

UN PROGETTO DI AGRICOLTURA DI PRECISIONE PER IL MONITORAGGIO DEGLI ARTROPODI DANNOSI, BASATO SULL'IMPIEGO DI SISTEMI DI SUPPORTO ALLA DECISIONE, PER LA PREVISIONE DI FOCOLAI DI FITOFAGI E L'IMPLEMENTAZIONE DELL'EFFICACIA DEI RILASCI DI AGENTI DI CONTROLLO BIOLOGICO

POMODORO, GESTIONE INTEGRATA DEGLI INSETTI E DEGLI ACARI

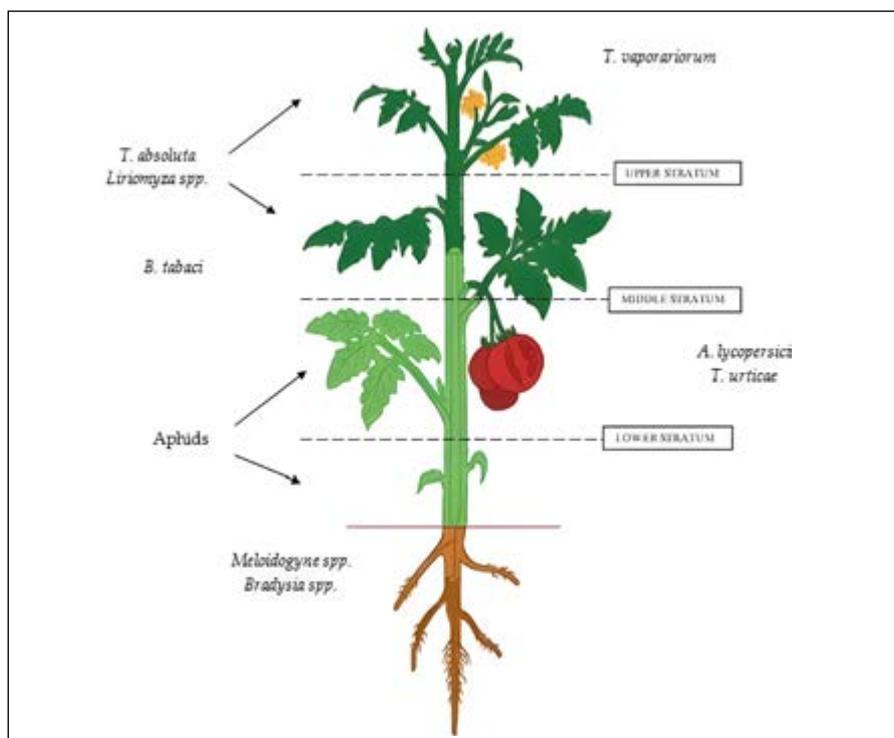
Contributo realizzato a cura della sezione Ortoflorovivaismo della Soi

di Valeria Zeni¹, Stefano Foschi², Marco Mosti², Angelo Canale¹, Giovanni Benelli¹, Luca Incrocci¹

¹Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Agro-ambientali, Università di Pisa

²CBC Bioplanet Soc. agr. Srl, Cesena (Fc)

L' aumento della domanda di cibo, la sicurezza alimentare, la sostenibilità ambientale e la tutela della biodiversità sono alcune delle sfide cruciali per i ricercatori impegnati nell'innovazione agricola. Nel settore delle colture protette, il mercato esige lo sviluppo continuo di nuove strategie e tecnologie per affrontare criticità come l'uso eccessivo di fitofarmaci per il controllo di artropodi, funghi, batteri e virus. Il crescente impiego di insetticidi e acaricidi nell'agricoltura intensiva ha sollevato preoccupazioni significative riguardo ai loro effetti collaterali. Questi includono rischi per la salute umana, inquinamento ambientale e tossicità verso organismi non-target, quali gli insetti impollinatori. Di conseguenza, diventa imprescindibile conciliare la necessità di controllo degli insetti fitofagi con un



Distribuzione tipica dei principali fitofagi del pomodoro (modificata da Wakil et al. 2018)

approccio più eco-sostenibile, che integri o sostituisca i prodotti chimici di sintesi con strumenti più selettivi ed eco-compatibili.

Gli insetti fitofagi dannosi per le colture protette sono spesso polifagi e possono svilupparsi per lunghi periodi grazie alle condizioni climatiche stabili e unifor-

mi delle serre, abbinate a una costante abbondanza di risorse trofiche.

Questa situazione richiede l'adozione di nuovi strumenti ecocompatibili e lo sviluppo di programmi di lotta integrata (*Integrated Pest Management, Ipm*) sempre più mirati, capaci di unire le conoscenze consolidate con le tec-



Agenti di controllo biologico impiegati nel corso delle prove sperimentali nelle serre del Crea di Pescia (Pt) e dell'università di Pisa (Villa Victorine). (a) *Aphidius colemani*, parassitoide di afidi; (b) *Eretmocerus eremicus*, parassitoide di aleurodidi (*Bemisia tabaci* e *Trialeurodes vaporariorum*); (c) *Macrolophus pygmaeus*, miride predatore di aleurodidi (*B. tabaci* e *T. vaporariorum*) e *Tuta absoluta*. Foto CBC Bioplanet

nologie emergenti. Di recente, l'introduzione di nuove tecnologie ha favorito lo sviluppo di un Sistema di Supporto Decisionale (*Decision Support System*, Dss), capace di orientare in tempo reale le decisioni degli agricoltori, evitando sprechi di mezzi tecnici e riducendo l'inquinamento ambientale. L'uso di centraline climatiche e sensori che monitorano lo stato nutritivo delle piante e le condizioni ambientali offrono un grande potenziale per lo sviluppo di modelli previsionali relativi alla crescita delle popolazioni degli insetti fitofagi, promuovendo un'agricoltura sempre più sostenibile ed efficiente.

Il progetto iGuess-Med

Il progetto Prima iGuess-Med, "Innovative greenhouse support system in the mediterranean region efficient fertigation and pest management through

IoT based climate control", rappresenta un esempio di innovazione agricola. Finanziato nell'ambito della *Call Section 1 – Farming Systems 2019, IA – Topic 1.2.2*, questo progetto punta a rendere la serricoltura mediterranea più innovativa, sostenibile e competitiva. iGuess-Med ha sviluppato un Dss avanzato per le serre mediterranee, capace di migliorare la gestione della fertirrigazione, ridurre l'uso di fitofarmaci e aumentare l'efficienza climatica. Questo Dss fornisce in tempo reale feedback e raccomandazioni agli agricoltori tramite dispositivi portatili come laptop, tablet e smartphone, aiutandoli a ottenere produzioni migliori sia in quantità che in qualità, riducendo allo stesso tempo l'uso di acqua e sostanze chimiche. Il progetto, avviato nell'aprile 2020 con una durata prevista di quattro anni, coinvolge un consorzio di partner pro-

venienti da Italia, Spagna, Turchia e Tunisia. Le coltivazioni di pomodoro, sia in suolo che in fuori suolo, sono al centro delle sperimentazioni, con l'applicazione di tecnologie avanzate come sensori, IoT, modelli di simulazione e algoritmi matematici.

Protocolli di gestione integrata degli artropodi dannosi del pomodoro

Nell'ambito del WP 2, Task 2.2 del progetto, l'Università di Pisa, in collaborazione con Bioplanet, ha contribuito allo sviluppo di protocolli dedicati per prevedere l'insorgenza di insetti fitofagi e migliorare il loro controllo biologico nelle colture di pomodoro. I protocolli includono la valutazione della soglia di intervento, seguita dall'impiego di agenti di controllo biologico (predatori e/o parassitoidi), il tutto basato su parametri

Tabella 1 - Lista dei fitofagi, soglie di intervento, e agenti di controllo utilizzati all'interno delle serre sperimentali del progetto iGuess-Med

Insetto/acaro	Ordine	Famiglia	Monitoraggio diretto	Monitoraggio indiretto
<i>Trialeurodes vaporariorum</i>	Hemiptera	Aleyrodidae	ninfe/cm ² /settimana (1-2 foglie/pianta)	adulti/trappola/settimana [§]
<i>Bemisia tabaci</i>	Hemiptera	Aleyrodidae	ninfe/cm ² /settimana (1-2 foglie/pianta)	adulti/trappola/settimana [§]
<i>Tuta absoluta</i>	Lepidoptera	Gelechiidae	mine ³ /foglia /settimana ¹ mine ³ /frutto/settimana ²	adulti/trappola/settimana
<i>Liriomyza spp.</i>	Diptera	Agromyzidae	mine/foglia/settimana (30 foglie)	adulti/trappola/settimana [§]
<i>Bradysia spp.</i>	Diptera	Sciaridae	Dischetti di patate che possono essere utilizzati come esche per le larve	adulti/trappola/settimana [§]
Afidi	Hemiptera	Aphidae	adulti non alati e stadi pre-immaginali/pianta/settimana	adulti/trappola/settimana [§]
<i>Aculops lycopersici</i>	Acari	Eryophidae	Cercare i sintomi nello strato inferiore della pianta * (20 foglie)	Acari/foglia/settimana (20 foglie)
<i>Tetranychus urticae</i>	Acari	Tetranychidae	Presenza di punture da nutrimento e ragnateli	Acari/foglia/settimana (20 foglie)
<i>Meloidogyne spp.</i>	Tylenchida	Heteroderidae	Presenza di galle radicali, le piante hanno un aspetto appassito	

[§]trappola cromotropica gialla/20-40 m²; ¹pre-raccolta, campione=35 foglie; ²raccolta, campione=200 frutti; ³trappole delta caricate con il feromone sessuale di *T. absoluta*; ⁴cv con frutti grandi; ⁵cv con frutti medi; ⁶cv con frutti piccoli; *cercare foglie bronzate nella parte inferiore della pianta. Una volta individuate la pianta danneggiata dev'essere segnata e ricontrollata dopo qualche giorno per cercare sia gli acari o per osservare l'aumento del danno.

climatici e sulle condizioni delle colture. Infine, i dati sull'efficacia dell'ipm sono stati raccolti e analizzati, contribuendo alla creazione di modelli previsionali. Insetti, acari e nematodi limitano fortemente la resa del pomodoro, causando perdite economiche significative.

Tra i principali artropodi dannosi al pomodoro troviamo lepidotteri, emitteri, ditteri e acari. Gli insetti che si nutrono di linfa, come gli aleurodidi *Trialeurodes vaporariorum* e *Bemisia tabaci*, e gli afidi (tra questi citiamo *Aphis gossypii*, *Myzus persicae*, *Macrosiphum euphor-*

biae), sono responsabili di ingenti perdite di resa a causa delle loro abitudini trofiche. Inoltre, questi insetti producono grandi quantità di melata, che funge da substrato ideale per la crescita di agenti di fumaggine che possono ostacolare il processo di fotosintesi e richiedono la

Soglia di intervento	Agente di controllo biologico
10 adulti/trap 7 ninfe/cm ²	<i>Encarsia formosa</i> (Hymenoptera: Aphelinidae) – endoparassitoide ninfa <i>Eretmocerus eremicus</i> (Hymenoptera: Aphelinidae) – ectoparassitoide ninfa <i>Macrolophus pygmaeus</i> (Hemiptera: Miridae) – predatore di tutti gli stadi
10 adulti/trap 4 ninfe/cm ²	<i>Encarsia formosa</i> (Hymenoptera: Aphelinidae) – endoparassitoide ninfa <i>Eretmocerus eremicus</i> (Hymenoptera: Aphelinidae) – ectoparassitoide ninfa <i>Macrolophus pygmaeus</i> (Hemiptera: Miridae) – predatore di tutti gli stadi
0.6 – 1 mine/foglia ⁴ 1 – 1.8 mine/foglia ⁵ 1.8 – 3 mine/foglia ⁶ 1 – 3 % di frutti danneggiati	Confusione sessuale con trappole innescate con feromone sessuale di <i>T. absoluta</i> <i>Macrolophus pygmaeus</i> (Hemiptera: Miridae) – predatore di uova di <i>T. absoluta</i> In caso di elevate infestazioni impiego di un insetticida a base di clorantraniliprole
8 mine/foglia 4-8 adulti/trap	<i>Diglyphus isaea</i> (Hymenoptera: Eulophidae) – parassitoide larvale 250 parassitoidi/150-200m ² /settimana
20 adulti/trap/ settimana	<i>Steinernema feltiae</i> (Rhabditida: Steinernematidae) 50 milioni di nematodi/80-150 m ² /settimana
10% di piante infestate	<i>Aphidius coleimani</i> e/o <i>A. ervi</i> (Hymenoptera: Braconidae) 4-8 individui/m ²
9-15 individui/15 foglie	<i>Amblyseius andersoni</i> (Mesostigmata: Phytoseiidae) – predatore generico 15-18 predatori/m ² /settimana
10% dell'area fogliare danneggiata	<i>Phytoseiulus persimilis</i> (Mesostigmata: Phytoseiidae) 10-30 predatori/m ² /settimana
15-20 nematodi/ 200 mL di suolo	Solarizzazione del suolo prima del trapianto Nematicida a base di estratto d'aglio

pulizia dei frutti, con conseguenti spese aggiuntive per il coltivatore. Infine, afidi e aleurodidi possono essere vettori di oltre cento virus. Tra i lepidotteri, diverse specie provocano ingenti danni alle piante di pomodoro nutrendosi di foglie, steli e frutti. In particolare, *Tuta absoluta*

è diventata uno dei principali fitofagi del pomodoro. La presenza di larve che si nutrono all'interno del mesofillo provoca la creazione di mine, che danneggiano la capacità fotosintetica della pianta e, di conseguenza, ne riducono la produzione di frutti. Le infestazioni

più gravi possono portare alla perdita totale delle foglie. La fonte principale di perdite è rappresentata dall'attacco dei frutti, che possono essere ulteriormente colonizzati da agenti patogeni che ne causano il marciume. Anche gli acari, come *Tetranychus urticae*

cae e *Aculops lycopersici*, sono un serio problema per le colture di pomodoro, poiché si nutrono di foglie e fusti della pianta e, in caso di infestazioni estreme, possono portare alla morte della pianta. Inoltre, danneggiano le cellule epidermiche di foglie e steli, riducendo la fotosintesi e quindi la resa. Sebbene fitofagi secondari del pomodoro, alcuni ditteri fillominatori appartenenti al genere *Liriomyza*, possono, in caso di elevate pressioni, danneggiare gravemente le foglie, con conseguente riduzione della resa. Tuttavia, questi insetti possono essere efficacemente controllati dal parassitoide larvale *Diglyphus isaea*.

Protocollo di monitoraggio dei fitofagi

Nell'ambito del progetto, il protocollo di monitoraggio prevedeva l'osservazione diretta e indiretta dei fitofagi. Il monitoraggio diretto includeva ispezioni regolari delle piante, mentre il monitoraggio indiretto si basava sull'uso di trappole cromotropiche adesive e trappole delta innescate con feromoni sessuali.

Le ispezioni visive seguivano un disegno a zig-zag e per ciascuna pianta erano ispezionate tre foglie scelte casualmente nei vari strati della pianta (fig. 1). Le trappole cromotropiche, gialle e blu, erano disposte a 15-20 cm al di sopra della coltura. Le trappole a feromoni sessuali erano utilizzate specificamente per rilevare adulti di *T. absoluta*. Queste tecniche hanno permesso di monitorare con efficacia la distribuzione e l'abbondanza dei fitofagi, consentendo interventi tempestivi e mirati.

Verifica dei protocolli sviluppati

Monitoraggio e controllo nelle serre del Crea

Le attività sperimentali del progetto

iGuess-Med sono state implementate in due serre sperimentali presso il Crea di Pescia (Pt). Ogni serra aveva una superficie di circa 200 m², coltivata con la varietà ciliegino cv. Genio, un pomodoro rotondo allevato in idroponica su substrato di Grodan. Durante il periodo autunnale/invernale (metà agosto 2020 – inizio dicembre 2020) e primaverile/estivo (fine aprile 2021 – luglio 2021), è stato eseguito il monitoraggio selezionando casualmente quattro bancali e controllando dieci piante per trattamento. Sono state utilizzate trappole cromotropiche gialle, posizionate ogni 15 m², e trappole a feromoni sessuali per monitorare la presenza di adulti di *T. absoluta*.

Durante il primo ciclo, i principali parassiti riscontrati includevano le due specie di aleurodidi (*B. tabaci* e *T. vaporariorum*), il nottuido *Chrysodexis chalcites* e il fillominatore *T. absoluta*. Quest'ultimo, in particolare, ha richiesto interventi chimici poiché le larve avevano già danneggiato foglie e frutti. Nel secondo ciclo, le infestazioni principali erano dovute alla presenza di afidi come *Macrosiphum rosae* e *Aphis gossypii*, controllati con due lanci, ripetuti a distanza di dieci giorni, del parassitoide braconide *Aphidius colemani* (fig. 2a). Durante tutti i cicli, sono stati utilizzati sia i nematodi entomopatogeni, in particolare *Steinernema carpocapsae*, sia insetticidi a base di *Bacillus thuringiensis kurstaki* ceppo EG 2348 per il controllo dei due lepidotteri, *C. chalcites* e *T. absoluta*.

Monitoraggio e controllo presso le serre dell'università di Pisa

Le attività di monitoraggio e controllo del progetto iGuess-Med sono state svolte anche in una delle serre del labo-

torio di orticoltura e floricoltura dell'università di Pisa, con una superficie di circa 120 m². La cultivar di pomodoro utilizzata è stata il Pisanello, una varietà antica della Toscana, coltivata fuori suolo. Il monitoraggio è stato effettuato settimanalmente, seguendo lo stesso schema di campionamento utilizzato nelle serre del Crea, monitorando in totale tre cicli produttivi.

Durante il primo ciclo, le colture sono state principalmente colpite da *B. tabaci*, *T. vaporariorum*, *C. chalcites* e *T. absoluta*. L'infestazione di aleurodidi e *T. absoluta* è aumentata nei mesi di gennaio e febbraio, ma è stata efficacemente controllata con il rilascio del parassitoide *Eretmocerus eremicus* e del miride predatore *Macrolophus pygmaeus* (fig. 2b,c).

Nel secondo ciclo, le piante hanno subito una massiccia infestazione di *T. absoluta*, con una media di 60 uova per pianta al momento del trapianto, costringendo all'uso di insetticidi ammessi sulla specifica coltura e avversità e alla sospensione del controllo biologico con uso di entomofagi. Il terzo ciclo è stato caratterizzato dalla presenza di *C. chalcites*, *T. absoluta* e due acari, *A. lycopersici* e *T. urticae*. Purtroppo, durante questo ciclo, le piante sono state colpite dal *Tomato brown rugose fruit virus* (ToBRFV), obbligando la loro distruzione e la sanificazione della serra. Così come nelle serre sperimentali del Crea di Pescia, sono stati utilizzati sia i nematodi entomopatogeni, in particolare *S. carpocapsae*, sia insetticidi a base di *B. thuringiensis kurstaki* ceppo EG 2348 per il controllo dei due lepidotteri, *C. chalcites* e *T. absoluta*.

Risultati del monitoraggio

I dati raccolti dal monitoraggio hanno fornito informazioni cruciali sull'anda-

mento delle infestazioni e sull'efficacia delle strategie di controllo. Per esempio, l'intervento con il parassitoide *A. colemani* si è rivelato efficace contro gli afidi, mentre il miride predatore *M. pygmaeus* e il parassitoide *E. eremicus* hanno contribuito a ridurre le popolazioni di aleurodidi. Il monitoraggio ha anche evidenziato la necessità di interventi chimici in caso di infestazioni severe, come quella di *T. absoluta*, che richiede un controllo rigoroso fin dalle prime fasi di sviluppo per evitare danni significativi alle colture.

Questi risultati hanno contribuito alla stesura di linee guida pratiche per la gestione integrata dei parassiti del pomodoro, disponibili sul sito del progetto iGuess-Med (<https://www.iguessmed.com/guidelines>). La *tabella 1* evidenzia i principali fitofagi, le soglie di intervento e gli agenti di controllo biologico che

sono stati studiati e dimostrati efficaci durante questi anni di sperimentazione. In aggiunta ai prodotti impiegati per il controllo di *T. absoluta*, dal 2022 è disponibile un'insetticida a base di PhopGV (*Phthorimaea operculella* granulovirus, isolato DSMZ GV-0019), che agisce per ingestione e viene assorbito dalle larve quando iniziano a penetrare il mesofillo fogliare o quando si spostano da una mina all'altra.

Conclusioni

Le attività di monitoraggio e controllo biologico nelle diverse serre sperimentali del progetto hanno dimostrato l'importanza di un approccio integrato e tecnologicamente avanzato nella gestione dei fitofagi. Il progetto iGuess-Med ha contribuito a sviluppare strategie sostenibili ed efficaci, migliorando la produzione agricola e riducendo l'im-

Bibliografia

- Desneux, N., Luna, M. G., Guillemaud, T., & Urbaneja, A. (2011). The invasive South American tomato pinworm, *Tuta absoluta*, continues to spread in Afro-Eurasia and beyond. *Journal of Pest Science*, 84(4), 403–408
- Meck, E.J., Kennedy, G.G., & Waigenbach, J.F. (2013). Effects of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) on yield, quality, and economics of tomato production. *Crop Protection* 52, 84–90.
- Navajas, M., de Moraes, G. J., Auger, P., & Migeon, A. (2013). Review of the invasion of *Tetranychus evansi*: biology, colonization pathways, potential expansion and prospects for biological control. *Experimental and Applied Acarology*, 59, 43–65.
- Vargas, H. (1970). Observaciones sobre la biología y enemigos naturales de la polilla del tomate, *Gnorimoschema absoluta* (Meyrick) (Lep. Gelechiidae). *IDESIA*, 1, 75–110.
- Wakil, W., Brust, G. E., & Perring, T. M. (2018). Sustainable management of arthropod pests of tomato, Academic Press, 372. <https://doi.org/10.1016/C2014-0-02023-0>.

patto ambientale, confermando il ruolo cruciale dell'innovazione tecnologica in agricoltura. ●



**EDAGRICOLE,
IL NETWORK
DELL'INFORMAZIONE
PROFESSIONALE
IN AGRICOLTURA**

Visita i **nostri siti** e unisciti alle nostre **social communities**.

 SOCIAL MEDIA
215.250 follower

 NEWSLETTER E DEM
197.100 contatti

 EDAGRICOLE NETWORK
630.800 pagine viste al mese

 edagricole | **60** tecniche nuove
MEDIA



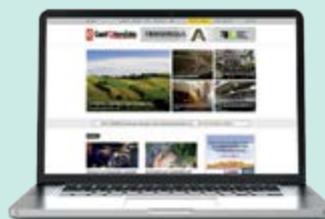
www.edagricole.it



terraevita.edagricole.it



informatorezootecnico.edagricole.it



contoterzista.edagricole.it



olivoolio.edagricole.it