

# Lotta biologica di precisione ai fitofagi delle colture orticole

## Precision biological control of horticultural pests

Valeria Zeni <sup>a</sup>, Giovanni Benelli <sup>a</sup>, Luca Incrocci <sup>a</sup>, Angelo Canale <sup>a</sup>, Alberto Pardossi <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Agro-ambientali, Università degli Studi di Pisa

### Abstract

Modern agriculture is developing new strategies and technologies to reduce the environmental impact and to fit new market requirements. In this scenario, a forthcoming major challenge is the reduction of insecticide and acaricide use. Herein, we propose a precision agriculture approach for managing arthropod pests in greenhouses, based on the use of artificial intelligence for monitoring and forecasting pest outbreaks, to improve timing and efficacy of biological control agent releases.

**Parole chiave:** agricoltura di precisione; colture protette; controllo biologico

**Key words:** precision agriculture; biological control; protected crops

L'aumento della domanda di cibo, la sicurezza e la disponibilità degli alimenti, la sostenibilità ambientale e la tutela della biodiversità sono solo alcune delle criticità con cui si devono relazionare i ricercatori che si occupano di innovazione in agricoltura. Anche nell'ambito delle colture protette, il mercato richiede un costante sviluppo di nuove strategie e tecnologie volte a risolvere alcune criticità, quali l'abuso di fitofarmaci per il controllo di artropodi, funghi, batteri e virus. Infatti, il crescente utilizzo di insetticidi e acaricidi nell'agricoltura intensiva ha sollevato preoccupazioni sui loro effetti collaterali, che includono rischi per la salute umana, quali inquinamento ambientale, ma anche tossicità verso organismi non-target, ad esempio gli impollinatori. È dunque oggi necessario far collimare l'esigenza del controllo dei fitofagi in agricoltura con un approccio più eco-sostenibile, che integri o sostituisca i prodotti chimici di sintesi con nuovi strumenti più selettivi ed eco-compatibili. I fitofagi delle colture protette sono generalmente polifagi e in grado di svilupparsi senza diapausa (stadio di quiescenza che varia a seconda della specie e delle condizioni ambientali), grazie alle condizioni climatiche stabili e uniformi dell'ambiente di serra, coniugate alla continua abbondanza di risorse trofiche. I principali insetti che minacciano le colture protette sono la *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae), un piccolo lepidottero fillominatore che negli ultimi anni ha causato ingenti danni alle colture di pomodoro, e gli aleurodidi *Bemisia tabaci* e *Trialeurodes vaporariorum*, dei quali il primo è anche un vettore del virus dell'accartocciamento fogliare giallo del pomodoro (*Yellow Tomato Leaf Curl Virus*, YTLCV). Altri fitofagi sono rappresentati dai ditteri appartenenti al genere *Lyriomiza*, dai tripidi, e da alcuni acari, con particolare riferimento ad *Aculops lycopersici* e *Tetranychus urticae*.

L'esigenza di nuovi strumenti più eco-compatibili rende necessario lo sviluppo di programmi di lotta integrata (*Integrated Pest Management*, IPM) e lotta biologica *ad hoc*, capaci di integrare le consolidate conoscenze con le tecnologie emergenti. Recentemente, l'avvento di nuove tecnologie ha promosso lo sviluppo di un

Sistema di Supporto Decisionale (*Decision Support System*, DSS) capace di orientare, in tempo reale, le scelte dell'agricoltore, evitando sprechi di mezzi tecnici e riducendo l'inquinamento ambientale. La presenza di centraline climatiche e di sensori che monitorano lo status nutritivo della pianta e le condizioni ambientali ha un grande potenziale per lo sviluppo di modelli previsionali relativi alla crescita delle popolazioni del fitofago. Ad esempio, concentrazioni di azoto elevate nella pianta sono direttamente correlate a una maggiore presenza di *B. tabaci* (Islam *et al.*, 2017). Anche la stessa efficacia degli agenti di controllo è spesso dipendente dalle condizioni climatiche dell'ambiente di rilascio. I miridi predatori, *Macrolophus pygmaeus* e *Nesidiocoris persimilis*, ad esempio, sono attivi a temperature superiori ai 16 °C, al di sotto delle quali la loro azione di controllo è assai limitata.

I programmi di lotta biologica e integrata devono pertanto essere caratterizzati da un approccio multidisciplinare, avente l'obiettivo di mantenere le popolazioni degli organismi nocivi al di sotto della soglia di danno, nel rispetto dei principi ecologici, tossicologici ed economici.

La gestione dei fitofagi con agenti di controllo biologico (*biological control agents*, BCA), come i nemici naturali, è una delle strategie maggiormente adottate già dal secolo scorso. Affinché aumenti l'efficacia e diminuiscano gli effetti sulle specie non target, il controllo biologico deve fare affidamento su una conoscenza approfondita della fisiologia, dell'ecologia e del comportamento dei BCA. La ricerca ha mostrato un forte interesse verso l'identificazione degli stimoli che guidano il BCA nella ricerca dell'ospite. I nemici naturali possono essere guidati verso il fitofago mediante le sostanze volatili prodotte dalla pianta in conseguenza dell'attacco del fitofago stesso (*herbivore induced plant volatiles*, HIPV), così come dai feromoni sessuali da esso rilasciati (Kaplan, 2012; Benelli *et al.*, 2014; Gontijo *et al.*, 2019).

Per un efficace controllo biologico è inoltre fondamentale il tempismo, che deriva da tecniche di monitoraggio puntuali (Lucchi *et al.*, 2018; Preti *et al.* 2020). Vengono perciò in aiuto le nuove tecnologie di *imaging*, come l'*image processing* il quale sfrutta un'intelligenza artificiale (IA) che acquisisce un'immagine e successivamente estrapola informazioni utili fornendo una pressoché immediata risposta all'agricoltore sulla presenza o meno di artropodi dannosi. L'IA può essere allenata a individuare e riconoscere uno specifico insetto e, grazie al collegamento alle reti di sensori wireless, è possibile monitorare in tempo reale le aree del campo e utilizzare servizi di *cloud computing* per aiutare l'agricoltore nel processo decisionale (DSS) (Cardim Ferreira Lima *et al.*, 2020).

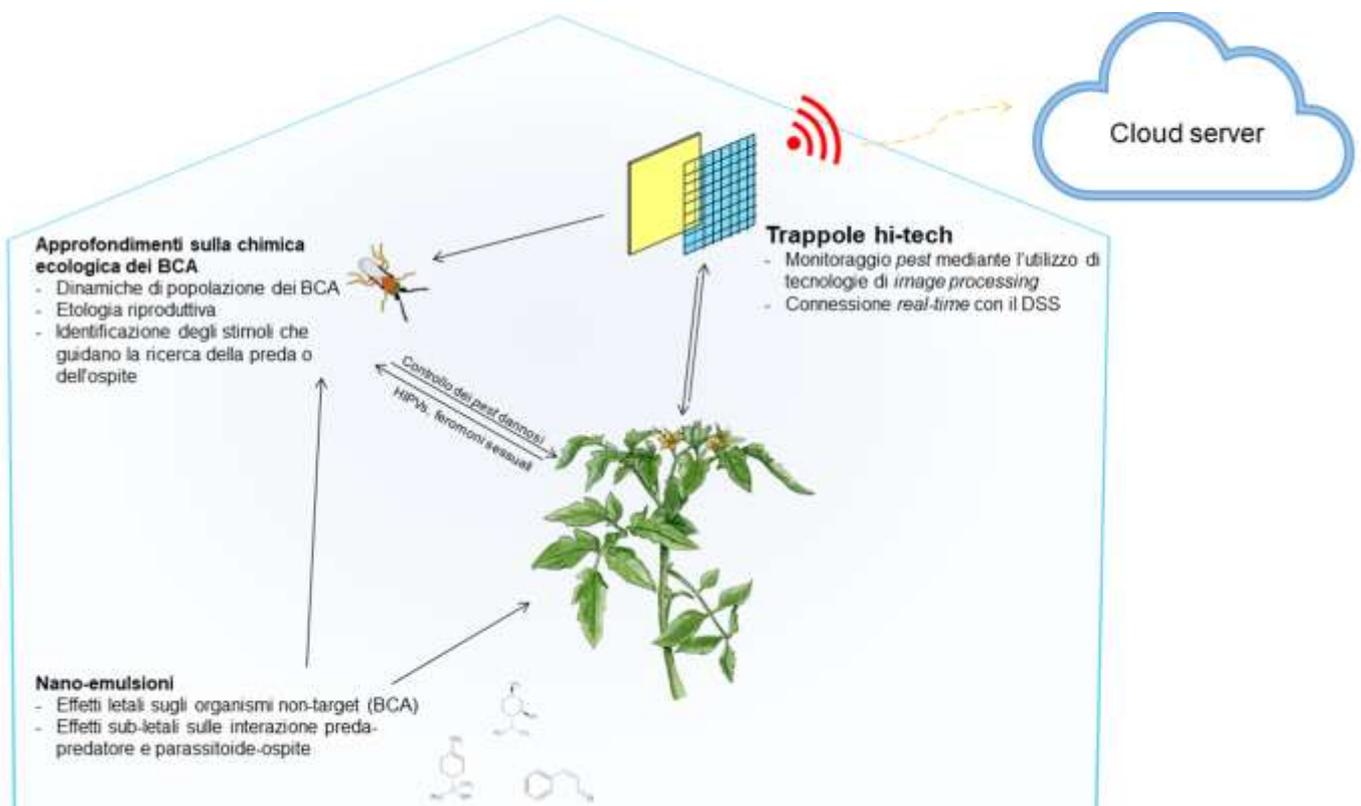
In questo scenario, i programmi biologici e integrati di gestione dei fitofagi possono trarre ulteriore vantaggio dall'adozione di nano-pesticidi verdi (Athanassiou *et al.*, 2018; Soares *et al.*, 2019; Benelli *et al.*, 2020), i quali combinano nanotecnologie con insetticidi d'origine vegetale, come gli oli essenziali, consentendo di aumentare la stabilità e la attività biologica di quest'ultimi (Pavoni *et al.*, 2019). È interessante notare come le nanostrutture coinvolte siano in grado di rilasciare gradualmente i composti attivi nel sito di azione e ridurre al minimo gli effetti tossici sugli organismi non target (Pavoni *et al.*, 2019; Benelli, 2018). Al fine di migliorare questi nuovi strumenti nei programmi di lotta biologica e integrata, è necessaria l'attenta valutazione degli effetti letali e sub-letali sugli insetti target (Benelli *et al.*, 2021) così come nei confronti dei nemici naturali (Biondi *et al.*, 2013; Alves *et al.*, 2020), compresa la quantificazione dei tratti comportamentali potenzialmente

alterati negli individui esposti. Le interazioni predatore-preda o parassitoide-ospite sono estremamente complesse e l'esposizione a insetticidi può modificarle. Ogni organismo ha una sensibilità specifica, e gli effetti sub-letali di bio-pesticidi possono influenzarne il comportamento e la fisiologia e, di conseguenza, interrompere i servizi di bio-controllo associati (Soares *et al.*, 2019).

I concetti di innovazione considerati nel presente contributo trovano una piattaforma applicata ed operante nel progetto recentemente finanziato PRIMA iGUESS-MED (<https://www.iguessmed.com/>) che abbraccia questa filosofia, prefiggendosi di accompagnare la serricoltura mediterranea verso un'agricoltura innovativa, sostenibile e competitiva. Grazie alle condizioni climatiche favorevoli, gli ettari vocati a colture protette nel bacino del Mediterraneo sono in continuo aumento (~220kha), facendo di esso la seconda area mondiale per dimensione. Il passaggio verso l'innovazione avverrà mediante lo sviluppo e la convalida di un pioneristico DSS in grado di fornire informazioni dettagliate per aiutare l'agricoltore nella soluzione dei problemi e nel processo decisionale. Il progetto pone le radici nel concetto dell'*Internet of Things* (IoT), cioè si avvale di tecnologie emergenti atte alla ricezione e al trasferimento dei dati su reti wireless senza richiedere l'intervento manuale. Grazie a questo approccio sarà possibile avere un controllo in tempo reale sullo *status* della coltura in serra al fine di ridurre le criticità tipiche delle serre Mediterranee, ovvero le perdite di nutrienti nel sottosuolo e nelle acque sotterranee, la riduzione dell'utilizzo di sostanze chimiche per il controllo di fitofagi e delle malattie fungine, l'aumento della produttività mediante un miglioramento dell'efficienza delle procedure di controllo climatico, e l'introduzione di soluzioni specifiche a basso costo da applicare a strutture di serre preesistenti. Tutto il progetto verrà condotto su pomodoro (caso-studio), coltivato sia in terreno, sia con la tecnica della coltura fuori suolo (idroponica).

## Lotta biologica di precisione ai fitofagi del pomodoro in serra

La proposta di IPM per le colture in serra prevede l'utilizzo di trappole *hi-tech*, agenti di controllo biologico e nuovi formulati eco-compatibili. Gli effetti di dosi letali e sub-letali di insetticidi verdi per il controllo degli organismi dannosi sono oggetto di valutazione anche sui BCA, al fine di valutare il rischio di effetti indesiderati su organismi benefici. Contemporaneamente, studi ecologici ed etologici sui BCA, con particolare riferimento ai rapporti preda-predatore e parassitoide-ospite sono utili per migliorare l'efficienza dell'allevamento ed impiego dei BCA in coltura protetta. Grazie ad un monitoraggio in tempo reale e alla comunicazione immediata con un *Cloud Server*, l'impiego di BCA e insetticidi a basso impatto ambientale potrà essere sempre puntuale, garantendo una pronta gestione dei fitofagi.



## Bibliografia

- Alves, T. J., Murcia-Meseguer, A., Azpiazu, C., Wanumen, A., Wanderley-Teixeira, V., Teixeira, Á. A., Ortiz, A., Medina, P., 2020. Side effects of a mixture of essential oils on *Psytalia concolor*. *Ecotoxicology*, 29(9), 1358-1367.
- Athanassiou, C. G., Kavallieratos, N. G., Benelli, G., Losic, D., Rani, P. U., Desneux, N., 2018. Nanoparticles for pest control: current status and future perspectives. *Journal of Pest Science*, 91(1), 1-15.
- Benelli, G., 2018. Mode of action of nanoparticles against insects. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(13), 12329-12341.
- Benelli, G., Carpita, A., Simoncini, S., Raspi, A., Canale, A., 2014. For sex and more: attraction of the tephritid parasitoid *Psytalia concolor* (Hymenoptera: Braconidae) to male sex pheromone of the olive fruit fly, *Bactrocera oleae*. *Journal of Pest Science*, 87(3), 449-457.
- Benelli, G., Pavoni, L., Zeni, V., Ricciardi, R., Cosci, F., Cacopardo, G., Gendusa, S., Spinozzi, E., Petrelli, R., Cappellacci, L., Maggi, F., Pavela, R., Bonacucina, G., Lucchi, A., 2020. Developing a Highly Stable *Carlina acaulis* Essential Oil Nanoemulsion for Managing *Lobesia botrana*. *Nanomaterials*, 10(9), 1867.
- Benelli, G., Rizzo, R., Zeni, V., Govigli, A., Samková, A., Sinacori, M., Lo Verde, G., Pavela, R., Cappellacci, L., Petrelli, R., Spinozzi, E., Morshedloo, M. R., Maggi, F., Canale, A., 2021. *Carlina acaulis* and *Trachyspermum ammi* essential oils formulated in protein baits are highly toxic and reduce aggressiveness in the medfly, *Ceratitis capitata*. *Industrial Crops and Products*, 161, 113191.
- Biondi, A., Zappalà, L., Stark, J., Desneux, N., 2013. Do biopesticides affect the demographic traits of a parasitoid wasp and its biocontrol services through sublethal effects? *PLoS ONE*, 8(9), e76548
- Cardim Ferreira Lima, M., Damascena de Almeida Leandro, M.E., Valero, C., Pereira Coronel, L.C., Gonçalves Bazzo, C.O., 2020. Automatic Detection and Monitoring of Insect Pests—A Review. *Agriculture*, 10, 161.
- Gontijo, L., Cascone, P., Giorgini, M., Michelozzi, M., Rodrigues, H. S., Spiezia, G., Iodice, L., Guerrieri, E., 2019. Relative importance of host and plant semiochemicals in the foraging behavior of *Trichogramma achaeae*, an egg parasitoid of *Tuta absoluta*. *Journal of Pest Science* 92, 1479–1488.
- Islam, M.N., Hasanuzzaman, A.T.M., Zhang, Z.-F., Zhang, Y., Liu, T.-X., 2017. High Level of Nitrogen Makes Tomato Plants Releasing Less Volatiles and Attracting More *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Frontiers of Plant Science*, 8, 466.
- Kaplan, I., 2012. Attracting carnivorous arthropods with plant volatiles: the future of biocontrol or playing with fire? *Biological Control*, 60, 77-89.
- Lucchi, A., Sambado, P., Royo, A. B. J., Bagnoli, B., Benelli, G., 2018. *Lobesia botrana* males mainly fly at dusk: video camera-assisted pheromone traps and implications for mating disruption. *Journal of Pest Science*, 91, 1327-1334.
- Pavoni, L., Benelli, G., Maggi, F., Bonacucina, G., 2019. Green nanoemulsion interventions for biopesticide formulations. In: Opende, K. (Ed), *Nano-Biopesticides: Today and Future Perspectives*, Academic Press, Chapter 5, 133-160
- Preti, M., Verheggen, F., Angeli, S., 2020. Insect pest monitoring with camera-equipped traps: strengths and limitations. *Journal of Pest Science*, 94, 203-217.
- Soares, M.A., Campos, M.R., Passos, L.C., Carvalho, G. A., Haro, M. M., Lavoie, A.-V., Biondi, A., Zappalà, L., Desneux, N., 2019. Botanical insecticide and natural enemies: a potential combination for pest management against *Tuta absoluta*. *Journal of Pest Science* 92, 1433–1443