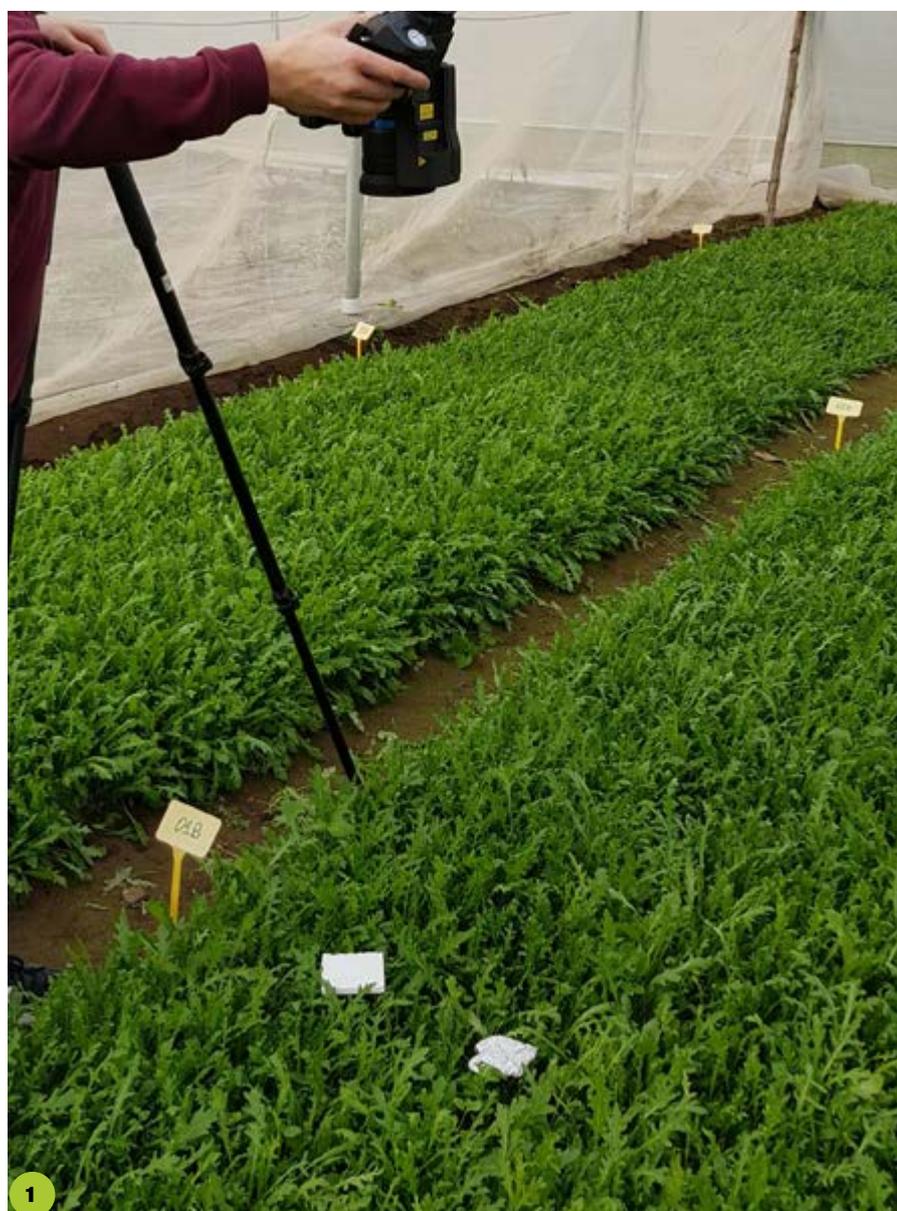


LA TECNICA PUÒ ESSERE APPLICATA ALLE PIANTE PER IMPLEMENTARE SISTEMI EVOLUTI A SUPPORTO DI UNA GESTIONE FITOPATOLOGICA OTTIMALE NELLE COLTIVAZIONI DALL'ELEVATO LIVELLO QUALITATIVO

# LA TERMOGRAFIA PER LA DIFESA NELL'ORTOFLORICOLTURA



di Sonia Cacini<sup>1</sup>, Nicola Nicastro<sup>2</sup>, Corrado Costa<sup>3</sup>, Federico Pallottino<sup>3</sup>, Beatrice Nesi<sup>1</sup>, Luciano Ortenzi<sup>3</sup>, Simona Violino<sup>3</sup>, Silvia Traversari<sup>1</sup>, Gelsomina Manganiello<sup>2</sup> e Catello Pane<sup>2\*</sup>

*e-mail dell'autore di riferimento\*:  
catello.pane@crea.gov.it*

<sup>1</sup> Crea, Centro di ricerca Orticoltura e Florovivaismo, Via dei Fiori 8, 51017, Pescia, Italia

<sup>2</sup> Crea, Centro di ricerca Orticoltura e Florovivaismo, Via Cavallegeri, 25 84089 Pontecagnano Faiano, Italia

<sup>3</sup> Crea, Centro di ricerca Ingegneria e Trasformazioni agroalimentari, Via della Pascolare 16, 00015 Monterotondo, Italia

*Contributo realizzato a cura della sezione Ortoflorovivaismo della Soi*

**G**estire in maniera ottimale i sistemi ortofloricoli è un obiettivo cruciale per incrementare la sostenibilità dei cicli produttivi e massimizzare l'efficacia delle tecniche colturali, in particolare se si adoperano mezzi tecnici biologici. A questo riguardo, la sensoristica digitale è in grado di offrire un supporto significativo alle decisioni riguardo a tempistica e varia-



- 1** - Acquisizioni termografiche su rucola selvatica *baby leaf* in coltura protetta per l'individuazione di eventuali stati di stress della coltivazione
- 2** - Impiego della camera termica in serra su rosa da fiore reciso
- 3** - Display della camera termica Flir T1030sc con inquadratura di lattughino

nell'importante prospettiva di contenere l'espansione dei focolai di infezione, ridurre l'impiego dei fungicidi di sintesi e promuovere l'efficacia dei mezzi alternativi di lotta.

### Filiere più competitive

Nell'ambito del sottoprogetto "Tecnologie digitali integrate per il rafforzamento sostenibile di produzioni e trasformazioni agroalimentari (AgroFiliere)" (programma AgriDigit) finanziato dal Ministero delle politiche agricole, alimentari e forestali (Dm 36503.7305.2018 del 20/12/2018), sono state condotte ricerche specifiche per implementare sistemi evoluti di valutazione dello stato fitopatologico delle colture attraverso l'analisi delle immagini termografiche. Le colture interessate dallo studio sono state individuate tra quelle appartenenti a filiere di qualità, come gli ortaggi da foglia *baby-leaf* (es. rucola e lattughino) e la rosa. La rucola selvatica e il lattu-

bilità spaziale dei fabbisogni. Decidere quando somministrare input esterni è infatti fondamentale.

Il mercato offre una vasta gamma di sensori che raccolgono dati micro-ambientali e/o spettrali (ottici). Queste soluzioni sono integrabili con i metodi tradizionali di coltivazione. Tra queste, ci sono tecnologie che mediante l'analisi dell'immagine (*imaging*) consentono di mettere in evidenza variazioni dello stato delle colture. Si aprono così nuo-

ve frontiere per lo sviluppo di strumenti digitali da impiegare nella gestione colturale. Nell'ambito della protezione delle piante da parassiti e agenti fitopatogeni sono nate le applicazioni optoelettroniche. Queste si basano sull'acquisizione di dati spettrali con sensori *contactless*, e possono favorire il successo dei protocolli innovativi di difesa, attraverso la diagnostica precoce, rapida e non distruttiva delle malattie. Inoltre, consentono un monitoraggio continuo della coltura, anche su ampie superfici,



- 4** - Termografia su rosa paesaggistica per seguire i livelli d'infezione da *Botrytis cinerea* sulla canopy
- 5** - Termografia su rosa da fiore reciso per lo screening delle manifestazioni sintomatiche di oidio sulle foglie

ghino *baby-leaf* sono coltivate in coltura protetta per la produzione di insalate fresche pronte al consumo nella cosiddetta fillera della quarta gamma; mentre la rosa, sia da fiore reciso che da vaso, rappresenta una referenza ornamentale di pregio per il settore florovivaistico.

### L'imaging termografico

Le piante interessate dalla radiazione solare e dall'interazione con l'ambiente che le circondano, acquistano ed emettono energia con intensità variabile. L'imaging termografico si basa sull'acqui-

sizione dello spettro elettromagnetico emesso dalle piante nella regione spettrale dell'infrarosso lungo. La rilevazione è fatta da sensori ottici specializzati che restituiscono la distribuzione nello spazio dei valori della temperatura termografica superficiale, che può essere rappresentata sotto forma di immagine. Le piante emettono nell'infrarosso lungo in funzione della capacità dei tessuti delle diverse sue componenti di cedere parte dell'energia incamerata dalla radiazione solare; tale capacità è condizionata dallo stato di salute dei tessuti, dal metabolismo, dall'attività stomatica e dallo stato idrico. Pertanto, la termografia può essere utilizzata per monitorare anomalie nella capacità delle piante di emettere energia dovute a fattori di stress sia biotici (es. fitopatia) che abiotici (es. stress idrico).

### Alcuni casi studio

La tecnica termografica è stata applicata su sistemi ortofloricoli modello, quali ortaggi da foglia *baby leaf* (Fig. 1) e diverse cultivar di rosa paesaggistica e da fiore reciso (Fig. 2), per testarne il potenziale nella valutazione dei livelli di malattia causata da differenti agenti patogeni. La camera termica a disposizione dello studio era una Flir T1030sc avente *range* spettrale 7.5-14  $\mu\text{m}$ , risoluzione 1024x768 pixel, sensibilità termica <20 mK a 30 °C e *frame rate* 30 Hz (in camera) (Fig. 3). La termocamera così configurata è stata usata per acquisizioni in passivo, e ha mostrato interessanti performance nel mettere in risalto le piante affette da fitopatia. Su rosa paesaggistica, per esempio, la termografia ha consentito di seguire i livelli d'infezione da *Botrytis cinerea* che

## RICERCA

causa la malattia nota come muffa grigia, con la formazione di aree idropiche verde scuro sulle foglie, in particolare sulle più giovani, che evolvono in necrosi (Fig. 4).

Su rosa da fiore reciso, invece, l'acquisizione termografica ha evidenziato le parti aeree della pianta con manifestazioni di mal bianco (oidio) causato dal fungo *Sphaerotheca pan-nosa*, con la tipica polverina biancastra (Fig. 5). Nelle *baby leaf* la termografia si è dimostrata utile nel discriminare piante sane da quelle malate nel corso dell'infezione di lattughino da *Fusarium oxysporum* f. sp. *lactucae*, agente causale della tracheofusariosi, malattia che mostra una progressività della sintomatologia a partire dall'accrescimento stentato e dalla comparsa di ingiallimenti fino all'avvizzimento e al completo disseccamento della piantina. Anche la presenza delle infezioni di *Peronospora parasitica* su rucola *baby leaf* può essere discriminata in condizioni di elevato grado di severità.

Nei casi esaminati, le piante malate presentavano temperature medie maggiori rispetto a quelle sane, mentre il gradiente di colore termografico a livello di *canopy* è stato indicativo della distribuzione dei sintomi nella pianta. Questo è dovuto, probabilmente, all'alterazione della capacità delle foglie di emettere energia, ovvero raffreddare, in maniera omogenea attraverso la normale attività traspirativa. La chiusura degli stomi come risposta precoce della pianta all'infezione, oppure la modifica dei flussi linfatici a causa del danneggiamento dei tessuti operato dai patogeni, potrebbero essere alla base degli effetti che emergono dall'analisi delle immagini termografiche.

### Le prospettive per migliorare la difesa

Per ottenere il massimo dalla tecnica per il monitoraggio fitopatologico, è bene che le acquisizioni siano realizzate in maniera comparativa, per avere nella stessa immagine la presenza dei riferimenti sani e annullare così l'influenza di fattori ambientali. L'individuazione precoce degli stati fitopatologici consente di incrementare notevolmente l'efficacia dei trattamenti, riducendone le quantità d'impiego in un'ottica di agricoltura di precisione e di ottimizzazione degli *input*.

Ad ogni modo, la termografia non consente di individuare in maniera specifica il fattore di stress, ma è in grado di informare circa lo stato fisiologico generale della coltura che in combinazione con l'analisi visiva può aiutare a estendere le valutazioni su superfici più ampie e con maggiore frequenza, con un rilievo in tempo reale non distruttivo e continuativo delle colture.

Come ulteriore prospettiva l'approccio termografico può essere utile per lo sviluppo di sistemi di fenotipizzazione per la messa a punto di nuovi mezzi di difesa sostenibile. ●



Impianti polifunzionali per la trasformazione alimentare

#### Linea ortofrutta e pomodoro

Laboratori polifunzionali per la trasformazione di ortofrutta  
Cottura in vuoto  
Pastorizzazione e sterilizzazione



Linee: Polilab e Tomatolab

#### Linea essiccazione

Essiccatori professionali per la disidratazione di ortaggi, verdure, polline, erbe aromatiche, pasta, carne ecc con tecnologia di asciugatura con aria deumidificata e filtrata



#### Linea Natura

Impianti in vuoto per l'estrazione di oli essenziali in corrente di vapore da erbe aromatiche con tecnologia di raffreddamento a basso consumo d'acqua



#### Linea Castagna

Monoblocchi per il lavaggio, il trattamento termico e la pastorizzazione delle castagne;  
Sgusciatura fresco e secco e canditura



Adeguamento degli impianti ai parametri di industria 4.0



TRED TECHNOLOGY SRL  
VIA G. PERLASCA 37, 86025 RIPALIMOSANI (CB)  
0874/66405  
WWW.TREDTECHNOLOGY.COM  
COMMERCIALE@TREDTECHNOLOGY.COM