadro europei, nel 1989 fino al 1995 fu attivo il progetto "ECLAIR 209", dedicato alla lotta integrata (Integrated Pest Management) e all'innovazione di processo nella olivicoltura. All'epoca l'obiettivo principale della UE era creare la *European Research Area* e mettere in collegamento le istituzioni di ricerca ed universitarie europee, obiettivo che fu effettivamente raggiunto.

In Italia l'esperienza di partecipazione era scarsissima e anche in un Ente come l'ENEA, già abituato ad avere rapporti internazionali, vi erano difficoltà amministrative, come ve ne erano in Spagna e Grecia. Il risultato fu che a coordinare quello che probabilmente è rimasto il più importante investimento europeo per la ricerca

in olivicoltura¹ furono i britannici della *University of Wales, College of Cardiff*, guidati da un carismatico ed energico professore².

Il Progetto *ECLAIR 209* mise per la prima volta insieme un team straordinario che stabilì rapporti tuttora vivi, ma segnò anche l'ingresso in Andalusia dell'esperienza di ENEA. La *Junta de Andalucia* prese molto sul serio l'ingresso nella Comunità Europea, selezionò un gruppo stabile di funzionari regionali da inviare a Bruxelles e utilizzò i fondi europei per creare strutture permanenti di supporto come centri di innovazione e servizio locali dotati di strumentazione avanzata e personale competente. La *Denominación de Origen Sierra de Segura* fu per la prima volta applicata seguendo materiali e metodi tratti dall'esperienza viterbese; inoltre spa-

gnoli e italiani lavorarono insieme alla ricerca e sviluppo delle metodologie. In questo modo decollò, insieme a quella italiana, anche la qualità delle produzioni di olio spagnolo.

In Grecia il team del Centro Nazionale *Demokritos* seguì linee di ricerche parallele e in stretta collaborazione con il dottor Ugo Cirio, che dirigeva le attività in ENEA.

Il progetto *ECLAIR 209* si concluse dopo cinque anni di gran lavoro collettivo, con una disseminazione di proposte di minore entità, alcune delle quali nei programmi *IMPACT* e *SPRINT* del IV e V PQ furono coordinati direttamente dalla Cooperativa CE&T, che aveva acquisito esperienza internazionale sufficiente: applicazioni GIS, modelli di simulazione della dinamica delle popolazioni infestanti, sistemi esperti

di intelligenza artificiale, furono sviluppati e adottati in varia misura in Italia, Spagna e Grecia.

Dopo venti anni quei modelli di Integrated Pest Management, difesa e produzione erano oramai accettati come lo standard per le produzioni di qualità, migliorati e diversificati

della ricerca di cui si è sin qui scritto, potrebbero rappresentare una importante opportunità per contribuire non solo alla qualità dell'olio, ma anche allo sviluppo ed al benessere della sponda Sud del Mediterraneo, attraverso i meccanismi della Cooperazione Italiana.

sistema democratico tuttora, purtroppo, in grande sofferenza politica e sociale. La stabilità sociale in Tunisia, e in tutto il Maghreb, dipende fortemente dallo sviluppo economico, che genera occupazione ma che a sua volta dipende da adeguate ed economiche forniture di energia



nel tempo in numerose versioni. È lecito affermare che ovunque in Europa meridionale si produca olio di oliva di alta qualità, tracce significative di quella ricerca e sviluppo sono marcatamente presenti ancora oggi. Oggi quelle competenze e i risultati

La Tunisia, a noi geograficamente molto vicina, vive una difficile stagione politica nella quale è necessario il supporto dei Paesi europei, in primo luogo l'Italia. La Tunisia ha superato la crisi del 2011, unico tra i Paesi coinvolti, stabilizzando un

elettrica, acqua, calore. Il contributo della Cooperazione Italiana può essere fondamentale come fattore di sviluppo economico sostenibile, di trasferimento tecnologico, di aumento della capacità produttiva locale, di miglioramento della formazione

professionale e accademica e di incremento di occupazione possibilmente qualificata, con conseguente migliore stabilità sociale.

Considerata la situazione economica e agronomica tunisina, un intervento di grande valore potrebbe essere attivare una innovazione di processo nell'agroalimentare nel miglioramento della qualità della produzione olivicola/oleicola, sul modello di quanto avvenuto in Italia negli anni 1980-90. La valorizzazione delle produzioni di olio di oliva di qualità in Italia a suo tempo aveva permesso sostanzialmente di triplicare i livelli economici ed occupazionali. Analogo processo è auspicabile in Tunisia. All'obiezione sulla concorrenza che l'olio tunisino farebbe all'olivicoltura italiana, si può rispondere evidenziando e stigmatizzando come già oggi esista una reiterata e illegale abitudine di mescolare olio importato da Turchia, Marocco e Tunisia con quello italiano per incrementare la produzione nazionale, pratica che danneggia fortemente i produttori onesti del nostro Paese.

Il miglioramento della produzione agricola e olivicola tunisina rappresenta invece non tanto un fattore di concorrenza, quanto un'opportunità per i produttori di qualità italiani, vista la situazione di crisi della olivicoltura italiana sia per motivi climatici sia per pericoli di infestazione,

che provocano gravi danni alle produzioni. L'approvvigionamento di olive tunisine di qualità controllata e garantita potrebbe essere di fondamentale aiuto nei prossimi anni.

In generale, comunque, il miglioramento della qualità delle produzioni agricole rappresenta una grande opportunità per la Tunisia, che vende il 90% del suo olio all'ingrosso sui mercati di Spagna e Italia.

Per lo sviluppo del settore è perseguibile la strada del progetto pilota, da localizzare nelle zone già a maggiore vocazione qualitativa e replicabile successivamente grazie alla partnership con la principale associazione di olivicoltori tunisina.

Un progetto di questo tipo è attualmente in cantiere tra ENEA, Kyoto Club, il mondo della olivicoltura italiana ed altri operatori, e sarà sottoposto alla nuova Agenzia Italiana per la Cooperazione allo Sviluppo nel prossimo autunno/inverno.

Seguendo il *Modello Canino* sviluppato dall'ENEA, si possono attuare progetti pilota di introduzione di tecniche innovative di difesa della coltivazione (Integrated Pest Management), conferimento a ciclo continuo, molitura e conservazione in atmosfera di azoto mutate dalla esperienza italiana degli anni 80 e 90. Queste tecniche, accompagnate da azioni di comunicazione sul marchio "Olio Tunisia

di Qualità", potrebbero promuovere la commercializzazione dell'olio tunisino non tanto in Europa ma verso i Paesi del Medio Oriente e del Golfo.

Sulla base dei dati dell'analogo processo d'incremento qualitativo in Spagna ed Italia, abbiamo stimato un aumento del rendimento economico delle produzioni di circa il 50%, equivalente ad un aumento in valore della produzione di circa 300 milioni di dinari tunisini (ca. 130 milioni di euro, agosto 2016) ed il raddoppio di occupati nel settore olivicolo tunisino, che in cifre può valere poco meno di 150 mila nuovi posti di lavoro permanenti, equivalente ad un incremento del 4% dell'occupazione su scala nazionale³.

Un processo di tale portata può essere sviluppato con un investimento di non più di 15-20 milioni di euro, per almeno cinque anni, ampiamente disponibili attraverso i 145 milioni di "aiuti alla bilancia dei pagamenti" della Cooperazione Italiana.

Un'occasione, per l'Italia, di valorizzare una delle sue eccellenze agroalimentari, contribuendo a creare sviluppo, intrinsecamente apportatore di pace, in un paese vicino la cui stabilità è anche di interesse strategico per l'Italia.

*Per saperne di più:
stefano.gazziano@enea.it*

¹ Circa 12 milioni di ECU, se non ricordo male, in valuta 1990.

² Professor Peter Thomas Haskell, BSc PhD DIC CMG, 1923-2012 <http://www.cardiff.ac.uk/obituaries/obituary/peter-haskell>

³ http://www.ins.nat.tn/publication/Mesure_de_la_pauvrete.pdf

Francesca Mancini

FAO



Claudio Ioriatti

Fondazione
Edmund Mach

.....
Punto & Contropunto è mediata da una tradizione anglosassone. In molte riviste, ma anche in testi divulgativi, si mettono a confronto sullo stesso argomento le opinioni di personalità provenienti da approcci empirici e culturali differenti. Anche la nostra rivista intende proporre questa modalità
.....

1. Le strategie di controllo integrato degli insetti nocivi e di altri parassiti che vengono sviluppati dai centri di ricerca hanno successo solo se adottate dagli agricoltori. Quali sono le modalità e gli approcci che la vostra organizzazione utilizza per promuovere la loro adozione su larga scala?

M: La FAO promuove un approccio alla lotta integrata che riconosce il ruolo centrale dell'agricoltore nello sviluppo di soluzioni innovative alla gestione e protezione delle colture. Lo scopo principale della protezione integrata è quello di arrivare ad una gestione della coltivazione in cui si previene che gli insetti diventino una minaccia. Questo significa soprattutto mantenere gli equilibri ecologici e i meccanismi naturali di regolazione presenti nell'ecosistema. Poiché le relazioni agroecologiche alla base della protezione integrata sono inerenti ad uno specifico ecosistema e variano con fattori ambientali quali per esempio le condizioni climatiche, l'umidità del suolo, la presenza di insetti benefici, efficaci decisioni di gestione del coltivo non possono essere basate su precostituiti pacchetti di pratiche. Al contrario, è essenziale trovare soluzioni che riflettano la reale situazione di campo. Ed è altrettanto essenziale che l'agricoltore abbia le conoscenze e l'esperienza per poter assumere decisioni di gestione appropriate.

La FAO ha, dunque, da oltre trent'anni investito su programmi partecipativi di campo per educare i coltivatori ai principi ecologici della protezione integrata ed aiutarli a diminuire la dipendenza da controllo chimico, sviluppata soprattutto su colture come il riso, il cotone e gli ortaggi. Le scuole di campo partecipative, note come Farmer Field Schools, sono condotte in villaggi all'aperto per piccoli gruppi di agricoltori e forniscono loro l'opportunità di sperimentare interventi di protezione della pianta, specifici per i loro sistemi produttivi.

I: In seno alla Fondazione Edmund Mach convivono tre centri: il Centro di Ricerca e Innovazione, il Centro di Trasferimento Tecnologico e il Centro di Istruzione e Formazione. La copresenza in un unico luogo di tre strutture organizzative che si occupano di ricerca, sperimentazione, consulenza, istruzione e formazione permanente è un primo importante fattore che favorisce il trasferimento della conoscenza dal luogo nel quale essa viene elaborata fino al campo nel quale trova applicazione. La Fondazione viene quindi a costituire un ambiente nel quale ricercatori, sperimentatori e consulenti di campo integrano, con un messaggio aggiornato e con delle evidenze pratiche, le lezioni scolastiche offrendo agli studenti la possibilità di frequentare laboratori e campi sperimentali per acquisire



diretta conoscenza dell'evoluzione tecnica apportata dalla ricerca e dalla sperimentazione. D'altra parte il Centro di Trasferimento Tecnologico si fa carico di sperimentare e validare l'innovazione tecnica in ambito fitoiatrico attraverso delle prove dimostrative condotte presso delle aziende rappresentative sul territorio nell'ambito di accordi di programma stipulati annualmente con l'Associazione dei produttori, i cui risultati sono a loro volta materiale di discussione negli incontri con gli agricoltori che accedono ai corsi di formazione permanente.

2. Nelle vostre esperienze, quale è il ruolo delle cooperative e quale, quello delle organizzazioni dei produttori

agricoli nell'adozione di approcci sostenibili al controllo dei parassiti?

M: I programmi FAO lavorano con le comunità rurali e cooperative contadine per formare una "massa critica" di agricoltori che praticano e sostengono l'approccio integrato all'agricoltura. Questo modello comunitario ha mostrato benefici in temi di espansione sul territorio e durata dei risultati, soprattutto nell'agricoltura di piccola scala. Le cooperative e le organizzazioni contadine non solo permettono la condivisione di conoscenze ed esperienze fra gli agricoltori, ma generano anche benefici economici, come un preferenziale accesso a meccanismi



di micro-credito e ai mercati sia locali che internazionali, in particolare per prodotti che sono stati coltivati con metodi sostenibili. Le cooperative possono avere inoltre un ruolo importante nei servizi di sostegno alla lotta integrata come la produzione e la commercializzazione in loco di biopesticidi, questi ultimi ancora troppo poco reperibili nei mercati locali, soprattutto africani. Infine, l'approccio comunitario concilia il progresso economico con quello politico e sociale, dando agli agricoltori il potere di influenzare le politiche agricole nazionali in favore di un'agricoltura più sostenibile.

I: Il sistema della cooperazione, che interessa, in funzione della coltura, l'85-90% della produzione agricola trentina, ha un ruolo fondamentale nella promozione di strumenti e strategie sostenibili. Fin dagli inizi degli anni novanta, la cooperazione si è fatta promotrice di protocolli di autodisciplina per la difesa integrata di melo e vite, che si sono poi evoluti nell'attuale adozione di disciplinari di produzione integrata volontari, applicati sulla pressoché totale produzione frutti-viticola trentina. Nello stesso tempo il sistema della cooperazione promuove e sostiene anche finanziariamente programmi di ricerca, sperimentazione e attività dimostrativa, finalizzati alla riduzione dei residui di fitofarmaci sulla frutta e alla mitigazione della contaminazione ambientale. Attraverso questi strumenti programmatori è stato possibile per esempio applicare su scala territoriale alcune tecniche di controllo dei parassiti quali la confusione sessuale per i

torticidi o la lotta ai vettori di fitoplasmosi, ma anche il controllo generalizzato dei mezzi di distribuzione degli antiparassitari e l'implementazione di strumentazioni e tecniche di trattamento che massimizzano l'efficacia e mitigano la deriva dei fitofarmaci.

3. Il quadro dei parassiti che attaccano una coltura è in continua evoluzione, anche per effetto dei cambiamenti climatici e per l'introduzione più o meno casuale di specie aliene/esotiche. Come assicurate i necessari adattamenti delle strategie di controllo integrato utilizzate dagli agricoltori?

M: L'aumento di temperatura provocato dal cambiamento climatico sta portando a cambiamenti sugli areali di distribuzione e del ciclo fisiologico dei parassiti, ma anche su quelli degli insetti predatori e sulle risposte delle piante ai metodi di controllo. Alcuni studi fatti in Giappone mostrano che in zone sub-tropicali e temperate, gli insetti predatori hanno un potenziale di crescita anche superiore a quello dei parassiti. Altri studi suggeriscono che con l'aumento del calore le piante diventeranno più tolleranti agli erbicidi. È quindi importante comprendere le evoluzioni non solo del singolo parassita, ma dell'intero sistema produttivo. Nei programmi FAO di lotta integrata s'investe sull' "adaptive management" per rispondere a un ambiente in continua evoluzione e sull'aumentare la resilienza dei sistemi agli shock climatici.

A livello internazionale la prevenzione e gestione delle specie esotiche invasive si basa anche sullo scambio di informazioni fra paesi e su un miglior uso degli esistenti strumenti internazionali, quali la Convenzione Internazionale per la Protezione dei Vegetali (IPPC), le linee guida sulla biosicurezza e sul commercio internazionale dell'Organizzazione Mondiale del Commercio.

I: La continua evoluzione sia del quadro fitopatologico che degli strumenti di controllo dei parassiti a disposizione degli agricoltori impone un costante aggiornamento delle linee tecniche suggerite dai disciplinari di produzione.

La commissione tecnica all'uopo incaricata si avvale dell'informazione dei tecnici della consulenza capillarmente diffusi sul territorio per conoscere l'evoluzione in campo dei parassiti e della collaborazione dei ricercatori e sperimentatori per apprendere le più recenti novità in fatto di mezzi di controllo.

Queste informazioni sono basilari sia per meglio impiegare gli strumenti di lotta già disponibili sia per supportare l'eventuale richiesta agli organismi deputati di uso eccezionale di mezzi di controllo non ancora autorizzati per l'impiego da parte degli agricoltori.

4. L'assistenza tecnica ha un costo, che è superiore nei casi in cui gli agricoltori assistiti sono piccoli coltivatori. Nei casi in cui siete impegnati, chi finanzia queste attività e attraverso quali modalità?

M: I primi programmi regionali di scuole di campo su lotta integrata in Asia, Africa e Medio Oriente sono stati finanziati dai grandi donatori internazionali quale la Commissione Europea e le cooperazioni internazionali, inclusa quella italiana. Con l'evolversi e il successo dell'approccio, un numero crescente di organizzazioni di ricerca e sviluppo hanno integrato la formazione partecipativa dei piccoli agricoltori nei loro programmi. Successivamente, alcuni governi, riconoscendo il valore e l'importanza di emancipare gli agricoltori per uno svi-

luppo agricolo più sostenibile, hanno riorientato il loro sistema di assistenza tecnica rurale, abbandonando il metodo basato sul trasferimento delle tecnologie a favore delle scuole di campo. Questo processo di istituzionalizzazione nazionale è particolarmente avanzato in alcuni paesi dell'Asia, quali l'India e l'Indonesia. L'uso di fondi pubblici per la diffusione delle pratiche di lotta integrata è un importante segno di impegno e supporto politico da parte di questi paesi. Ciononostante, la realizzazione di programmi di lotta integrata a scala nazionale incontra altre sfide oltre quella della disponibilità di fondi, quali per esempio la continua e forte pressione dell'industria chimica sui coltivatori.

I: Fin dal 1979 gli agricoltori hanno potuto godere sul territorio di una capillare assistenza tecnica pubblica e gratuita. Ciò ha consentito da un lato di supplire e superare le iniziali carenze formative dell'agricoltore e dall'altro di diffondere la consapevolezza dell'importanza di realizzare un'agricoltura rispettosa della salute degli operatori e dell'ambiente. Nel corso degli anni il sistema della produzione si è evoluto dal punto di vista organizzativo ed è maturato sul piano della sensibilità verso la sostenibilità ambientale. In alcuni settori, come quello viti-enologico e quello dei piccoli frutti, la consulenza tecnica è in gran parte erogata direttamente dalla cooperazione che ne supporta anche i costi. Diversa la situazione nel settore frutticolo e nelle produzioni biologiche, dove permane ancora un servizio di consulenza tecnica fornito dal Centro di Trasferimento Tecnologico della Fondazione sulla base di convenzioni onerose stipulate con le cooperative e le organizzazioni dei produttori.

5. Avete messo in essere sistemi di monitoraggio e valutazione delle attività che state implementando? Come funzionano?

M: I programmi FAO di lotta integrata prestano molta attenzione ai sistemi di monitoraggio e valutazione delle attività. L'obiettivo di questi monitoraggi è duplice: as-

sicurare qualità nella formazione degli agricoltori e valutare i risultati della gestione della coltura. Agricoltori e formatori nelle scuole di campo monitorano i campi settimanalmente raccogliendo dati sulla salute e crescita del coltivo, l'incidenza di eventuali malattie, e la presenza di insetti. I dati registrati, discussi e interpretati dal gruppo con l'assistenza dei formatori specialisti, portano alla formulazione di decisioni gestionali. Alla fine della stagione, i gruppi fanno una valutazione generale dei risultati in termini di produttività e rendimento della coltura, inclusi i costi di produzione.

I: Le modalità di monitoraggio e valutazione sul grado di applicazione dei disciplinari di produzione integrata sono codificate e messe in atto da un sistema di controllo interno e certificate da un organismo terzo. Il sistema, organizzato dagli stessi produttori e supervisionato da una commissione di vigilanza istituita dal governo provinciale, prevede delle visite direttamente in azienda, il controllo della puntuale tenuta dei quaderni di campagna e il prelievo di campioni di materiale vegetale sia durante la stagione che alla raccolta per l'esecuzione di analisi sulla qualità e quantità dei residui di fitofarmaci presenti. È pertanto possibile conoscere a fine stagione il livello di non conformità presenti ed eventualmente di sanzionare, laddove previsto, i produttori che non abbiano ottemperato a quanto previsto dal disciplinare.

6. Qual è stato l'impatto sociale, economico e ambientale dell'introduzione del controllo integrato dei parassiti nei contesti in cui operate?

M: L'esperienza asiatica nei programmi FAO di lotta integrata ha mostrato che rafforzare le conoscenze ecologiche degli agricoltori e restituire loro il controllo sulla gestione delle pratiche colturali ha importanti impatti economici e sociali.

La pratica della protezione integrata da parte dei coltivatori di cotone per esempio, ha permesso una riduzione dell'uso dei pesticidi addirittura fino al 75% rispetto ai livelli medi usati negli anni novanta. In India, nei casi di maggior successo, i coltivatori hanno ottenuto una

riduzione della quantità di ingredienti attivi da 1000 a 250 ml per ettaro per stagione. Valutazioni economiche condotte con gli agricoltori praticanti hanno dimostrato un aumento del risultato economico della coltura fino al 23%, ottenuto grazie a raccolti più consistenti e a una significativa riduzione delle spese di produzione. In Pakistan, una percentuale pari al 12% dei contadini formati attraverso le scuole di campo, ha valicato la soglia della povertà grazie a quest' aumento di reddito. L'esposizione a sostanze tossiche, in particolare agli organofosfati ancora molto usati nei paesi in via di sviluppo, è stata minimizzata, con effetti positivi immediati sulla salute degli applicatori. Per esempio, l'incidenza dell'avvelenamento acuto da pesticidi si è dimezzata in alcune aree, dove l'intervento di formazione è stato più concentrato.

I: L'introduzione della difesa integrata ha consentito di tutelare innanzitutto la salute dei produttori e di promuovere la consapevolezza dei potenziali rischi ambientali che possono derivare dalla pratica agricoltura quando non viene prestata la dovuta attenzione all'impatto ambientale di fitofarmaci e fertilizzanti. Dal punto di vista economico, l'adozione generalizzata del disciplinare di produzione integrata ha permesso di poter soddisfare gli standard qualitativi imposti dal mercato rispetto ai residui di fitofarmaci e di ottenere agevolmente le maggiori certificazioni di processo richiesta dai principali canali di distribuzione. Di conseguenza è stato possibile confermare quote di mercato pregiato e assicurare al produttore un'adeguata remunerazione del prodotto.

Siamo però consapevoli che se il percorso fin qui fatto consente di garantire elevati standard qualitativi della produzione, ancora molta strada deve essere fatta per conseguire una generalizzata accettabilità sociale del processo produttivo.

7. Secondo la vostra esperienza, che ruolo hanno e quale ruolo avranno gli Enti di ricerca nella difesa delle colture dagli insetti nocivi?

M: Il ruolo della ricerca è cambiato molto negli anni successivi alla rivoluzione verde. I centri di ricerca e sviluppo internazionali si sono avvicinati sempre più a modelli di ricerca partecipativa che mira ad alimentare l'innovazione dal basso verso l'alto. L'Unione Europea, nella sua "framework for research and innovation", riconosce l'importanza del coinvolgimento del settore civile nella ricerca responsabile e innovativa. Questo approccio alla scienza rafforza la ricerca, rendendola più creativa e democratica ed aumentando la rilevanza sociale dei suoi risultati.

Alcuni centri internazionali di ricerca, come per esempio il Centro Internazionale della Patata (CIP), hanno già intrapreso questo processo di co-evoluzione con organizzazioni non governative, divulgatori e agricoltori in programmi di lotta integrata ai parassiti della patata.

La ricerca sulla difesa delle colture ha inoltre il compito di informare le politiche, incluse quelle ambientali e di salute pubblica. Esistono già esempi di grande interesse nei paesi in via di sviluppo. L'Indonesia eliminò i sussidi ai pesticidi per sostenere un programma nazionale di

lotta integrata sul riso. Il Mozambico nel 2014 ha vietato la registrazione e l'uso di pesticidi altamente tossici a seguito dei risultati di un progetto di ricerca su metodi alternativi.

I: L'attività svolta dagli Enti di ricerca è ora e lo sarà sempre nel prossimo futuro, di grande importanza nello sviluppo di strumenti di controllo degli insetti nocivi alle colture. In un mondo globalizzato, in cui si registrano una intensificazione della mobilità delle persone e un incremento degli scambi commerciali, aumenta anche il rischio di introduzione di specie aliene che possono compromettere i positivi risultati raggiunti con la difesa integrata.

Il recente avvento di specie invasive, quale conseguenza dei cambiamenti climatici (*Planococcus ficus*) o per effetto dell'introduzione casuale lungo i flussi commerciali (*Drosophila suzukii*, *Halyomorpha halys*), ha evidenziato quanto sia strategico poter contare su una rete di collaborazioni internazionali sviluppata dagli Enti di ricerca che consenta di mettere a fattore comune conoscenze e risorse, al fine di trovare rapidamente soluzioni efficaci ed economicamente sostenibili da proporre agli agricoltori.

Come cambia il paese dal punto di vista della cultura della comunicazione

Questo articolo è tratto dall'intervento del Prof. Mario Morcellini, Presidente della Conferenza Nazionale dei Presidi di Scienze della Comunicazione, alla presentazione del primo numero 2016 di *Energia, Ambiente e Innovazione*, ENEA Magazine

di **Mario Morcellini**, Dipartimento di Comunicazione e Ricerca Sociale alle Comunicazioni istituzionali, Università di Roma Sapienza

S secondo le più recenti ricerche scientifiche, disponiamo di un contesto sociale volto all'innovazione, che crea un'*atmosfera* idonea per progetti che assecondano il cambiamento culturale e scientifico della società. D'altra parte, l'Italia ha storicamente mostrato difficoltà a sciogliere la problematica della *riduzione della complessità dei temi rilevanti*; un tema che dovrebbe essere appannaggio del mondo dell'informazione e della comunicazione, in quella sua declinazione particolare che chiamiamo *divulgazione* (a cominciare dai titoli, che giocano un ruolo fon-

damentale nel catturare l'attenzione dei lettori).

Perché allora ci può essere ottimismo nel lanciare in questo momento una rivista che cambia, mostrandosi sensibile al tempo presente?

Uno dei nodi più importanti da esaminare riguarda proprio la maggiore consapevolezza, rispetto al passato, che *esiste un problema di divulgazione*. L'Università, più delle comunità scientifiche esterne – come l'ENEA – è rimasta indietro nella necessità di comunicare in modo “moderno”, cioè in un'epoca nella quale sono aumentate le competenze medie del pubblico. Il nostro tempo è afflitto

da due fenomeni. Il primo è l'ignoranza pubblica, peraltro in aumento, soprattutto nella politica: esiste una scarsissima capacità, da parte della politica, di leggere qualcosa che non siano solo gli editoriali. Se i politici sfogliassero meno mazzette di giornali e leggessero qualche libro in più, forse la cultura pubblica ne trarrebbe vantaggio. Il secondo problema è legato al modo in cui si raccontano la scienza e l'innovazione. Per fare solo un esempio, non si potrà mai parlare adeguatamente del cambiamento climatico se non si riuscirà a risolvere, meglio che in passato, la questione dei registri comunicativi, ovvero del



rapporto tra semplificazione e necessità che alcuni contenuti debbano essere resi in una forma argomentata. Il sistema comunicativo italiano sembra rifuggire l'argomentazione, mostrando difficoltà ad elaborare concetti complessi. Quasi tutti i temi sensibili della società, dalla formazione universitaria alla ricerca, alla salute, alla medicina e le sue scoperte, soffrono drammaticamente del fatto che *il giornalismo non riesce a trasformare temi complessi in temi condivisibili con la società stessa.*

Una riflessione sulla divulgazione appare dunque ineludibile. Da ricerche e studi sul tema che provengono dall'estero, sappiamo che in altri paesi c'è più capacità di fare *storytelling*, ovvero di trasformare il racconto

della scienza e dell'innovazione anche utilizzando la straordinaria ricchezza dei linguaggi della modernità. Con i video, ad esempio, che sono forse ancora, nonostante la fortuna della rete, il medium più universale di apertura verso pubblici vasti. La televisione da questo punto di vista potrebbe fare moltissimo, ma dubito che sia all'altezza di questa sfida, anche se la nostra televisione è anche in parte servizio pubblico. Tuttavia, tra i temi della consultazione che il Governo aveva lanciato sul servizio pubblico televisivo¹, c'era anche un panel in cui al centro della riflessione sono evidenziate le necessità di relazione tra servizio pubblico, scuola, università e ricerca. Nel servizio pubblico non dobbiamo poi dimen-

ticare la radio, che mantiene ancora alta la sua capacità divulgativa, anche rispetto alla televisione.

Come cambia il paese dal punto di vista della cultura della comunicazione? È questo il tema che mi preme trattare brevemente in questo intervento, perché può caricarci di un po' di entusiasmo la notizia di una rivista che nasce, in quella che il Vangelo definirebbe "la pienezza dei tempi", ovvero *quando le condizioni sociali militano a favore del cambiamento.* Queste condizioni oggi ci sono. La politica non se ne accorge, ma la società civile, la ricerca e gli intellettuali non possono negare che *i dati sullo sviluppo del cambiamento formativo e culturale italiano, più di quello comunicativo, ci dicono che la*

sfida diventa sostenibile. Il Paese sta abbandonando la televisione e i vecchi media, non è più stupidamente e banalmente appiattito sulla dominanza di un medium universalistico, un *mainstream* che diventa un format. L'Italia è stato a lungo un Paese di monocultura televisiva, di pauperismo argomentativo, di primitivismo della possibilità di orientare le nostre conoscenze su fonti plurali di stimolazione della mente. Questo Paese è stato a lungo un Paese tele-dipendente. Oggi siamo un Paese tele-indipendente. Ogni ora in meno che si passa davanti alla televisione – oppure ogni minuto in più passato criticamente davanti alla televisione – libera tempi di attenzione per la letteratura e la divulgazione scientifica, soprattutto se vivace, innovativa, coraggiosa.

Sono infatti in crisi i consumi legati:

- alla televisione, che ha perso la sua centralità, soprattutto quella qualitativa. Non diminuisce tanto il tempo trascorso davanti alla tv, ma i *livelli di concentrazione dell'attenzione*, quello che gli economisti con grandissima enfasi hanno chiamato "economia dell'attenzione". Pensate che fino agli anni 90 le culture giovanili italiane sono state tutte socializzate essenzialmente dalla televisione, più che dalla scuola. Ritroviamo questa influenza negli episodi di resistenza culturale e di *magismo* (perché c'è ancora magismo nella nostra società, ed è un elemento di rinforzo del populismo) ai quali assistiamo quotidianamente;
- alla radio, che pure è un mezzo strepitosamente moderno, sebbene in Italia non riesca a raggiungere livelli industriali e di diffusione paragonabili ad altri media come la televisione. In Francia e in Spa-

gna la radio ha più diffusione della televisione. In Italia siamo attestati su un 60%, mentre la televisione ha una diffusione dell'85-90%, fermo restando il calo dell'*economia dell'attenzione* di cui si diceva poc'anzi;

- all'editoria giornalistica in tutte le sue forme: giornali, riviste e rotocalchi soffrono di una crisi perseverante e incalcolabile. Si tratta di una crisi clamorosa, tenuto conto che l'Italia è stato il Paese leader in Europa per i rotocalchi;
- ai libri, che tuttavia sono però *nettamente meno in crisi dei giornali e delle riviste*, nonostante essi rappresentino la forma più complessa dell'elaborazione cognitiva (la lettura di un libro esige tempo e concentrazione mentale, a differenza di quanto succede per la televisione e i giornali). La crisi dei libri è trascurabile rispetto a quanto avvenuto agli altri media a seguito della crisi economica, ciò a riprova del fatto che i libri sono, attualmente, un medium culturale *anticiclico*, che non soffre la caduta delle risorse economiche come invece è successo in passato.

È importante notare che in ogni crisi economica, anche in quella che stiamo sperabilmente lasciandoci alle spalle, le prime aree in cui gli italiani hanno risparmiato sono state la formazione, la cultura e l'informazione. Negli ultimi anni, al contrario, *la crisi economica non si è tradotta automaticamente in una riduzione di investimenti, soprattutto per l'elettronica di consumo, ma anche per i libri*. I tre media che stanno retrocedendo hanno occupato molto del tempo e dell'attenzione dei cittadini fino al 1993. Da quell'anno, quasi tutti i parametri di comportamento culturale degli italiani sono cambiati. Fino al

1993 l'Italia è stato un Paese segnato da pauperismo culturale e da una certa dipendenza dalla televisione, con scarse affinità ai comportamenti europei. Sappiamo che l'Europa non deve essere rappresentata come un mito, ma se si vive in un determinato contesto è almeno necessario uniformare gli standard. Ebbene, dal 1993 è in corso un processo di avvicinamento e addirittura, in qualche caso, di superamento dei parametri europei.

Possiamo tranquillamente affermare che, ormai, siamo un Paese sostanzialmente europeizzato nei comportamenti comunicativi, tranne che nella narrativa, dove siamo ancora molto deboli rispetto, ad esempio, a paesi come la Francia. E siamo, inoltre, un Paese incredibilmente più forte che in passato per la diffusione dell'esperienza universitaria. Questi due parametri vanno letti contestualmente: se si riflette su come progrediscono gli standard dei consumi culturali senza considerare la scuola e l'università, viene il dubbio che troppo spesso la forza della comunicazione non sia davvero un aumento del presidio di cultura e di partecipazione dei cittadini.

In passato avevamo sperato che bastasse distribuire più scuola, più informazione, più libri ai cittadini per rendere le persone migliori, più partecipi, più capaci di gestire la cosa pubblica e di appassionarsi ai beni comuni. Non sempre questa promessa del progetto moderno, che era per molti versi una promessa messianica, si è realizzata. Si è però indubbiamente realizzato un *aumento degli standard di sapere*, ovvero l'aumento dell'istruzione media e superiore, di quella universitaria (anche se negli ultimi anni si sta assistendo ad una sua flessione, soprattutto nel Sud e nel Centro Italia), dell'interesse per i

Dottorati di ricerca e per l'Alta formazione post-universitaria, con una serie storica davvero impressionante. Non dobbiamo dunque rassegnarci all'idea che *esiste solo la crisi*. I parametri dell'aumento della formazione sono forse deludenti per gli apocalittici, ma sono assolutamente indiscutibili per chi sa leggere comparativamente i dati dello sviluppo italiano. Basti pensare al dato sull'aumento della presenza delle donne nella formazione: il modo in cui esse sono diventate leader nei processi di formazione conferma che *i cambiamenti socioculturali profondi sono assicurati solo dalla cultura e dalla formazione*. La stessa cosa succede anche sulle migrazioni: la soluzione si evidenzia quando vengono messi insieme, a scuola, i nativi di un luogo e i migranti.

Sappiamo che la cultura è un vero e proprio *riduttore di difficoltà nell'attrito tra le persone*. Sappiamo anche che un preside dell'Università americana di Harvard, Derek Bok, ha pronunciato una frase sublime: "Se vi sembra che l'istruzione sia costo-

sa, provate con l'ignoranza". L'Italia con l'ignoranza ci ha già provato nei vent'anni del cosiddetto populismo, con la riduzione del peso del pensiero e del ragionamento. La frase di Bok dunque è per noi decisiva. Per poter creare un ambiente favorevole allo sviluppo e alla trasmissione della conoscenza dobbiamo sapere che le cose di cui parliamo hanno a che fare con il modello di sviluppo italiano. Se il modello dello sviluppo italiano non offre un'attenzione adeguata alla formazione, alla cultura, alla scienza, al sapere, resteremo sempre un Paese dipendente. E non solo per la debolezza delle materie prime, ma perché non saremo stati capaci di mettere a frutto i campi del sapere e del saper fare, in cui possiamo vantare carattere di vera e propria *unicità* nella storia dell'umanità (pensiamo alle eccellenze del pensiero, dell'arte, della creatività). Noi *ci chiamiamo Italia*, non possiamo essere un Paese che esita nell'individuare lo standard del proprio modello di sviluppo.

Concludo dicendo che la crisi dei

principali mezzi di comunicazione di massa lascia agli italiani moltissimo tempo in più da dedicare ad una diversa formazione, anche grazie a un paniere mediale molto più ricco e variegato di quello del passato. Basti pensare agli stimoli forniti dai consumi culturali eccellenti di teatro, lettura, eventi culturali, musica classica, musica leggera, nonché di altre forme di elaborazione del pensiero, come ad esempio la dimensione dei festival, ovvero tutto quello che ha a che fare con la condivisione della cultura. Gli Italiani sono molto più disponibili del passato ad una contaminazione di saperi pluralistica e in qualche misura autodeterminata. Noi dobbiamo partecipare a questo processo, fare compagnia alle persone che adottano stili di conoscenza e di vita favorevoli ad adottare idee e sentimenti nuovi. Solo così il processo di valorizzazione delle conoscenze avviato da questa Rivista potrà trovare le condizioni climatiche e culturali giuste per porsi a pieno titolo come fattore del movimento culturale in corso nel Paese.

¹ <http://www.governo.it/articolo/cambierai-al-la-prima-consultazione-pubblica-sulla-rai/4781>



Fioriture tossiche: un approccio integrato per la gestione di acque a rischio di contaminazione da cianotossine

In Italia sono periodicamente segnalati fenomeni di eutrofizzazione tossica con implicazioni sanitarie non solo per la balneazione, ma soprattutto per l'uso potabile e irriguo dei grandi bacini idrici. Lo sviluppo di soluzioni tecnologiche innovative attraverso l'integrazione di tecniche di monitoraggio e di trattamento di acque interessate dal fenomeno delle fioriture tossiche contribuisce alla gestione efficiente e sostenibile della risorsa idrica

DOI 10.12910/EAI2016-048

di Maria Sighicelli, Loris Pietrelli, Valentina Iannilli e Patrizia Menegoni, ENEA

I cianobatteri, organismi procari fotosintetizzanti noti anche come alghe blu-verdi, sono naturalmente presenti nei corpi d'acqua. Il loro sviluppo è legato a determinate condizioni climatiche e a particolari caratteristiche idrogeochimiche dei bacini. La crescente eutrofizzazione dei corpi idrici, dovuta all'aumento delle immissioni

di nutrienti di origine antropica, ha favorito la loro crescita anche a livelli elevati, con la conseguente formazione di fioriture spesso associate a produzione di sostanze tossiche. Queste ultime, note come *cianotossine*, si diversificano per proprietà chimiche e attività biologica e sono rilasciate nell'ambiente, principalmente per rottura di cellule senescenti, alle

quali l'uomo può essere esposto attraverso diverse vie.

Cosa sono le fioriture cianotossiche

Alcuni autori, negli ultimi anni, legano esplicitamente l'aumento della presenza dei cianobatteri al riscaldamento globale, che agirebbe come

Molecole tossiche: le Microcistine

Le cianotossine sono i prodotti del metabolismo secondario di numerose specie di cianobatteri. Tra queste, le microcistine (MCs), la cui struttura è formata essenzialmente da eptapeptidi monociclici (Figura 1), sono una famiglia di composti di cui finora si conoscono più di settanta isomeri. La struttura generale delle MCs è costituita da tre D-amminoacidi (D-alanina, D-eritro-β-metilaspártato e D-glutamato), dalla N-metildeidro-alanina, dall'Adda, un amminoacido aromatico caratteristico dei cianobatteri, e da due L-amminoacidi variabili, la cui natura identifica i diversi congeneri conosciuti. L'amminoacido Adda è essenziale per la caratteristica attività biologica delle tossine, infatti, la tossicità scompare completamente se si effettua l'ozonolisi di tale gruppo, mentre gli isomeri geometrici dell'Adda non presentano attività biologica: in generale, quasi tutte le modificazioni a carico dell'Adda generano composti non o molto poco tossici [2]. Le più diffuse sono: la MC-LR, la MC-RR e i suoi due/tre epimeri più frequenti, la MC-YR e la MC-LA. A causa dell'elevata tossicità, per alcune di queste il valore guida indicato dall'OMS (Organizzazione Mondiale della Sanità) per le acque destinate al consumo umano è di 0,001 mg/L. Le MCs sono molecole molto resistenti, a causa della

loro struttura ciclica: sono resistenti all'autoclave se l'ambiente è neutro; resistono alla bollitura, al forno a microonde e alla maggioranza degli enzimi digestivi. Solo l'idrolisi acida (per 24 h) riesce a ridurne la tossicità del 50% [1]. Le MCs sono caratterizzate da pesi molecolari che possono variare da 500 a 4000 Da, anche se la maggior parte delle MCs ha peso molecolare tra 900 e 1100 Da.

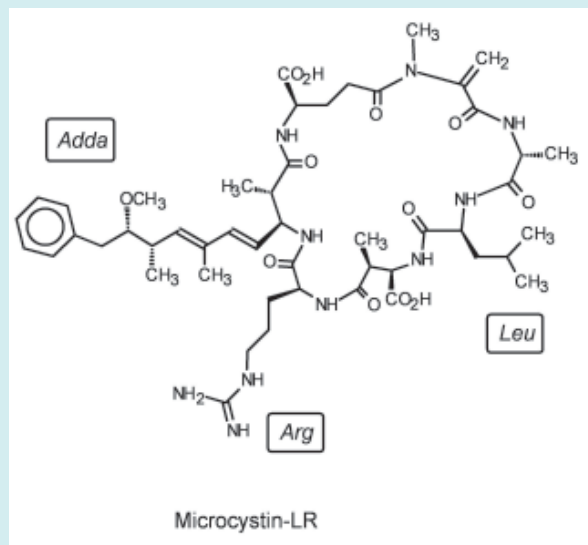
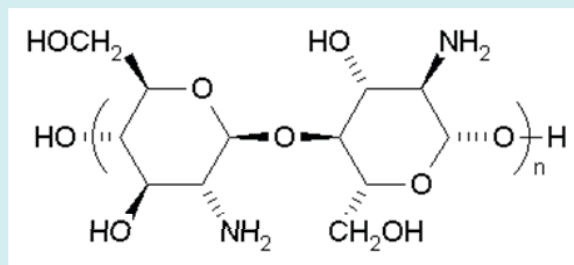


Fig. 1 Struttura della microcistina MC-LR

Biopolimeri: potenzialità del Chitosano

Il chitosano, la cui struttura è riportata in Figura 2, è un polimero naturale ottenuto industrialmente dalla deacetilazione della chitina, un polimero lineare dell'acetilamino-D-glucosio contenente gruppi funzionali amminici e ossidrili, che rappresenta il secondo polimero più abbondante in natura dopo la cellulosa. Grazie alla notevole abbondanza della chitina (ad esempio contenuta nei gusci di crostacei provenienti dagli scarti delle industrie alimentari) il chitosano è un materiale piuttosto economico, non è tossico, è biocompatibile e biodegradabile e presenta anche proprietà antibatteriche.



catalizzatore per le fioriture di cianobatteri. La loro presenza nelle acque può quindi determinare cambiamenti nella struttura dell'ecosistema e problemi nell'utilizzo della risorsa idrica da parte dell'uomo.

Fioriture cianotossiche a carico di alcune specie quali *Microcystis aeruginosa*, *Planktothrix rubescens*, *Anabaena flos-aquae* e altre specie produttrici di tossine sono segnalate da decenni in tutto il mondo. In Italia, diverse Regioni sono interessate da questo fenomeno. Anche nel Lazio, le acque dei laghi di Vico, Albano e Nemi, sono soggette a periodiche fioriture del cianobatterio noto con il nome di alga rossa, *Planktothrix rubescens*, come rilevato dall'Istituto Superiore di Sanità [1].

Allo stato attuale delle conoscenze del fenomeno in esame, si prevede un forte incremento delle attività di ricerca riguardanti la gestione delle acque contaminate da patogeni tossici. Limitare il fenomeno delle fioriture tossiche è strettamente legato a complesse e lunghe azioni di risanamento ambientale e di riduzione/

revisione delle attività antropiche che impattano sul territorio. Per affrontare il problema delle fioriture occorre, quindi, adottare strategie di gestione integrata, con misure opportune, a basso costo e funzionali alle procedure d'intervento per la gestione efficiente della risorsa idrica.

Nei nostri laboratori particolare attenzione è stata posta nello sviluppo e implementazione di metodi di trattamento per la rimozione sia di cianobatteri sia di cianotossine, utilizzando polimeri naturali a basso costo come il chitosano, e nella definizione di protocolli di diagnostica attraverso l'integrazione di tecniche innovative di monitoraggio delle acque. Il presente lavoro, quindi, vuole essere un contributo alla conoscenza del fenomeno delle fioriture cianotossiche e fornire una possibile soluzione di approccio integrato derivante dalle attività fin qui svolte dal nostro gruppo di ricerca.

Tra le numerose applicazioni di

questo polimero in campo medico, cosmetico e alimentare risulta di notevole interesse il suo impiego nell'ambito della depurazione delle acque vista la sua capacità di rimuovere numerose sostanze inquinanti. In particolare, il chitosano è stato sperimentato con successo nella rimozione di metalli e coloranti [3] e delle proteine, poiché i gruppi amminici e idrossilici presenti nel polimero funzionano rispettivamente come siti di coordinazione e come siti di attrazione elettrostatica per ioni e molecole. Inoltre, grazie alla sua struttura molecolare, il chitosano presenta un'alta affinità con varie classi di composti, quali ad esempio i prodotti del metabolismo secondario di cianobatteri [4]. Per migliorare le sue capacità meccaniche, il materiale, solitamente in forma di *flakes*, può essere trattato con vari agenti leganti, come ad esempio la glutaraldeide, fino a ridurlo in forma di membrane o di perle alterandone solo leggermente la capacità di adsorbimento. Il chitosano e la chitina non sono i soli polimeri

naturali utilizzabili, altri polisaccaridi quali xantano, carraginanano ecc. hanno le stesse potenzialità e sono stati pertanto testati nell'ambito delle attività di ricerca.

Soluzioni tecnologiche innovative per il trattamento delle microcistine

Impianti specifici in funzione per il trattamento delle acque contaminate da cianobatteri non esistono. Nella letteratura scientifica sono riportate prove in scala laboratorio/pilota di trattamenti convenzionali (coagulazione, flocculazione, filtrazione) in grado di rimuovere i cianobatteri, ma il loro utilizzo può determinare la rottura delle cellule con il conseguente rilascio di cianotossine. Processi di coagulazione e flocculazione, inoltre, richiedono l'impiego di reagenti chimici con il conseguente problema della salubrità dell'acqua destinata alla potabilizzazione. L'ossidazione chimica può distruggere le cellule, le cianotossine e altri composti presenti nell'acqua, pertanto, non essendo un processo selettivo, risulta difficile dosare i prodotti con conseguenti rischi per la salute (abbondanza di radicali ricombinabili fra loro).

La presenza, nelle cianotossine, di gruppi ossidrilici, amminici e carbossilici facilita l'adsorbimento su materiali quali carbone, ossidi metallici, argille ecc. Anche la microfiltrazione (MF) e l'ultrafiltrazione (UF) possono essere impiegate per la rimozione dei cianobatteri [4], alcuni studi, invece, prevedono differenti operazioni unitarie accoppiate tra loro. La filtrazione tangenziale a membrana, diffusa e utilizzata ormai da decenni anche nel trattamento delle acque potabili, consente la rimozione dei ciano-

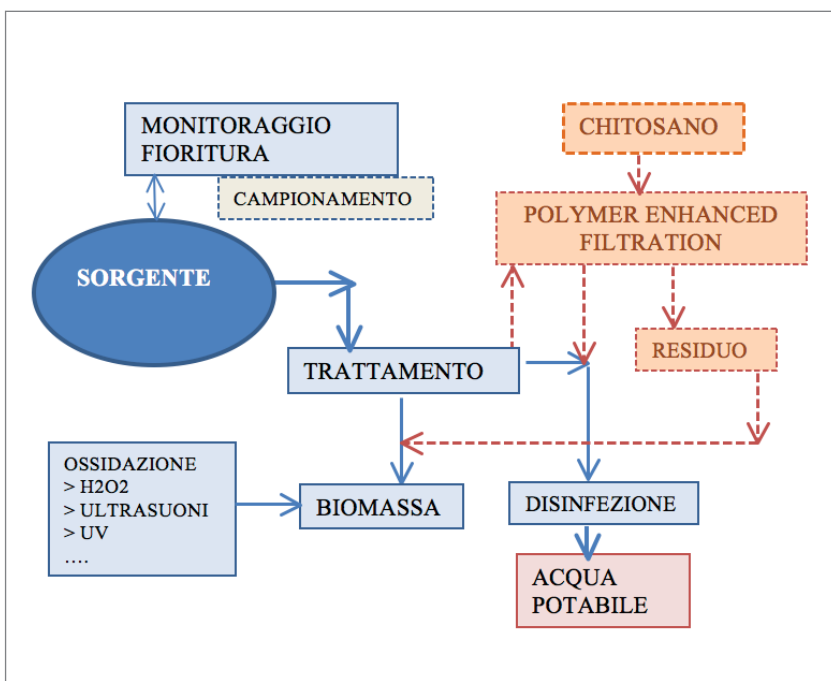


Fig. 3 Schema di processo integrato per la gestione del fenomeno "cianotossine"

batteri dalle acque. Considerando le dimensioni medie delle MCs, la nanofiltrazione (NF) (cut-off 1 nm - 1000 Da, pressione di esercizio 10-30 bar) è adatta alla rimozione anche delle tossine più piccole, sebbene l'uso della NF comporti costi di gestione legati soprattutto al *fouling* quando la concentrazione delle MCs diventa maggiore di 100-200 ppb. L'integrazione del processo NF con la flottazione determina benefici nella gestione del *fouling*. Il ricorso all'UF (cut-off 10^3 - 10^6 Da e pressione di esercizio <10 bar) permetterebbe solo parzialmente la rimozione delle tossine a meno di non adsorbire le tossine più piccole su un adsorbente specifico. In quest'ottica, lo sviluppo di un nuovo processo di *polymer enhanced filtration* (PEF) caratterizzato da basso consumo energetico, assenza di reagenti chimici nocivi, risulta particolarmente innovativo quando

destinato alla rimozione di cianobatteri e cianotossine. Sfruttando il fenomeno dell'adsorbimento su un polimero naturale aumentano le dimensioni del composto da rimuovere e quindi si impiegano *cut-off* maggiori: più basse sono le pressioni operative del processo, più sono contenuti i costi di impianto e di esercizio.

Diagnostica e monitoraggio della risorsa idrica

Diagnostica e monitoraggio sono funzionali alla gestione efficiente e sostenibile della risorsa idrica. Parallelamente alle fasi di studio e sviluppo del processo di trattamento, è necessaria un'attività di laboratorio con analisi di screening dei popolamenti algali e di determinazione analitica delle cianotossine. In tal modo è possibile intervenire, già in fase di captazione, mitigando il

rischio e contribuendo inoltre all'identificazione della soluzione tecnologica ottimale da adottare. In particolare, l'attività di controllo nei processi di trattamento e distribuzione delle acque è ostacolata dalla scarsa conoscenza della correlazione tra presenza e concentrazione di cianobatteri e produzione di cianotossine. A ciò vanno inoltre aggiunte le difficoltà analitiche nella determinazione accurata delle cianotossine, sia a livello intracellulare sia in fase libera nelle acque. La possibilità di integrare i numerosi aspetti riguardanti le analisi chimico-fisiche e biologiche previste nei programmi di monitoraggio regionali e in presenza di fenomeni di fioriture, permette la gestione del problema *in situ* e in continuo lungo la filiera idrica. Un altro aspetto da non sottovalutare è quello tossicologico esaminato attraverso la conduzione

di test su invertebrati acquatici utilizzando l'acqua prima e dopo trattamento.

L'insieme delle soluzioni analitiche proposte, l'integrazione e la correlazione dei dati spettrali e molecolari, consente di controllare contemporaneamente l'efficacia del processo nell'eliminazione delle cianotossine e l'eventuale presenza di sottoprodotti, difficilmente individuabili con le procedure analitiche standard.

Ipotesi di processo

Sebbene l'approccio integrato al problema preveda azioni preventive, tra cui la riduzione dell'apporto di nutrienti nei bacini idrici e l'eliminazione di eventuali aree stagnanti, un'ipotesi di processo razionale deve prevedere una fase di *early warning* ed una fase di rimozione delle cianotossine.

In Figura 3 è schematizzato il processo sviluppato per rispondere alle esigenze delle amministrazioni locali al fine di contribuire alla gestione delle acque a rischio di contaminazione [5]. Lo schema prevede un sistema di monitoraggio integrato, collegato a una sezione di processo, basata sulla *Polymer enhanced filtration*, attivabile in caso di presenza di cianotossine rilevate attraverso campionamenti dell'acqua grezza. In base alle prime prove sperimentali, eseguite con chitosano (3 g/L) e microcistina (MC-LR), i risultati finora ottenuti sono incoraggianti. In particolare, utilizzando un semplice filtro da 10 kDa è stato possibile rimuovere la cianotossina dal campione di acqua [5]. L'utilizzo di polimeri naturali economici e alternativi a materiali di sintesi chimica consentirebbe, inoltre, una maggiore riduzione dei costi di smaltimento.

BIBLIOGRAFIA

1. Rapporto ISTISAN 05/29: "Diffusione delle fioriture algali tossiche nelle acque italiane: gestione del rischio ed evidenze epidemiologiche"
2. M.E. van Apeldoorn, H.P. van Egmond, G.J.A. Speijers, G.J.I. Bakker (2007), "Toxins of cyanobacteria", *Mol. Nutr. Food Res.*, 51, 7-60
3. L. Pietrelli, I. Francolini, A. Piozzi (2015), "Dyes Adsorption from Aqueous Solutions by Chitosan". *Sep. Sci. Techn.*, 50, 1101-1107
4. D.C. Tran, S. Duri, A. Delneri, M. Franko (2013), "Chitosan-cellulose composite materials: Preparation, Characterization and application for removal of microcystin". *J. Haz. Mat.* 252-253: 355
5. M. Sighicelli, V. Iannilli, L. Pietrelli, F. Lecce, P. Menegoni (2016), "Toxic Cyanobacteria in drinking water: early detection and treatment process proposal". *XVI Giornata mondiale dell'acqua 2016*. Convegno Accademia dei Lincei: "Inquinamento antropico e suoli in Italia". Roma 21/03/2016

La prossima rivista in uscita a dicembre su

www.enea.it

