

MODIFORTI I MODELLI DI DIFESA PER LE COLTURE ORTICOLE

Pubblicazione realizzata e stampata con il contributo della Regione Lazio nell'ambito del progetto: "Modelli di difesa per le colture orticole" finanziato ai sensi del Reg (UE) n. 1305/2013 e ss. mm. e ii. PSR Lazio 2014-2020 - Mis. 16.2.1 "Sostegno a progetti pilota e allo sviluppo di nuovi prodotti, pratiche, processi e tecnologie" - Cod. CUP F59H23000000009

1. PREMESSA	4
2. IL PROGETTO	9
2.1 I modelli previsionali testati	12
3 MONITORAGGI EFFETTUATI	14
3.1 Az. Agr. Liotti	18
3.2 Az. Agr. Milito	20
3.3 Az. Agr. Turcato	23
3.4 Az. Agr. Liotti	23
4. IL GESTIONALE FITOPERATIVO	29
5. CONCLUSIONI	30
6. BIBLIOGRAFIA	33
7. I PARTNER	34

1. PREMESSA

L'Italia con il D.M. MASAF n. 3671 del 22/12/2017 si è dotata di Linee guida per lo sviluppo dell'agricoltura di precisione. Per agricoltura di precisione s'intende una strategia di gestione aziendale che usa le tecnologie dell'informazione per acquisire dati che portino a decisioni finalizzate alla produzione agricola.

I sistemi di supporto alle decisioni (DSS - Decision Support System) aziendali sono strumenti che raccolgono, organizzano, interpretano ed elaborano informaticamente una serie di dati relativi ad una determinata situazione, ponendo l'attenzione sulla sostenibilità della soluzione adoperata. In ambito agricolo i DSS vengono impiegati nella conduzione delle colture, assistendo l'imprenditore in scelte strategiche dei vari interventi agronomici quali concimazione, irrigazione, trattamenti fitosanitari permettendo di raggiungere gli obiettivi di razionalizzazione e ottimizzazione delle risorse e dei fattori produttivi ("DSS, sistemi fondamentali per l'agricoltura di precisione", L'Informatore Agrario 31/2021). Nelle strategie di difesa fitosanitaria i sistemi a supporto delle decisioni assumono un ruolo chiave nella programmazione degli interventi.

Storicamente è stata la viticoltura il settore in cui dapprima si sono stabilite delle regole empiriche per il controllo degli agenti fitosanitari, prendendo in considerazione la biologia del patogeno e quella della pianta. Esemplificativa è la regola dei "tre dieci" che fornisce un'indicazione

sul momento iniziale per il controllo di *Plasmopara viticola* su vite, oppure la regola dei “due quindici” per il controllo di *Botrytis cinerea*. Nel 1981 Serge Strizyk mise appunto il modello EPI (Etat Potentiel d’Infection) per avere indicazioni sul momento ideale per l’applicazione dei trattamenti antiperonosporici e antioidici (S. Strizyk, 1984).

In frutticoltura sono note le tavole di Mills, messe appunto da W.D. Mills nel 1944 considerando la relazione tra lo sviluppo di conidi di *Venturia inaequalis* su melo, con temperatura dell’aria ed ore di bagnatura fogliare, al fine di monitorare l’andamento delle infezioni di *V. inaequalis* (MacHardy and Gadoury, 1989).

Lo studio delle relazioni esistenti tra la biologia dei patogeni e le condizioni predisponenti per l’insorgenza delle infezioni ha suscitato crescente interesse tra gli addetti ai lavori a partire dagli anni ’70 e ’80 del secolo scorso. L’obiettivo principale che gli studiosi si prefiggevano, era quello di ridurre il numero di applicazioni di fungicidi nel corso della stagione vegetativa.

Esperienze di applicazione di modelli previsionali al settore orticolo, risalgono alle stagioni vegetative del ’91 e ’92 su campi di pomodoro da industria in Emilia-Romagna per la prevenzione di peronospora (*Phytophthora infestans*) (Bugiani *et al.*, 1993). Anche per *Podosphaera xanthii*, responsabile dell’oidio sulle cucurbitacee, si è cercata la relazione tra lo sviluppo dei conidi e l’andamento agrometeorologico. Nonostante siano di-

sponibili diversi modelli, che derivano da diverse esperienze in laboratorio (Sapak et al., 2017; Trecate et al., 2019; Liu et al., 2022), occorrono ulteriori verifiche in condizioni di pieno campo. Altri modelli disponibili per il monitoraggio di patogeni delle colture orticole sono il FAST (Forecasting for *Alternaria Solani* in Tomato), per il monitoraggio delle infezioni di *Alternaria solani* (Madden et al., 1978) ed è stato messo appunto da Broome et al., 1995 un modello per la previsione di infezioni da *Botrytis cinerea*.

Negli ultimi anni le politiche comunitarie vanno sempre di più nella direzione della sostenibilità ambientale delle produzioni agricole, la Direttiva 2009/128/CE, nota anche come direttiva sull'uso sostenibile dei pesticidi, promuoveva l'applicazione di tecniche di difesa guidata capaci di assicurare interventi fitoiatrici efficaci, efficienti e mirati, riducendo i costi di gestione ed aumentando la qualità dei prodotti tutelando la biodiversità. Queste tematiche nel corso degli anni sono state riprese ed attuate anche dal Piano di Azione Nazionale per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari (art 6 DL n. 150 14/08/2024). Più recentemente anche il Green Deal Europeo mira a trasformare l'economia del Paese della UE in qualcosa di sempre più sostenibile dal punto di vista ambientale, moderno e competitivo. In particolare, per il settore agricolo tutto questo si può coniugare in una sempre maggiore promozione di pratiche agricole sostenibili, riduzione dell'uso di pesticidi e fertilizzanti, e protezione della bio-

diversità. La modellistica previsionale è uno degli strumenti alla base dei Sistemi di Supporto alle Decisioni aziendali (DSS) e della cosiddetta “Agricoltura 4.0” dove tutti gli interventi nelle attività agricole vengono implementati grazie ad un’analisi precisa e puntuale di dati e di informazioni raccolte e trasmesse tramite strumenti e tecnologie avanzate.

La filiera orticola rappresenta un settore chiave dell’agroalimentare italiano e della regione Lazio che nel prossimo futuro dovrà affrontare nuove sfide legate alla frammentazione aziendale, all’adattamento ai cambiamenti climatici, alla necessità di innovazione tecnologica ed alla sostenibilità ambientale. Le dinamiche di mercato, la digitalizzazione e le politiche europee (PAC, Green Deal) influenzano profondamente le prospettive di sviluppo, richiedendo interventi mirati per rafforzare competitività, resilienza e integrazione lungo tutta la catena del valore. L’agricoltura del futuro non si limita più all’uso di macchinari tradizionali, ma si sta evolvendo verso un approccio che integra intelligenza e automazione, per ottenere risultati più precisi e meno dispendiosi in termini di risorse. La possibilità di disporre di una sensoristica molto avanzata capace di trasmettere informazioni in tempo reale (IoT), di avere dati storici sempre più ampi (Big Data) e poter contare su l’Intelligenza Artificiale e la Robotica, permette di migliorare la produttività e la sostenibilità, riducendo i costi di produzione. Un settore di estremo interesse è quello sicuramente

della prevenzione delle fitopatologie. I modelli previsionali, costruiti a partire da algoritmi di intelligenza artificiale, sono strumenti che, utilizzando dati ambientali, come le condizioni meteorologiche, e informazioni sulle colture, possono fornire indicazioni sulla possibile comparsa e lo sviluppo di malattie e/o dei parassiti. Questi modelli aiutano a prendere decisioni informate per la gestione delle colture, ottimizzando gli interventi e riducendo l'impatto di fitopatie e infestazioni.

2 IL PROGETTO

Nella provincia di Latina 7.167 ettari sono dedicati all'orticoltura, distribuiti tra coltivazioni protette ed in pieno campo e rappresentano circa il 30% dell'orticoltura regionale (ISTAT, Censimento Agricoltura 2020). L'area in cui si sono svolte le attività progettuali ricade tra i comuni di San Felice Circeo, Sabaudia e Terracina ed è conosciuta per essere un'area in cui si pratica orticoltura specializzata ad elevato reddito. L'importanza dell'orticoltura protetta in serra nella regione Lazio, si evince anche dalla tabella sotto riportata dove si evidenzia che oltre il 23% di questa tipologia colturale è praticata nel Lazio che risulta secondo solo a Sicilia e Campania a livello nazionale

Utilizzo del suolo nella Regione Lazio Anno 2023			
	2023		
	italia	lazio	%
superficie totale	30206825	1723172	5,704578
coltivazioni agricole	12502456	699168	5,592245
di cui ettari			
cereali	2844051	85614	3,010284
patata	45787	2194	4,791753
legumi	92029	2447	2,658944
piante aromatiche	4687	162	3,456369
ortive in pieno campo	338416	17820	5,265708
ortive protette in serra	42347	9855	23,27201
altre ortive	25733	1137	4,418451
piante da semi oleosi	464534	3297	0,709744
foraggiere temporanee o avvicendate	2564217	194160	7,571902
prati-pascoli permanenti	3603492	233550	6,481213
vite	742926	21430	2,88454
olivo	1135837	82987	7,306242
agrumi	148073	594	0,401153
frutta fresca di origine temperata	197474	4257	2,155727
frutta fresca di origine sub-tropicale	41277	9726	23,56276
frutta in guscio	209028	29786	14,24977
frutta in bacche	2548	55	2,158556
Fonte: elaborazione su dati ISTAT			

Il progetto MODIFORTI, finanziato con fondi PSR Regione Lazio 2014-2020 misura 16.2 è realizzato in collaborazione tra Sia srl ed il Consiglio per la ricerca in agricoltura e per l'economia agraria (CREA) Difesa e Certificazione sede di Roma. Obiettivo del progetto è stato quello di realizzare dei monitoraggi previsionali per i funghi patogeni delle colture più diffuse presso le aziende agricole locali, validando modelli sperimentali esistenti in letteratura. Il fine ultimo era quello di combinare i dati rilevati dalle centraline agrometeo installate, con dati relativi alla biologia del patogeno ed alla fase fenologica della coltura in atto, per individuare i periodi con condizioni più favorevoli allo sviluppo del patogeno stesso. Al raggiungimento o superamento di soglie di rischio, si sollecitava l'intervento con prodotti fitosanitari mirati e tempestivi, in un'ottica di riduzione del numero d'interventi per anno. La raccolta dei dati meteorologici e gli stessi monitoraggi sono stati informatizzati attraverso il gestio-

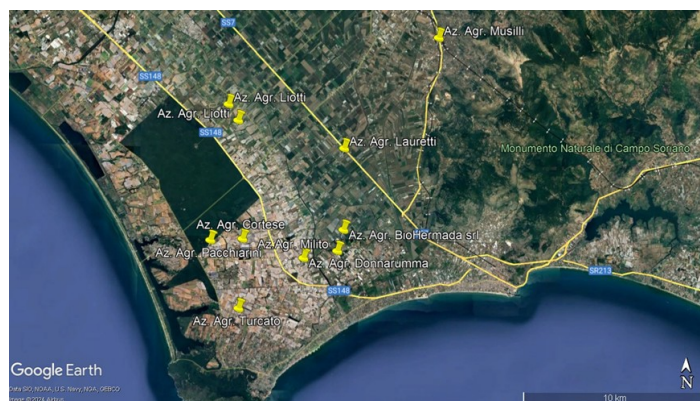


Figura 1. Ubicazione delle aziende agricole coinvolte nel progetto

nale Fitoperativo in uso presso la S.I.A. di Terracina, e messi a disposizione delle aziende. Sono state 10 le aziende agricole coinvolte, in Figura 1 è rappresentata la loro dislocazione nei comuni dell'agro pontino.

Nelle prime fasi si è proceduto all'installazione delle centraline agrometeo (Figura 2).



Figura 2. Stazione agrometeorologica Quido by NESA Srl. Sistemi pronti all'uso di facilissima installazione, inviano i dati direttamente in Cloud tramite tecnologia narrowband 4.0. Non necessitano di alcuna configurazione e i dati sono immediatamente disponibili su web e su APP per dispositivi mobili. Permettono di tenere sotto controllo parametri specifici come temperatura, umidità dell'aria, bagnatura fogliare oraria, precipitazione cumulata ed umidità del terreno. I dati rilevati alimentano modelli per il monitoraggio di patogeni chiave individuati su ciascuna coltura.

In ciascuna delle aziende è stata delimitata un'area di 10mq non trattata, all'interno della quale sono stati eseguiti periodicamente rilievi per osservare la comparsa e l'evoluzione delle fitopatie.

Figura 3. Delimitazione dell'area non trattata da sottoporre a monitoraggio per la verifica della comparsa dei sintomi



In una fase iniziale del progetto è stata effettuata una ricerca dei modelli per il monitoraggio dell'evoluzione di malattie, concentrando l'attenzione su *Phytophthora infestans* per il pomodoro ed il ravanello; e *Podosphaera xanthii*, responsabile di causare oidio sulle cucurbitacee. In aggiunta è stato testato un modello per il monitoraggio di *Alternaria daucii* responsabile di marciumi su carota.

Sono stati eseguiti monitoraggi a cadenza periodica per tutta la durata dei cicli colturali, verificando la comparsa dei sintomi in campo al raggiungimento di valori soglia.

2.1 I modelli previsionali testati

Il modello testato per valutare l'insorgenza di peronospora su pomodoro è stato l'IPI (Infection Potential Index) sviluppato da Bugiani *et al.*, 1993.

L'IPI è un modello a prognosi negativa, che si basa sulla relazione esistente tra Umidità Relativa dell'aria (%), Temperatura media (°C) dell'aria e mm di pioggia caduta nell'arco delle 48 precedenti. Viene definito un modello "a prognosi negativa" in quanto non indica con precisione la data di comparsa della malattia ma individua un periodo di tempo in cui è improbabile la manifestazione della malattia in campo, fornendo un'indicazione sulla convenienza a realizzare i trattamenti.

Per il monitoraggio delle condizioni predisponenti per lo sviluppo di *Podosphaera xanthii* su cucurbitacee sono stati testati due modelli: il POMICS (Powdery Mildew of Cucurbits Simulation) sviluppato da Sapak *et al.*,

2017; ed un altro modello per il rilevamento precoce di condizioni favorevoli allo sviluppo di oidio nelle serre sviluppato da Liu *et al.*, 2022.

Il primo modello tiene conto di Temperatura (°C), Umidità Relativa dell'aria (RH%) e Vapour Pressure Deficit (VPD) per individuare il momento più favorevole prima alla germinazione dei conidi (GER), successivamente tiene conto della sola temperatura dell'aria per il calcolo del periodo d'incubazione (LP) che precede la manifestazione dei sintomi. Perché un intero ciclo della malattia si completi (ICY) occorrono circa 168 h favorevoli alla progressione dell'indice LP. Il secondo modello sperimentale testato tiene conto delle ore di bagnatura fogliare (Leaf Wetness Duration) entro un certo intervallo di temperatura ($5^{\circ}\text{C} < T < 30^{\circ}\text{C}$). Perché si verifichi l'infezione occorre che si verifichino almeno 2 ore di bagnatura fogliare consecutive, e il prodotto tra LWD e la temperatura media oraria sia maggiore o uguale a 40. Raggiunta la soglia per cui ha luogo l'infezione, ha inizio il conteggio del periodo d'incubazione che richiede all'incirca due giorni per la manifestazione dei sintomi, ad una temperatura media di 20°C . Vengono di seguito riportati i risultati dei monitoraggi effettuati. Entrambe i modelli sono stati interpretati come modelli a prognosi negativa, nel senso che a seconda delle condizioni registrate veniva individuato il periodo in cui era improbabile il manifestarsi della malattia.

Per il monitoraggio di *Alternaria dauci* su carota è stato utilizzato il modello FAST (Forecasting *Alternaria solani*), sviluppato da (Madden L. S. Pennypacker P., Mac Nab A. A., 1978). Il modello mette in relazione ore di bagnatura fogliare e temperatura media dell'aria giornaliera, sulla base delle quali fornisce un indice di rischio Disease Severity Value (DSV) per la malattia. In dettaglio il modello suddivide le giornate all'interno di 4 classi di rischio, in relazione a temperatura media giornaliera (°C) e ore di bagnatura fogliare. La classe 0 indica assenza di rischio per lo sviluppo di *Alternaria*, classi di rischio superiori indicano un rischio crescente.

3. MONITORAGGI EFFETTUATI

3.1 Azienda agricola Lauretti

Presso l'azienda agricola Lauretti è stata installata la capannina con seriale n°1021722. Al momento dell'installazione, avvenuta nel mese di Luglio 2024, era stata impiantata da poco la coltura di pomodoro da mensa varietà ciliegino. La medesima coltura si è protratta fino alla metà del mese di dicembre del medesimo anno con ripetuti stacchi consecutivi.

In Grafico 1 viene riportata la simulazione con i dati relativi alla capannina.

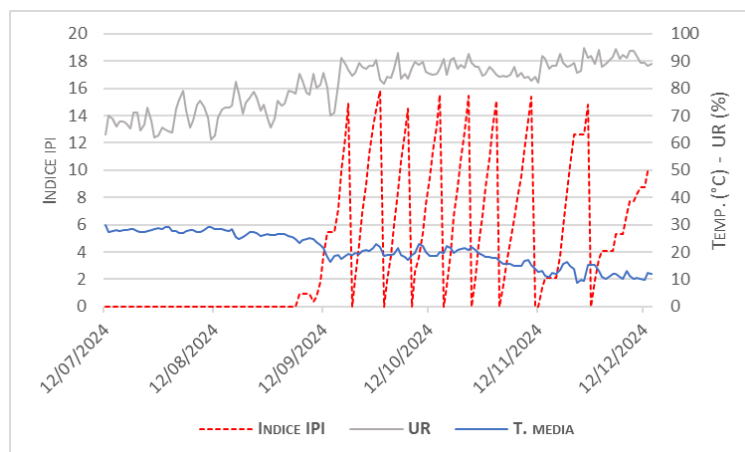


Grafico 1. Monitoraggio di *Phytophthora infestans* con indice IPI (Infection Potential Index)

Quanto emerge dal monitoraggio (Grafico 1) è che fino alla data del 29/09/2024, non si sono verificate le condizioni agrometeo per lo sviluppo del patogeno, risultava pertanto sconveniente intervenire con trattamenti antiperonosporici. A partire dalla data di cui sopra, si rendeva necessario l'intervento rispettando i tempi di carenza del prodotto per proteggere la vegetazione. In particolare, la data di comparsa della malattia sulla vegetazione è avvenuta in corrispondenza del rilievo del 24/10 con la comparsa delle tipiche macchie clorotiche su foglia. La coltivazione del pomodoro in questione si è protratta fino al 15/12/2024. Nel dettaglio la capannina è risultata utile per monitorare anche la temperatura raggiunta nel corso delle notti più fredde, al fine di intervenire tempestivamente con l'irrigazione antibrina.



Figura 4-5. Foto scattate il 24/10/2024 ed il 31/10/2024. La prima testimonia il rinvenimento di peronospora, la seconda è lo stadio dei pomodori al 31/10/2024

Conclusasi la coltura del pomodoro da mensa il terreno è stato sottoposto a concimazione organica e preparato per il trapianto di zucchini var. romanesco avvenuto in data 24/12/2024, con fase fenologica di 2^a foglia cotiledonare. Si è proceduto quindi a tenere traccia delle fasi fenologiche dello zucchini secondo quanto descritto nel metodo BBCH. La fase fenologica della fioritura è stata raggiunta il 01 febbraio 2025, mentre manifestazioni sintomatiche di oidio in campo si sono verificate il 23/03/2025 (Grafico 2).

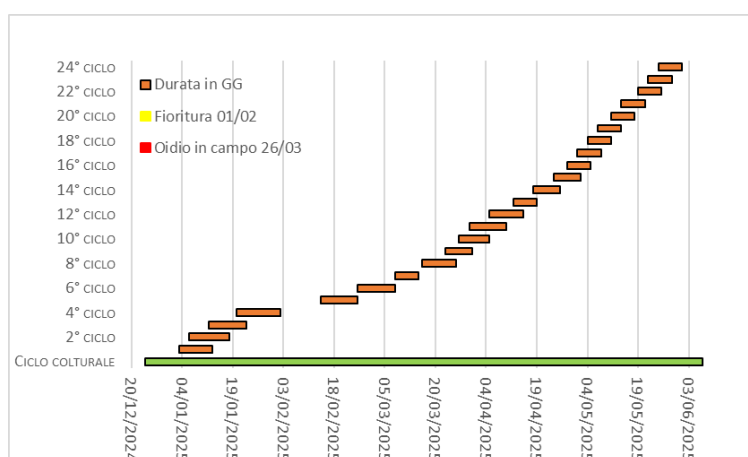


Grafico 2. Monitoraggio di cicli di oidio successivi con il modello POMICS e relativa durata in giorni

Il modello POMICS ha permesso di monitorare oltre al periodo in cui era più probabile l'insorgenza delle infezioni, anche la lunghezza ed il numero di cicli del patogeno nel corso del ciclo colturale (di 165 giorni) indicato in verde nel Grafico 2. La durata dei cicli, cioè l'intervallo di tempo che passava dall'infezione avvenuta alla comparsa dei conidi, progressivamente è andata riducendosi nel corso della stagione, passando da una media di 10-12 giorni all'inizio del periodo, a 7 giorni con l'approssimarsi della stagione calda. In totale sono stati osservati 24 cicli completi, con un andamento esponenziale nella fase finale del ciclo colturale, come si può osservare dal Grafico 2.

Come già osservato per il POMICS, anche il secondo modello testato Early Warning Detection of cucumber Downy Mildew si è dimostrato reattivo nel segnalare le condizioni predisponenti per l'insorgenza delle infezioni di oidio (Grafico 3).

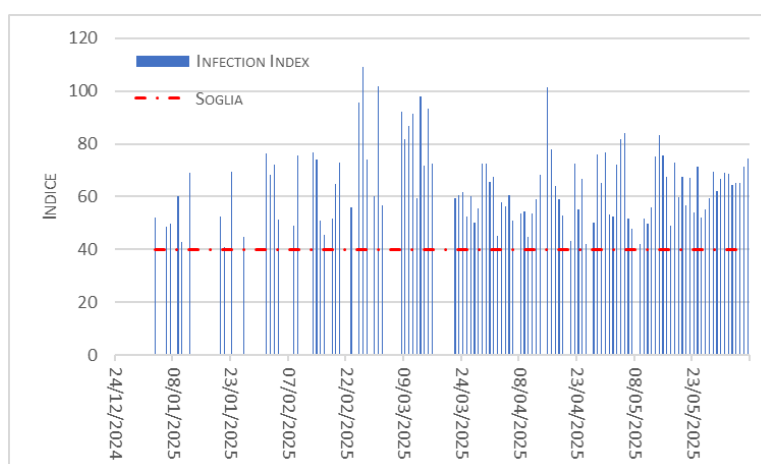


Grafico 3. Monitoraggio di oidio su zucchini eseguito con il modello Early Warning Detection of cucumber Downy Mildew

Nel dettaglio l'analisi dei monitoraggi eseguiti permette di osservare che condizioni per l'insorgenza delle infezioni di oidio si sono verificate in serra anche nei mesi più freddi (gennaio e febbraio), sebbene si tratti di eventi isolati ad uno o pochi giorni. Oltre alla biologia del patogeno, occorre inoltre considerare anche quella della pianta ospite, risultando lo zucchini poco suscettibile alle infezioni di oidio prima della fioritura.

A partire dalla prima metà del mese di marzo, entrambe i modelli segnalano un aumento dell'indice di rischio, con il verificarsi delle condizioni per lo sviluppo del patogeno che ricorrono in maniera costante. Inoltre, come segnalato dall'indice POMICS, più cicli si sovrappongono e si susseguono tra di loro, aumentando in maniera esponenziale la presenza di conidi pronti a germinare.

In una strategia di gestione integrata per l'oidio, avvalendosi del DSS, in una prima fase (fioritura – prima metà del mese di marzo) si poteva pensare di ridurre il numero d'interventi con prodotti fitosanitari di copertura, rispettando i tempi di efficacia del prodotto e tenendo conto degli alert del sistema monitorando i periodi più predisponenti all'insorgenza della malattia limitati a pochi eventi nel corso dei mesi.

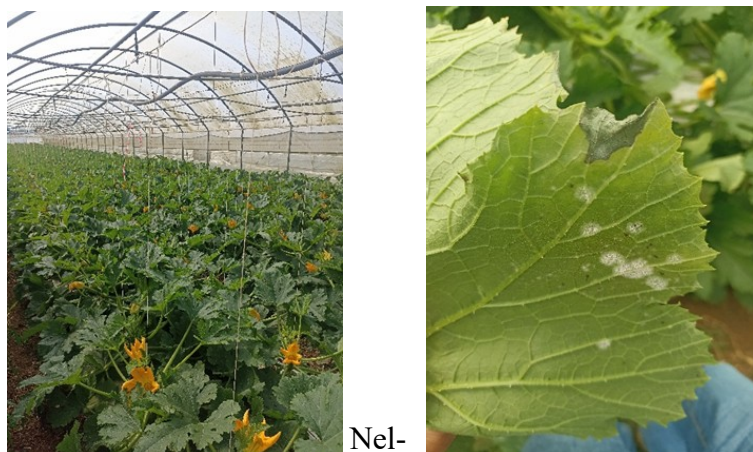


Figure 6-7. Foto scattate il 26/03/2025 a +93 giorni dal trapianto, sintomi di oidio sulla pagina inferiore delle foglie basali

la seconda parte del ciclo, a partire dal mese di marzo

2025 entrambe i modelli evidenziavano la pressione elevata del patogeno, per cui diventava necessario proteggere la coltura in maniera continuativa, garantendo la copertura della vegetazione con interventi che rispettavano i tempi di carenza/efficacia del prodotto fitosanitario utilizzato. La gestione antioidica della coltura è stata efficace, e la vegetazione è stata a lungo conservata in ottimo stato.

3.2 Azienda agricola Milito

Nell'azienda Milito è stata installata la capannina seriale nr. 1021725. A partire dal 28/10/2024 è stato seminato zucchini bianco var. Ortano. Oltre il monitoraggio per la comparsa di oidio, sono stati effettuati rilievi sulle fasi fenologiche della coltura. In dettaglio, la coltura ha presentato notevoli criticità per quanto riguarda la gestione dell'oidio comparso in campo a partire dal 01/02/2025 e poi diffusosi compromettendo la vitalità di numerose piante. Viene di seguito riportato uno schema delle diverse fasi fenologiche rilevate con i rispettivi gradi giorno misurati (Grafico 4).

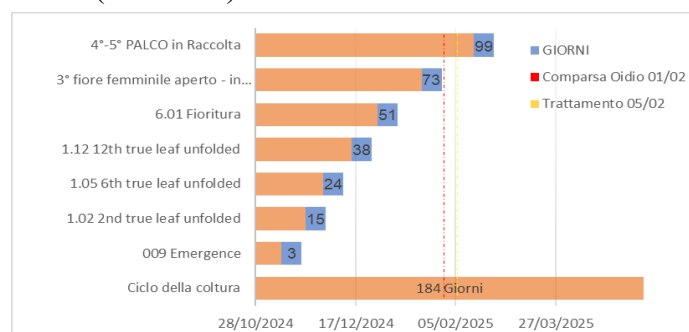
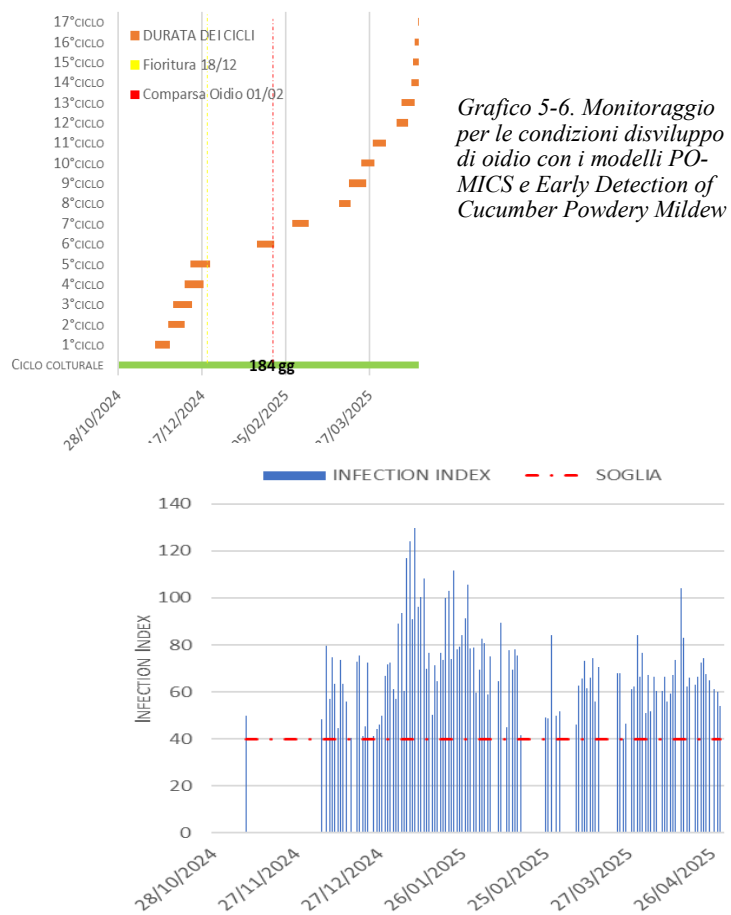


Grafico 4. Rappresentazione delle fasi fenologiche rilevate per la coltura dello zucchini. I numeri in blu rappresentano la durata in giorni per ciascuna fase

Per quanto riguarda il monitoraggio dell'oidio, sono stati testati entrambe i modelli POMICS e Early Detection of cucumber Downy Mildew (Grafico 5-6). Il POMICS è stato utilizzato per monitorare il numero di cicli del patogeno nel corso della stagione vegetativa della coltura e la relativa lunghezza.



Quanto si è potuto osservare dal confronto dei monitoraggi effettuati con i due modelli utilizzati, è che il POMICS in questo contesto è risultato meno sensibile alla determinazione di condizioni potenziali per l'insorgenza della malattia.

In particolare, dall'analisi effettuata a mezzo del POMICS è risultato un numero di cicli infettivi pari a 16 con l'intensificarsi degli stessi a partire dal mese di marzo 2025. Oltre al verificarsi delle condizioni predisponenti all'infezione più frequenti, ha contribuito anche l'accorciarsi della durata del singolo ciclo passando dai 10 giorni dei mesi più freddi ai 7 con l'incedere del caldo. Quello che si evidenzia dal grafico è una crescita esponenziale della pressione del patogeno nei mesi di marzo ed aprile.

La simulazione effettuata con il secondo modello Early Detection for cucumber Downy Mildew restituisce un quadro più vicino alla situazione che si è potuta osservare in campo. Nel dettaglio, il modello evidenzia un rischio elevato per le infezioni da oidio già a partire dal mese di dicembre 2024, con una leggera flessione nel corso mese di febbraio 2025. Le ragioni sono da ricercare nelle numerose ore di bagnatura fogliare che in questa serra si sono registrate nelle ore notturne che favoriscono la germinazione dei conidi e l'instaurarsi di nuove infezioni.

L'oidio è stato riscontrato in campo a partire dalle foglie basali già il 01 febbraio. Al rilevamento dei sintomi ha fatto seguito un trattamento con un fungicida a base di Bupirimate. Tuttavia, data la forte pressione del patogeno

all'interno della serra nel corso delle settimane successive si è assistito ad un aumento della diffusione dei sintomi, con un indice di gravità di malattia giudicato come elevato nel corso dei successivi rilievi effettuati.



Figura 8-9. Foto scattata il 01/02/2025, rilevamento sintomi di infestazione di oidio

3.3 Azienda agricola Turcato

Presso l'azienda agricola Turcato è stata installata la capannina con seriale nr. 1021723. Oggetto del monitoraggio sono stati due lotti di terreno, entrambe coltivati con orticole in serra. Sul primo appezzamento è stata realizzata una coltura di cavolo rapa trapiantato il 17/10/2024 e raccolto il 18/12/2024. Sull'altro appezzamento erano state seminate carote il 27/09/2024 ed al momento del rilievo del 09/01/2025 erano prossime alla raccolta.

Sono stati realizzati due monitoraggi, rispettivamente il primo per il monitoraggio di peronospora su cavolo rapa adottando l'indice IPI

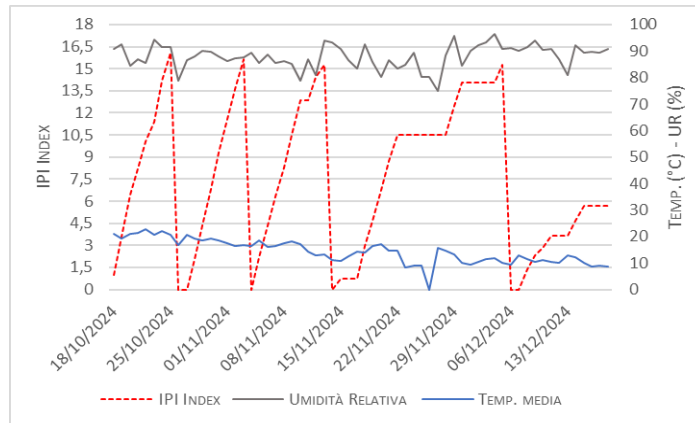


Grafico 7. Monitoraggio Indice Infection Potential Index per la peronospora del cavolo rapa

Dal monitoraggio effettuato si evidenziano quattro date in cui è stata raggiunta la soglia d'allarme per l'indice IPI che corrispondono al 25 ottobre, 03 novembre, 13 novembre e 5 dicembre. Dai rilievi in campo i sintomi sono stati osservati durante il rilievo eseguito il 12 novembre, trovando corrispondenza tra l'allerta fornita dal modello e la presenza di malattia in campo.



Figura 10-11-12. Foto scattate nel corso di diversi rilievi, nell'ultima foto (12/11/2024) si osservano la presenza di macchie clorotiche sulle foglie

Su carota è stato realizzato il monitoraggio per la gestione di *Alternaria dauci* responsabile di causare danni all'apparato fogliare e nei casi più gravi d'infestazione, marciume nero della corona e delle radici anche in fase di stoccaggio . Viene inoltre riportata la durata delle diverse fasi fenologiche, espressa in giorni (Grafico 8-9).

Grafico 8: lunghezza delle fasi fenologiche di carota espressa in giorni

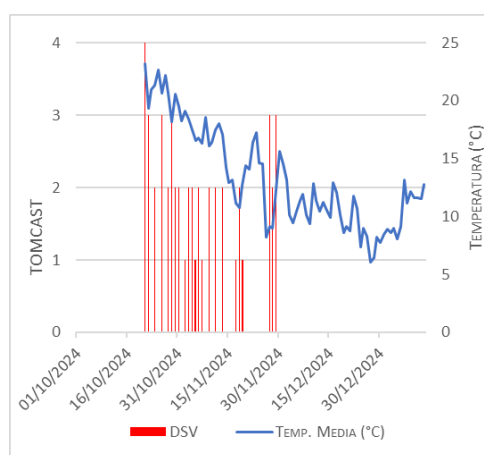
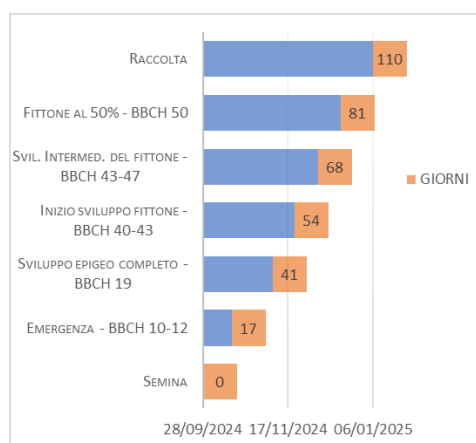


Grafico 9; monitoraggio realizzato con il modello TOMCAST, per lo sviluppo di Alternaria dauci

I dati forniti dal modello hanno permesso d'individuare una finestra temporale di circa un mese, compresa tra il 21 ottobre ed il 29 novembre, come quella di maggiore suscettibilità alla malattia causata da *Alternaria*. La fase fenologica corrispondente è quella dello sviluppo dell'apparato epigeo, pertanto le piante di carota risultavano essere particolarmente suscettibili ad *Alternaria* in questa fase, motivo per cui si è reso indispensabile assicurare la protezione dell'apparato fogliare ricorrendo a prodotti fungicidi. L'abbassamento delle temperature, coinciso con la fine del mese di novembre, ha portato ad una sensibile riduzione del rischio, con valori dell'indice prossimi allo zero o non calcolati (Grafico 9).



Figura 13-14-15. Rilevi effettuati presso l'azienda. Nella 2° foto attribuzione della fase fenologica. 3° foto rinvenimento di *Sclerotinia* spp. in corrispondenza dei percorsi delle trattrici

3.4 Az. Agricola Liotti

All'interno dell'azienda agricola Liotti è stata collocata la capannina identificata con seriale nr. 1021724. A partire dalla metà del mese di ottobre 2024, sono stati effettuati

monitoraggi per la comparsa dei sintomi di peronospora (*Phytophthora destructor*) su tre cicli colturali di ravanella consecutivi, susseguitesì fino al 07/03/2025. A seguire è stata impiantata una consociazione di ravanella e cocomero.

Nel corso dei diversi cicli colturali in campo non si è osservata insorgenza di sintomi di peronospora, tuttavia l'indice IPI utilizzato per il monitoraggio suggeriva il verificarsi delle condizioni predisponenti per la malattia nei mesi di ottobre e novembre, in cui la temperatura media dell'aria era più elevata. Dal monitoraggio si è potuto osservare che al 28 novembre erano stati completati tre cicli d'infezione consecutivi, della durata di 15 giorni ciascuno (Grafico 10). Con il progredire della stagione autunno-invernale e l'abbassarsi delle temperature medie registrate, la durata del singolo ciclo infettivo si allungava, diminuiva pertanto la pressione del patogeno con cicli successivi che arrivavano a sfiorare la durata di un mese ciascuno. Nel complesso nel corso del monitoraggio sono stati completati 6 cicli successivi (Grafico 10).

Nel corso del monitoraggio si è tenuto traccia delle fasi fenologiche del ravanella e della loro durata con l'approssimarsi della stagione fredda. È risultato che dalla semina alla raccolta occorrono circa 350 gradi giorno, per il raggiungimento dei quali occorrevano 38 giorni a novembre, 51 giorni a cavallo dei mesi dicembre-gennaio, 41 giorni nei mesi di febbraio-marzo (Grafico 11)

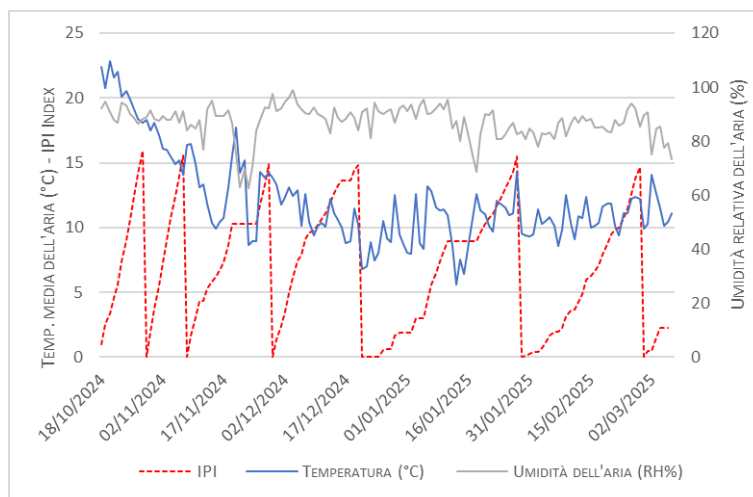


Grafico 10. Monitoraggio Infection Potential Index (IPI) per peronospora su ravanello ed andamento di Temperatura media (°C) ed Umidità relativa (%) all'interno della serra.

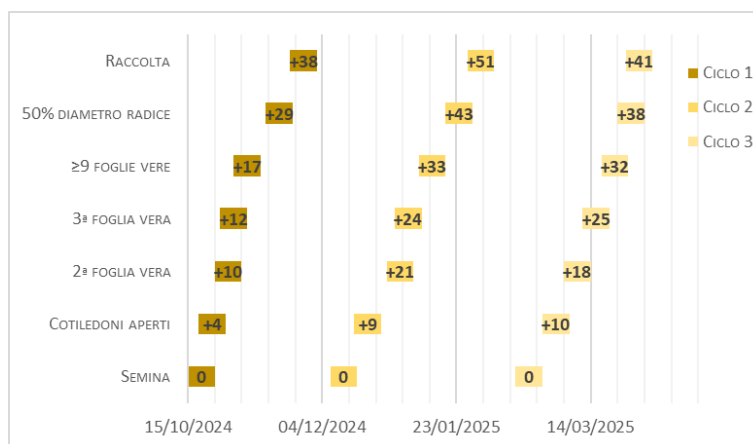


Grafico 11. Monitoraggio delle fasi fenologiche di tre cicli consecutivi di ravanello. Con l'abbassarsi delle temperature si allunga l'intervallo tra fasi fenologiche consecutive, e di conseguenza s'allungano i cicli

4. IL GESTIONALE FITOPERATIVO

A completamento del progetto MODIFORTI il gestionale Fitoperativo, sviluppato dalla Sia, è stato potenziato con una nuova sezione dedicata al monitoraggio delle fitopatie (Figura 16).



Figura 16. Interfaccia del gestionale Fitoperativo per seguire i monitoraggi patogeni/coltura

Questa funzionalità consente di raccogliere e integrare i dati provenienti dalle stazioni agrometeo dislocate presso le aziende agricole, impiegandoli all'interno di modelli predittivi codificati in linguaggio informatico, tra cui Infection Potential Index, Pomics, Early Detection of Cucurbits Powdery Mildew e Tomcast.

In seguito alla configurazione di un nuovo lotto, a cura di un tecnico della cooperativa, il sistema permette di seguire l'evoluzione dell'indice di infezione in base alla coltura e alla patologia selezionata. Al superamento di determinate soglie di rischio, viene inviato un alert via email,

avvisando l'utente della possibile presenza di una malattia in campo e suggerendo l'eventuale trattamento fitosanitario. I risultati delle prove condotte all'interno del progetto, ed i dati raccolti dalle capannine agrometeo finanziate dal medesimo, sono consultabili al seguente indirizzo: www.sia-agri.it/fitoperativo/it, in una sezione direttamente accessibile.

5. CONCLUSIONI

L'impiego di DSS basati su modellistica previsionale rappresenta un aiuto concreto per la gestione della difesa integrata, rendendo disponibili una serie di dati agrometeorologici in loco, a fronte di un costo contenuto. Un'agricoltura moderna, orientata alla qualità ed alla salubrità delle produzioni agricole, al rispetto per l'ambiente ed al contenimento dei costi di produzione, non può prescindere dall'utilizzo di strategie di difesa volte ad ottimizzare l'utilizzo delle soluzioni disponibili per il contenimento dei principali agenti fitopatogeni.

Il progetto MODIFORTI, finanziato con fondi PSR Regione Lazio 2014-2020 misura 16.2 e realizzato in collaborazione tra Sia srl ed il Consiglio per la ricerca in agricoltura e per l'economia agraria (CREA) Difesa e Certificazione sede di Roma ha in modo prioritario offerto un contesto di scambio di informazioni e di condivisione tra gli attori coinvolti: da un lato gli agricoltori, dall'altro i tecnici Sia ed i ricercatori del centro Crea.

Sono stati validati, attraverso differenti cicli di monito-

raggio, quattro differenti modelli per i principali funghi patogeni chiave delle colture orticole: l'IPI, per il monitoraggio di peronospora su pomodoro, ravanella e cavolo rapa; il POMICS ed "Early Detection of Cucumber Powdery Mildew", per il monitoraggio di oidio su cucurbitacee; TOMCAST per il monitoraggio di *Alternaria daucii* su carota. Tutti i modelli utilizzati sono stati assunti come modelli a "prognosi negativa", permettendo di individuare i periodi in cui le colture sia per la fase fenologica, e per le condizioni agroclimatiche, risultavano essere meno suscettibili all'infezione del patogeno.

Dai risultati dei monitoraggi è emerso un buon grado di predizione degli indici utilizzati nei confronti della manifestazione della malattia, fornendo agli agricoltori un'indicazione concreta sulla necessità di effettuare i trattamenti fungicida.

La metodologia applicata è da ritenersi cautelativa, nel senso che la sensibilità del modello è tale per cui in nessun caso ha sottostimato il rischio di infezione in campo, talvolta segnalando il verificarsi delle condizioni di malattia senza che facesse seguito la reale comparsa in campo.

Inoltre, alla luce del numero di informazioni che si possono ricavare dalla sinergia tra l'esecuzione di rilevamenti sul campo e la raccolta di dati agrometeorologici, i benefici prodotti dall'utilizzo di DSS vanno oltre la sola difesa fitopatologica. Nel corso delle attività progettuali, l'utilizzo di centraline agrometeorologiche ha permesso di mo-

nitorare la durata delle fasi fenologiche delle singole colture, e come variava la loro durata in relazione alle condizioni di umidità e temperatura del periodo. Inoltre, in condizioni di abbassamenti repentini delle temperature nel corso delle notti invernali, la presenza delle capannine agrometeorologiche ha permesso di intervenire tempestivamente con irrigazioni antibrina evitando il rischio di gelate sulle colture in atto.

Un punto di debolezza potrebbe ravvisarsi alla necessità di un rafforzamento della rete di assistenza tecnica, ed alla condivisione di un maggior numero di informazioni tra gli agricoltori ed i tecnici di campo, al fine di perfezionare le strategie di difesa ed ottimizzare al massimo i trattamenti effettuati.

Altre potenzialità dei DSS solo parzialmente esplorate dal progetto MODIFORTI, potrebbero riguardare l'utilizzo degli stessi per il monitoraggio e la razionalizzazione della risorsa idrica e di altri fattori di produzione (es. incidenza della radiazione solare sullo sviluppo della coltura e sull'incidenza dei patogeni; utilizzo di tecniche spettrofotometriche per valutare lo stato nutrizionale delle colture).

I risultati ottenuti dal progetto, i dati agrometeo delle 10 capannine installate, ed i monitoraggi realizzati per la gestione delle fitopatie sono disponibili al link www.sia-agri.it/fitoperativo/it.

6. Bibliografia

- Broome, J., 1995. Development of an Infection Model for Botrytis Bunch Rot of Grapes Based on Wetness Duration and Temperature. *Phytopathology* 85, 97. <https://doi.org/10.1094/Phyto-85-97>
- Bugiani, R., Cavanni, P., Ponti, I., 1993. An advisory service for the occurrence of *Phytophthora infestans* on tomato in Emilia-Romagna region. *EPPO Bull.* 23, 607–613. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2338.1993.tb00557.x>
- Censimento Agricoltura 2020, n.d. URL <https://www.istat.it/notizia/censimento-agricoltura-2020-online-i-principali-dati/> (accessed 7.2.25).
- DSS, sistemi fondamentali per l'agricoltura di precisione, 2021. . *Inf. Agrar.* URL <https://www.informatoreagrario.it/meccanica/dss-sistemi-fondamentali-per-lagricoltura-di-precisione/> (accessed 7.2.25).
- Gadoury, D., 1989. A revision of Mills' criteria for predicting apple scab infection periods. *Phytopathology* 79, 304–310.
- Liu, R., Wang, H., Guzmán, J.L., Li, M., 2022. A model-based methodology for the early warning detection of cucumber downy mildew in greenhouses: An experimental evaluation. *Comput. Electron. Agric.* 194, 106751. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.106751>
- Madden L. S. Pennypacker P., Mac Nab A. A., 1978. FAST, a Forecast System for *Alternaria solani* on Tomato. *Phytopathology* 68, 1354–1358.
- Sapak, Z., Salam, M.U., Minchinton, E.J., MacManus, G.P.V., Joyce, D.C., Galea, V.J., 2017. POMICS: A Simulation Disease Model for Timing Fungicide Applications in Management of Powdery Mildew of Cucurbits. *Phytopathology®* 107, 1022–1031. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-11-16-0413-R>
- STRIZYK, S., 1984. Modèle d'EPI pourriture grise: utilisation pour une stratégie de traitement. *Modèle EPI Pourriture Grise Util. Pour Une Strat. Trait.* 75, 25–27.
- Trecate, L., Sedláková, B., Mieslerová, B., Manstretta, V., Rossi, V., Lebeda, A., 2019. Effect of temperature on infection and development of powdery mildew on cucumber. *Plant Pathol.* 68, 1165–1178. <https://doi.org/10.1111/ppa.13038>

7. I PARTNER

Ente Capofila: S.I.A. S.R.L.

Gruppo Operativo:

- S.I.A. S.R.L.
- CREA Difesa e Certificazione sede di Roma

Partners:

- Az. Agr. CIMMINO STEFANO
- Az. Agr. DONNARUMMA GAETANO
- Az. Agr. LIOTTI GIUSEPPE
- Az. Agr. LAURETTI AMEDEO
- Az. Agr. MUSILLI RICCARDO
- Az. Agr. FERIFLA DI MARIN MARIELLA
- Az. Agr. CIALEO MARIA PIA
- Az. Agr. MILITO ANTHONY
- Az. Agr. TURCATO MASSIMO
- MARINELLA PACCHIARINI & C. SOC. SEMP. AGR.
- Az. Agr. CIMAROLI CHIARA
- Az. Agr. BIANCONI MONICA
- Az. Agr. CIALEO ALESSIA
- Az. Agr. LIOTTI VALENTINA
- HORTO SYSTEM AGRICOLA SOC. COOP
- LA REALE SOCIETA' COOPERATIVA AGRICOLA

Redazione: SIA s.r.l.
Coordinamento scientifico: Dr. Enzo Marinelli (Centro di
Ricerca per la Patologia Vegetale CREA-PAV)

Settembre 2025