

Acta Italus Hortus

Riassunti dei lavori

Giornate Tecniche SOI
Sensoristica digitale e agromotica
in ortoflorofrutticoltura

Pontecagnano (SA), 4-5 ottobre 2023

A cura di
Angelica Galieni, Catello Pane e Marco Savona



Publicata dalla Società di Ortoflorofrutticoltura Italiana (SOI)

Acta Italus Hortus

Pubblicazione della Società di Ortoflorofruitticoltura Italiana (SOI)
Numero 29

Politica editoriale. Acta - Italus Hortus è una collana dedicata agli Atti di convegni organizzati o patrocinati dalla Società di Ortoflorofruitticoltura Italiana (SOI). La pubblicazione degli articoli è sotto la responsabilità dell'Organizzatore del convegno e/o del(i) curatore(i) del volume. I contributi sono di norma in italiano, con un ampio abstract e didascalie di tabelle e figure in lingua inglese. I lavori pubblicati sono soggetti a revisione da parte del Comitato Scientifico ed Editoriale del convegno prima della loro accettazione definitiva per la stampa.

Aims and Scope. Acta - Italus Hortus publishes Proceedings of Conferences organized under the aegis of Italian Society for Horticultural Sciences (SOI). Articles are reviewed by the Scientific Committee of the Conference before final acceptance. The publication of articles is under the responsibility of the Convenor and/or of the Editor(s) of the Conference Proceedings. All contributions appear in Italian with an extended summary, captions and legends in English.

Sintesi della procedura per la pubblicazione di Atti di Convegni su Acta - Italus Hortus

La richiesta di pubblicazione Atti di convegno su Acta - Italus Hortus va inviata al Direttore Responsabile e al Direttore Scientifico e deve includere l'elenco dei componenti del Comitato Scientifico ed editoriale del Convegno e l'indicazione del Curatore degli Atti. La richiesta viene esaminata dal Comitato Scientifico-Editoriale di Italus Hortus, ed accettata sulla base delle informazioni fornite dal Comitato Organizzatore del Convegno e dell'interesse per i soci SOI per la tematica proposta.

Il Comitato Organizzatore del Convegno si impegna a coprire il costo della stampa del numero di Acta - Italus Hortus e a fornire alla Segreteria Editoriale i testi e le figure in formato elettronico, redatti secondo le norme editoriali riportate in terza di copertina e sul sito web della SOI (www.soihs.it). Al Curatore degli Atti saranno inviate le bozze tipografiche per la correzione.

Direttore Responsabile / Managing Editor: Elvio Bellini, Università di Firenze

Direzione Scientifica / Editor: Emilia Caboni, CREA, e Roberta Paradiso, Università di Napoli Federico II

Segreteria Editoriale / Secretary: Francesco Baroncini, Società di Ortoflorofruitticoltura Italiana

Editore: Società di Ortoflorofruitticoltura Italiana (SOI), Firenze

Direzione e Redazione: Viale delle Idee, 30 - 50019 Sesto Fiorentino (FI); tel. 055.4574067

e-mail: segreteria@soihs.org; sito web: <http://www.soihs.it>

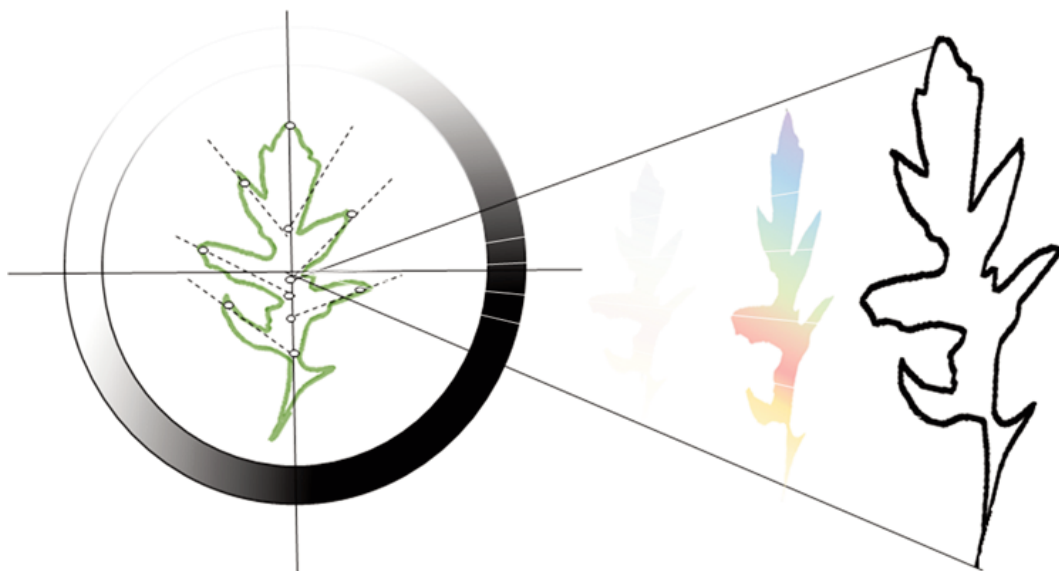
ISBN: 978-88-32054-06-4

© 2023 by SOI - Firenze

Riassunti dei lavori

Giornate Tecniche SOI

Sensoristica digitale e agromotica in ortoflorofrutticoltura



Giornate Tecniche SOI - Pontecagnano 2023
Sensoristica digitale e agromotica in ortoflorofrutticoltura

Pontecagnano Faiano (SA), 4-5 ottobre 2023

Volume a cura di
Angelica Galieni, Catello Pane e Marco Savona

Riassunti dei lavori
Giornate Tecniche SOI
Sensoristica digitale e agromotica in ortoflorofrutticoltura

Pontecagnano Faiano (SA), 4-5 ottobre 2023

Con il patrocinio di



Ministero della Giustizia

Gold sponsor

PHENOSPEx
Smart Plant Analysis



Silver sponsor



Bronze sponsor

Rossi
Strumenti



ECOFABER
L'ORTOVIVAISMO DI QUALITÀ



“La Farmacia delle Piante”

dei F.lli GENTILE s.n.c.

RIASSUNTI DEI LAVORI
Giornate Tecniche SOI
Sensoristica digitale e agromotica in ortoflorofrutticoltura

Pontecagnano Faiano (SA), 4-5 ottobre 2023

Comitato Organizzatore

DANIELE MASSA (CONVENER)
CATELLO PANE (CONVENER)
PASQUALE TRIPODI (CONVENER)
ACCURSIO VENEZIA (CONVENER)
CORRADO COSTA
GIANLUCA FRANCESE
ANGELICA GALIENI
PAOLA IOVIENO
CARLO NICOLETTO
FEDERICO PALLOTTINO
MARCO SAVONA
LOREDANA SIGILLO

Comitato scientifico

GIOVANNI CARUSO
GIUSEPPE CELANO
GIACOMO COCETTA
DAVIDE QUAGLIA
ANTONIO ELIA
ROBERTO CICCORITTI
LUCA INCROCCI
PASQUALE LOSCIALE
LUIGI MANFRINI
PAOLO MENESATTI
ALEJANDRA NAVARRO-GARCIA
ANTONIO PANNICO
NICOLA PECCHIONI
GIORGIO PROSDOCIMI GIANQUINTO
GIANCARLO ROCCUZZO
LAURA TOPPINO
LORENZA TUCCIO
SAMANTA ZELASCO

Riassunti dei lavori

Giornate Tecniche SOI Sensoristica digitale e agromotica in ortoflorofrutticoltura

Sommario

Sessione 1 - Strumenti digitali per l'ottimizzazione degli input

Applicazioni del telerilevamento mediante UAV in olivicoltura e viticoltura G. Caruso, G. Palai	Pag.	10
Calibrazione, validazione e implementazione di un modello di stima della biomassa e dell'assorbimento di nutrienti in pomodoro (cv. Pisanello) F. Cela, G. Carmassi, S. Cialli, L. Incrocci	“	11
Puntatore iperspettrale custom per l'identificazione real-time di malerbe tramite AI F. Pallottino, S. Figorilli, S. Vasta, C. Costa, S. Violino, S. Caponi, M. Mattarelli, G. Ragosta, I. Neri, C. Pane	“	12
Caratterizzazione di parametri morfologici di crescita in orticole a foglia mediante sensori 3D su piattaforma robotizzata D. Manenti, M. Torrente, P. Pasta, A. Calcante, R. Oberti	“	13
Impiego della termografia pulsata per il monitoraggio della persistenza del rame sulla vegetazione V. Battaglia, M. Cermola, M. Sicignano, E. Lahoz, P. Mormile, M. Rippa	“	15
Stima della radiazione intercettata (fPAR) da colture orticole in sistemi AgriVoltaici tramite l'utilizzo di dispositivi LiDAR portatili M. Moretta, M. Moriondo, M. Bindi, G. Padovan, N. Staglianò, R. Rossi	“	18
Reti Neurali Artificiali per ottimizzare la nutrizione luminosa e minerale di ortaggi da foglia in acquaponica G.C. Modarelli, L. Vanacore, A.L. Langellotti, P. Masi, Y. Roupheal, C. Cirillo, S. De Pascale	“	21
Anticipare l'alba con l'utilizzo dei LED influenza positivamente la crescita di micro-ortaggi e microleaf del genere Brassica O.D. Palmitessa, A. Didonna, B. Leoni, M. Renna, A. Somma, P. Santamaria	“	23
Uso di sistemi di sensori prossimali per la raccolta dati utili allo sviluppo e validazione di modelli predittivi in sistemi agri-voltaici R. Iacono, D. Romano, P. Russo, A. D'Emilio	“	26

Sessione 2 - Sistemi di supporto alla gestione irrigua

Monitoraggio della conduttanza stomatica come metodo per guidare un protocollo Plant-Based di Regulated Deficit Irrigation	Pag.	30
L. Conti, F. Maldera, A. D'Onghia, P. Losciale		
Calibrazione ed efficienza di sensori di umidità del suolo a basso costo utilizzati per il controllo dell'irrigazione in vaso e in substrati a base di torba	“	33
D. Loconsole, M. Elia, F. Montesano, B. De Lucia, G. Cristiano, G. Conversa, A. Elia		
Gestione idrica e nutrizionale del pomodoro: esperienze applicative in pieno campo e in serra per la definizione di strategie e algoritmi sensor-based	“	35
F.F. Montesano, L. Bonelli, M. D'Imperio, A. Boari, M. Durante, A.M. Stellacci, G. Lacolla, F. Serio		
Gestione irrigua delle colture orticole in serra tramite monitoraggio del flusso linfatico nello stelo con sensori “sap flow”	“	36
A. Navarro, D. Massa		
Monitoraggio in continuo del potenziale idrico dell'actinidia mediante microtensio-metri: opportunità per valutare lo stato idrico della pianta e orientare la strategia irrigua	“	37
R. Di Biase, M. Calabritto, A.N. Mininni, B. Dichio		

Sessione poster

Influenza del rapporto rosso:blu della luce supplementare sulla crescita della pianta e la resa in tuberi in patata	“	39
N. Arouna, A. Pannico, S. De Pascale, R. Paradiso		
Analisi della fluorescenza della clorofilla a in risposta a stress abiotici	“	41
G. Franzoni, G. Cocetta, A. Ferrante		
Modelli predittivi per caratteri qualitativi in materiale di breeding di indivia	“	44
W. Polilli, A. Galieni, G. Campanelli, P. Angelini, F. Leteo, C. Platani, S. Fabrizi, M. Dattoli, A. Natalini		
agriMARS: un sistema robotico per il monitoraggio remoto di coltivazioni	“	46
F. Visentin, S. Cremasco, E. Fiorini, F. Castellini, M. Agostini, D. Quaglia, R. Muradore		

Sessione 3 - Sistemi per l'implementazione della qualità

Precision technologies for sustainable agriculture and food production	“	48
I. Tornese, S. Laveglia		
Impiego della riflettanza VIS/NIR per la modellizzazione del potere antiossidante nello spinacio da industria alla raccolta. Confronto di modelli e individuazione delle zone più informative dello spettro	“	50
W. Polilli, F. Stagnari, F. Trasmundi, F. Flamminii, C. Di Mattia, C. Platani, M. Dattoli, A. Galieni		

Contenimento dei nitrati in rucola attraverso l'uso della modellistica e sensori ottici di fluorescenza per la concimazione azotata di precisione M. Sodini, S. Cacini, C. Cinelli, F. Scotto Di Covella, L. Tuccio, A. Venezia, D. Massa	Pag.	53
Valutazione della qualità delle fragole mediante spettrofotometro portatile e tecniche di <i>machine learning</i> R. Ciccoritti, P. Ferrante, R. Ciorba, G. Roccuzzo, T. Amoriello	“	54
Modellizzazione quali-quantitativa della produzione di rucola selvatica (<i>Diplotaxis tenuifolia</i> L.) tramite sensori prossimali A. Burato, A. Di Serio, V. Alfano, R. Cavaliere, F. Zoccoli, M. Parisi, D. Cammarano, E. De Falco, P. Di Benedetto, D. Ronga	“	56
Utilizzo di strumenti per analisi non distruttive nelle valutazioni qualitative di efficacia di biostimolanti su piante orticole A. Petrini, V. Cavallaro, G. Franzoni, G. Cocetta, A. Ferrante	“	58
Sessione 4 - Tecniche digitali applicate alla gestione della difesa		
UP-TRAPS L'Intelligenza Artificiale per il monitoraggio fitosanitario automatizzato e lo sviluppo di modelli predittivi per il controllo sostenibile degli agroecosistemi R. Ascolese, G. Langella, F. Nugnes	“	62
Strategie avanzate di biocontrollo in IPM mediante sistemi di intelligenza artificiale: una prospettiva sostenibile A. Lovazzano	“	64
Reti di monitoraggio e approccio modeling per la gestione fitosanitaria di vivai ornamentali e aree verdi S. Cacini, B. Nesi, F. Giovanelli, B. Rapi, M. Romani, F. Sabatini, P. Sacchetti, S. Traversari, P. Battista	“	66
Studi preliminari sullo sviluppo di un metodo di rilevamento avanzato per l'individuazione precoce di diverse malattie su <i>Solanum lycopersicum</i> e <i>Capsicum annuum</i> A. Follador, A. Passera, D. Manenti, M. Torrente, R. Oberti, G. Cocetta, P. Casati	“	67
Impiego della termografia per la diagnosi precoce e non distruttiva di stress fitopatologici causati da patogeni tellurici su rucola selvatica A. Pasqualini, M. Ripa, P. Mormile, C. Pane	“	69
Valutazione delle performances di <i>Trichoderma</i> spp. su pomodoro mediante scansione multispettrale 3D in piattaforma di fenotipizzazione Phenospex C. Vincenzo, P. Tripodi, R. Marra, N. Lombardi, C. Pane	“	70

Giornate Tecniche SOI

Sensoristica digitale e agromotica in ortoflorofrutticoltura

Da sempre le giornate tecniche SOI intendono avvicinare il mondo operativo a quello della ricerca supportando così il processo di trasferimento tecnologico attraverso l'informazione. Le Giornate Tecniche SOI di Pontecagnano "Sensoristica digitale e agromotica in ortoflorofrutticoltura" hanno trattato questa tematica attraverso relazioni ad invito di esperti del settore, mostrando nuove frontiere della sperimentazione con il supporto di ricercatori e aziende private. Per l'occasione è stata inaugurata la piattaforma di fenotipizzazione "Phenospex" presso il CREA di Pontecagnano Faiano (SA). L'area dimostrativa allestita per le Giornate Tecniche ha offerto la possibilità di vedere all'opera tecnologie agromotiche e sensoristiche a supporto della tecnica agronomica e del miglioramento genetico come la fenotipizzazione digitale. Questo evento è stato organizzato dal CREA e dalla SOI, nell'ambito delle attività del GdL SOI "Sensoristica ed Intelligenza artificiale in ortoflorofrutticoltura", presso la sede di Pontecagnano del Centro di ricerca Orticoltura e Florovivaismo, ed ha ricevuto il patrocinio morale dell'Ordine dei Dottori Agronomi e dei Dottori Forestali della Provincia di Salerno. All'evento hanno preso parte circa 110 partecipanti (37% Enti di Ricerca, 18% Tecnici ed aziende del settore, 45% Università).

Sessione 1

Strumenti digitali per
l'ottimizzazione degli input

Applicazioni del telerilevamento mediante UAV in olivicoltura e viticoltura

G. Caruso*, **G. Palai**

Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Agro-ambientali (DiSAAA-a), Università di Pisa, via del Borghetto 80, 56124 Pisa

* giovanni.caruso@unipi.it

Il telerilevamento mediante sistemi aerei a pilotaggio remoto (UAV) è ormai ampiamente utilizzato in prove di fenotipizzazione nei sistemi arborei da frutto, evidenziando differenti risposte in funzione della specie monitorata. Il presente lavoro presenta due indagini specifiche sull'utilizzo del telerilevamento mediante UAV in olivicoltura e viticoltura. Per quanto riguarda le applicazioni in olivicoltura lo studio ha evidenziato come sia possibile monitorare l'accrescimento delle chiome degli alberi mediante l'utilizzo di immagini RGB acquisite da UAV e tecniche di *structure from motion*. Prendendo spunto dal rapporto tra peso dei grappoli e peso della potatura invernale utilizzato in viticoltura per valutare l'equilibrio vegeto-produttivo (indice di Ravaz), è possibile immaginare un possibile utilizzo dei dati relativi al volume della chioma dell'albero per la stima dell'equilibrio vegeto-produttivo dell'olivo. Infatti, in olivicoltura il peso di potatura è difficilmente utilizzabile come indicatore dello sviluppo vegetativo in quanto la tecnica di potatura è più variabile e meno standardizzata rispetto a quella utilizzata in viticoltura. Una possibile alternativa, dunque, può essere quella di stimare l'incremento annuo di volume della chioma e la produzione di olive ad albero come indicatori, rispettivamente, dell'accrescimento vegetativo e della produttività per pianta. In ambito viticolo, invece, si riporta un'indagine specifica volta a verificare l'impatto dell'indice di area fogliare (LAI) e della concentrazione di clorofilla nelle foglie (*leaf chl*) sul valore dell'indice vegetazionale *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) in viti sottoposte a diverse condizioni di crescita e regimi irrigui. In particolare, in alcuni trattamenti è stato possibile indurre un disaccoppiamento tra gli andamenti di LAI e la concentrazione fogliare di clorofilla, che solitamente si presentano coerenti nel corso della stagione vegetativa. In tali condizioni è stato osservato come l'NDVI della chioma risulti influenzato della concentrazione di clorofilla (NDVI vs leaf chl, $R^2=0.78$) ma non dall'area fogliare della chioma (NDVI vs LAI, $R^2=0.01$).

Calibrazione, validazione e implementazione di un modello di stima della biomassa e dell'assorbimento di nutrienti in pomodoro (cv. Pisanello)

F. Cela^{1*}, G. Carmassi¹, S. Cialli², L. Incrocci¹

¹Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Agro-ambientali (DiSAAA-a), Università di Pisa

²Scuola Superiore S.Anna, Pisa

* fatjon.cela@agr.unipi.it

Il bacino del Mediterraneo è uno degli areali con la maggiore concentrazione di serre al mondo, anche se questo aspetto può avere un impatto ambientale negativo dovuto alla scarsa efficienza nell'uso dell'acqua e dei fertilizzanti. Negli ultimi anni la ricerca di metodi di coltivazione più rispettosi dell'ambiente ha stimolato il mondo scientifico soprattutto per l'aspetto inerente la corretta gestione degli input come acqua e nutrienti. I sistemi di supporto alle decisioni (*Decision Support Systems*, DSS) rappresentano una valida opportunità per una gestione più sostenibile delle colture in serra. Il presente lavoro, svolto nell'ambito del progetto PRIMA-iGUESS-MED, descrive il percorso di validazione, calibrazione e successiva implementazione in un DSS commerciale (OPI-EVJA) del modello VegSyst. Questo modello è stato sviluppato dall'Università di Almería per la stima su base giornaliera della produzione di biomassa e dell'assorbimento di macronutrienti di una coltura di pomodoro in suolo in una serra in ferro e plastica. Nel nostro lavoro tale modello è stato implementato e adattato alla coltura di pomodoro in serra di ferro e vetro nelle condizioni tipiche della coltivazione in Toscana, a Pisa. Il modello VegSyst è stato calibrato e validato su due diverse prove sperimentali mediante la coltivazione fuori suolo di pomodoro cv Pisanello (una varietà tradizionale della Toscana). Durante le prove sperimentali sono stati raccolti i dati climatici, quelli di evapotraspirazione e di composizione minerale della biomassa prodotta. Il modello è stato calibrato e validato per la stima su base giornaliera dei principali macronutrienti (N, P, K, Ca e Mg). L'assorbimento di N, K e Ca è stato adeguatamente simulato con i parametri originali del modello, invece per P e Mg è stato necessario procedere ad una nuova calibrazione del modello, dovuta alla differenza nella biodisponibilità di questi due nutrienti nella coltura fuori suolo rispetto a quella in suolo.

Parole chiave: Assorbimento minerale, Modello di crescita, Modello di simulazione, *Solanum lycopersicum*.

Puntatore iperspettrale custom per l'identificazione *real-time* di malerbe tramite AI

F. Pallottino^{1*}, S. Figorilli¹, S. Vasta¹, C. Costa¹, S. Violino¹, S. Caponi³, M. Mattarelli⁴, G. Ragosta², I. Neri⁴, C. Pane²

¹Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria, Centro di Ingegneria e Trasformazioni agroalimentari, Via della Pascolare 16, 00015 Monterotondo (Roma)

²Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria, Centro di Ricerca Orticoltura e Florovivaismo, Via Cavalleggeri, 25 84089 Pontecagnano Faiano (SA)

³Istituto Officina dei Materiali del CNR (CNR-IOM) - Unità di Perugia, c/o Dipartimento di Fisica e Geologia, Istituto Officina dei Materiali del CNR (CNR-IOM) - Unità di Perugia, 06123, Perugia

⁴Dipartimento di Fisica e Geologia, Università di Perugia, 06123, Perugia

* federico.pallottino@crea.gov.it

L'agricoltura di precisione svolge un ruolo cruciale nell'intensificazione sostenibile, essendo riconosciuta come un contributo all'efficienza dell'agricoltura e alle pratiche ecologiche. Si basa sull'osservazione, la misurazione e la risposta alla variabilità intra-campo delle colture. Attualmente, l'agricoltura di precisione si sta arricchendo di nuovi sensori per la gestione e il monitoraggio delle colture che permettono di acquisire ed elaborare i dati in *real-time*. Come azione del progetto AGRIDIGIT (DM 36503.7305.2018 del 20/12/2018) è stato sviluppato un puntatore iper-spetttrale in grado di realizzare una mappatura spettroscopica (*spectral data cube*) della riflettanza con tecnologia *push-broom* per l'identificazione *real-time* delle malerbe. Il sensore è un CMOS con una risoluzione di 728×544 pixel ed una grandezza del singolo pixel quadrato pari a 6,9 micron. Il sistema ha un'elevata profondità di campo, un range di lavoro tra 90 cm e 130 cm ed un FOV (*Field of View*) maggiore di 80°, con un'impronta a terra maggiore di 1 m: questo consente di acquisire immagini a fuoco fisso durante il movimento in un range spettrale compreso tra 300 e 1100 nm. La frequenza di acquisizione è settata per l'applicazione scelta a 50 FPS. Il caso di studio applicativo riguarda l'identificazione di malerbe per le colture di rucola e di altre *baby-leaf*. Il sistema, tecnologicamente innovativo, è montato su un rover elettrico a guida autonoma per l'attuazione di operazioni sito-specifiche di controllo delle infestanti. Grazie all'utilizzo di questo strumento sarà possibile eseguire lavorazioni continuative riducendo la presenza di infestanti in fasi precoci e incrementare la profittabilità aziendale con un ridotto impatto ambientale.

Parole chiave: Colture protette, Reti neurali artificiali, Rover, Sensoristica.

Caratterizzazione di parametri morfologici di crescita in orticole a foglia mediante sensori 3D su piattaforma robotizzata

D. Manenti*, M. Torrente, P. Pasta, A. Calcante, R. Oberti

Dipartimento di scienze agrarie e ambientali, Università degli Studi di Milano

* daniele.manenti@unimi.it

Introduzione

L'integrazione di tecnologie di automazione nei processi produttivi in orticoltura coinvolge un crescente numero di ambiti di applicazione. La disponibilità di sensori commerciali a basso costo rende oggi possibile l'applicazione di questi sistemi nel monitoraggio dello sviluppo delle piante, con la raccolta ad altissima risoluzione spaziale e temporale di dati colturali, compito finora affidato quasi esclusivamente all'esperienza umana, per migliorare la qualità delle informazioni ricavate. In questo lavoro tecnologie di acquisizione di immagini a colori e dati tridimensionali sono stati integrati con un sistema robotizzato in grado di gestire autonomamente il posizionamento e l'acquisizione da parte dei sensori all'interno di un'area di lavoro in serra. Il sistema si completa con un'infrastruttura di connessione ad altissima velocità (5G) che invia i dati raccolti in un database in cloud per il loro processamento e consultazione da remoto. L'obiettivo è quello di caratterizzare la morfologia delle piante attraverso il processamento di immagini tridimensionali per monitorarne la crescita durante l'intero ciclo colturale e poter stimare la biomassa prodotta.

Materiali e Metodi

Per questo lavoro è stato utilizzato un sensore Microsoft Kinect V2™ che include una camera RGB per l'acquisizione di immagini a colori e un sensore Depth per determinare la distanza dei punti immagine rispetto al sensore, montato su una piattaforma robotizzata controllata da un sistema di navigazione autonomo. Il protocollo sperimentale ha previsto il monitoraggio di 4 mini parcelle coltivate con due varietà di lattuga (Salanova verde e rossa). Ciascuna parcella presentava 8 piante con al centro un marker visivo Apriltag, utile all'identificazione automatica delle parcelle. Il sistema di navigazione ha permesso al robot di raggiungere progressivamente i diversi punti programmati per la missione di monitoraggio nelle parcelle. Le missioni di acquisizione sono state eseguite in quattro date distribuite nel periodo di coltivazione (20 giorni). Il robot è dotato, inoltre, di un modem-router che consente l'invio immediato tramite rete 5G dei dati acquisiti verso un Database remoto. Specifici algoritmi di analisi presenti sul Database hanno consentito di ottenere una ricostruzione tridimensionale di ciascuna pianta identificata tramite localizzazione del marker Apriltag. Gli algoritmi di analisi, mediante processo di voxelizzazione, hanno permesso di ottenere informazioni riguardo parametri di forma, superficie totale, volume, tasso di crescita della biomassa (Figura 1). I dati volumetrici sono stati correlati con i rispettivi

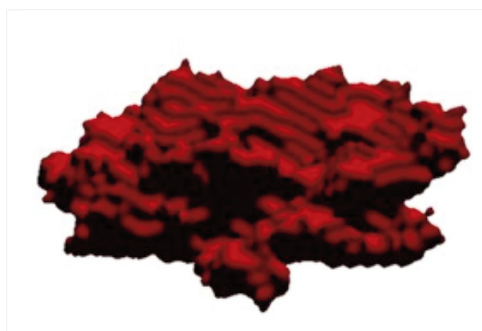
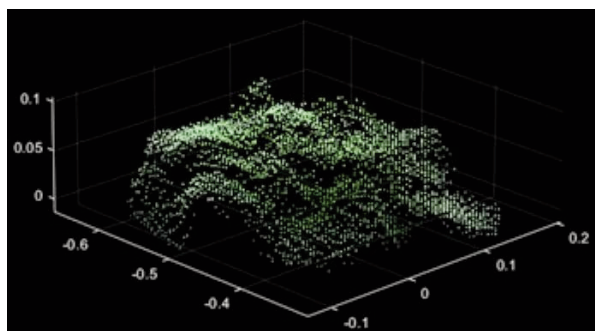


Figura 1. A sinistra: point cloud della pianta con ID=1 derivante da acquisizione con Kinect V2. A destra: ricostruzione tridimensionale volumetrica tramite voxelizzazione della pianta di lattuga.

dati di peso secco ottenuto a seguito della raccolta distruttiva. La correlazione è stata applicata anche alle acquisizioni precedenti per osservare la dinamica di crescita in termini di peso secco stimato.

Risultati e discussione

I risultati hanno mostrato un'ottima correlazione tra il dato del volume rilevato dai sensori e il peso secco alla raccolta, confermato da un valore di R^2 pari a 0,90 e un RMSE di 1,07 g (Figura 2). Tali risultati sono perfettamente concordi con quelli ottenuti da Zhang et al. nel 2022, in un analogo lavoro di stima del peso secco di piante di lattuga partendo dal dato di volume estratto con diverse metodologie di voxelizzazione. Diversi altri lavori, inoltre, hanno messo in risalto la possibilità di utilizzare, con elevata efficacia, features geometriche derivanti da algoritmi di analisi di immagini 3D per stimare il peso della biomassa prodotta da piante di lattuga (Mortensen et al. 2018, Lou et al. 2022).

L'applicazione del modello ottenuto anche con i dati volumetrici delle acquisizioni fatte durante le precedenti fasi di sviluppo ha mostrato la coerenza delle curve di crescita con l'andamento atteso per le piante in esame. In particolare, si è potuta osservare una maggiore biomassa prodotta dalla varietà con pigmentazione verde. Inoltre, le piante che sono state fertilizzate al momento del trapianto, hanno evidenziato un peso secco maggiore durante l'intero ciclo colturale (Figura 2).

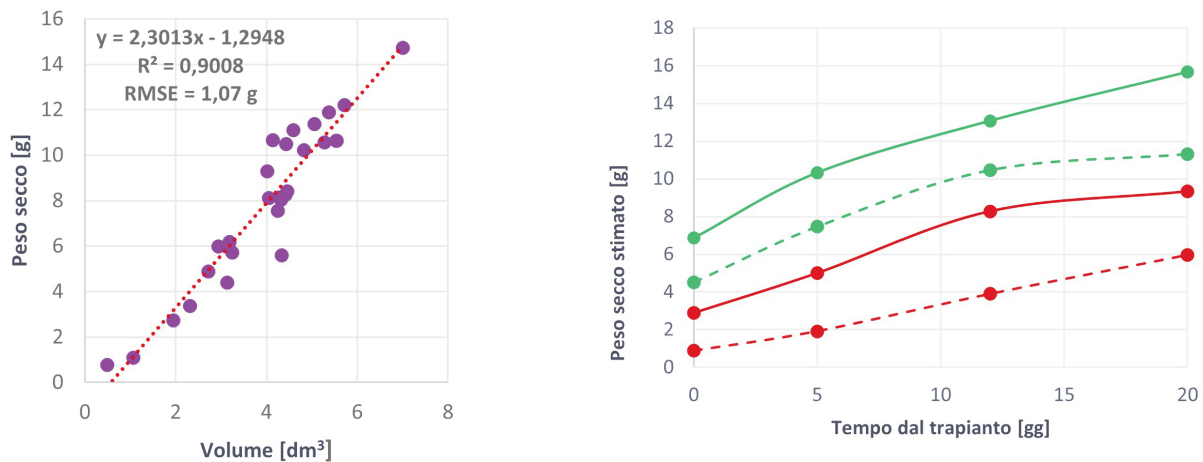


Figura 2. A sinistra: correlazione tra volume e peso secco misurato. A destra: dinamica di crescita. Nel grafico è riportata la pianta con ID=1 di ogni parcella. Il colore indica la varietà. Le linee continue indicano le piante fertilizzate, quelle tratteggiate quelle non fertilizzate.

Conclusioni

L'utilizzo di tecnologie sensoristiche applicate a sistemi di automazione permette di ottenere informazioni ottimali per il monitoraggio delle colture orticole durante il loro sviluppo in campo.

Parole chiave: Automazione, Fenotipizzazione, Robot, Voxelizzazione.

Bibliografia

- Lou, M., Lu, J., Wang, L., Jiang, H., Zhou, M. (2022). 'Growth parameter acquisition and geometric point cloud completion of lettuce', *Frontiers in Plant Science*. 13:947690. doi: 10.3389/fpls.2022.947690
- Mortensen, A.K., Bender, A., Whelan, B., Barbour, M.M., Sukkarieh, S., Karstoft, H., Gislum, R. (2018) 'Segmentation of lettuce in coloured 3d point clouds for fresh weight estimation', *Computers and Electronics in Agriculture* 154, 373-381.
- Zhang, Y., Li, M., Li, G., Li, J., Zheng, L., Zhang, M., Wang, M. (2022) 'Multi-phenotypic parameters extraction and biomass estimation for lettuce based on point clouds', *Measurement* 204, 112094. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2022.112094>

Impiego della termografia pulsata per il monitoraggio della persistenza del rame sulla vegetazione

V. Battaglia^{1*}, M. Cermola¹, M. Sicignano¹, E. Lahoz¹, P. Mormile², M. Rippa²

¹Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria, Centro di Ricerca Cerealicoltura e Colture Industriali, Via Torrino 3, 81100 Caserta

²Istituto di scienze applicate e sistemi intelligenti "E. Caianiello" del CNR, via Campi Flegrei 34, 80072 Pozzuoli (NA)

* valerio.battaglia@crea.gov.it

Introduzione

I fungicidi a base di rame (CBF) sono largamente utilizzati in agricoltura per il contenimento di una vasta gamma di patogeni delle piante. Quelli di contatto, si depositano sulla superficie fogliare e non sono assorbiti dai tessuti vegetali. A causa dei problemi di accumulo nel terreno e della loro ecotossicologia, l'utilizzo dei formulati rameici deve essere monitorato e controllato ogni stagione, anche attraverso l'utilizzo delle nuove tecnologie per ottimizzare la loro efficacia. Nel presente lavoro, è stato valutato un nuovo approccio basato sulla termografia pulsata per monitorare la persistenza del rame sulle foglie di vite e tabacco in modo da valutare il tempo congruo tra due applicazioni senza inficiare l'efficacia e senza applicare a cadenza fissa.

Materiali e Metodi

Termografia pulsata

Le misurazioni con la tecnica di termografia pulsata (PT) sono state eseguite utilizzando una lampada alogena con potenza regolabile per generare un impulso termico di 20s su ciascuna foglia indagata. La risposta termica ottenuta è stata registrata per 120s dopo il riscaldamento utilizzando una termocamera MWIR FLIR X6580 sc con rilevatore di antimoniuro di indio (InSb). Le mappe spaziali relative al tempo di recupero termico (TRt) delle foglie sono state calcolate utilizzando un codice MATLAB (R2019b, Math- Works) appositamente realizzato, analizzando l'andamento temporale della temperatura dai fotogrammi acquisiti. Il TRt stimato per ogni pixel della mappa rappresenta il tempo che l'area della foglia associata al pixel stesso impiega per recuperare l'80% del gap termico indotto dall'impulso di riscaldamento.

Materiale vegetale e trattamenti

Le analisi sono state svolte su foglie di vite e di tabacco. Sono state utilizzate piante di tabacco ornamentale (*Nicotiana glauca* L.) con 10 foglie e piantine di vite di «Aglanico amaro» (*Vitis vinifera* L.) coltivate con due germogli per ciascuna pianta, ogni germoglio con 8 foglie in modo che se ne sviluppassero 16. Ogni trattamento è stato applicato a 6 piante, in entrambe le specie. Tutte le piante sono state allevate in serra in vasi da 15 cm riempiti con una miscela di terreno pastorizzato (zeoliter50) e sabbia (1:1, v:v), e in condizioni ambientali controllate con una temperatura ambiente di 25°C e un'umidità del 55%. La sperimentazione ha riguardato piante trattate (una sola volta) nei seguenti modi: (i) con acqua distillata sterile (UC); (ii) con Airone extra (Gowan) - CBF contenente il 30% di rame (Cu); (iii) con un coadiuvante naturale a base di galattomannano estratto da semi di carrubo più CBF (Cu/PSS); e (iv) con un adiuvante naturale con solo estratto di semi di carrubo (PSS). Per effettuare una stima della percentuale di rame residuo sulle foglie, durante il periodo di osservazione, è stata utilizzata la seguente relazione $\%Cu(t) = (TRt_x(t) - TRt_{UC}(t)) / (TRt_x(0) - TRt_{UC}(0))$ dove $TRt_x(t)$ e $TRt_x(0)$ sono i TRt misurati per i trattamenti Cu e Cu/PSS rispettivamente al giorno t e al giorno 0 , mentre $TRt_{UC}(t)$ e

$TRt_{UC}(0)$ sono le stesse grandezze misurate per UC. Dopo 21 giorni dall'applicazione, termine della prova, è stata eseguita analisi dei residui da parte da un laboratorio accreditato (Laboratoria, Napoli, Italia).

Risultati

Dopo un trattamento con CBF, a causa della presenza di residui metallici, la superficie fogliare cambia le sue proprietà fisiche, e queste variazioni influenzano la risposta termica che può essere rilevata dall'analisi PT. In Fig. 1a viene mostrato un esempio di mappa spaziale a falsi colori relativa ai TRt di una foglia di vite trattata con CBF. In base alle diverse proprietà termiche, le aree delle foglie che corrispondono a valori TRt più bassi (colori azzurro-blu) sono quelle principalmente caratterizzate dalla presenza di residui di rame.

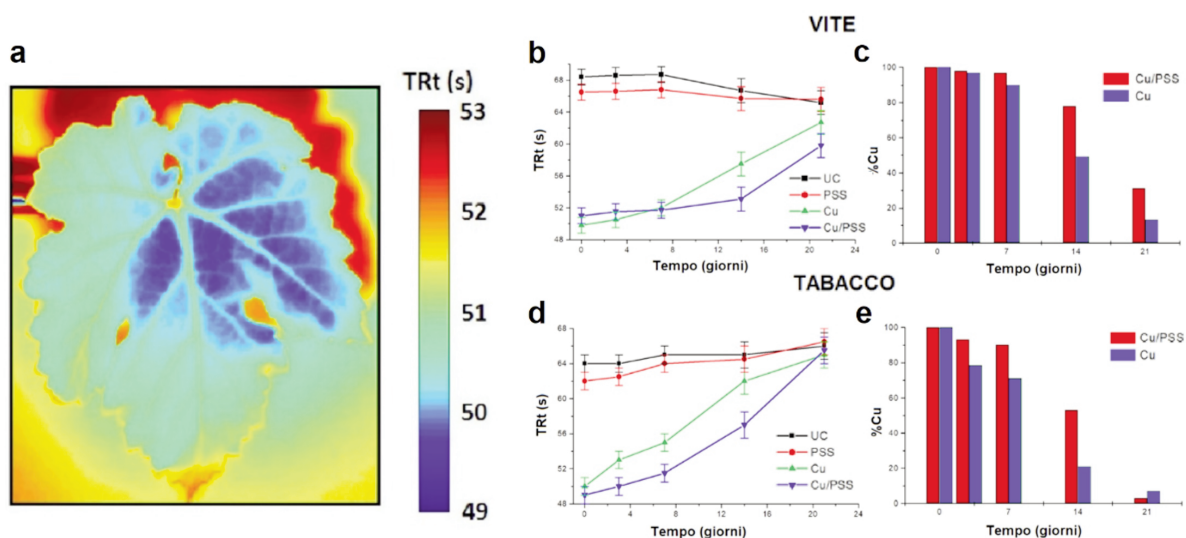


Figura 1. Analisi TRt: esempio di mappa spaziale dei TRt calcolati per una foglia di vite trattata con CBF (a), analisi dei TRt realizzata sui 4 trattamenti considerati relativi alle piante di vite (b) e alle piante di tabacco (d), % Cu stimata durante il monitoraggio per i trattamenti Cu e Cu/PSS sulle piante di vite (c) e su di tabacco (e) per i trattamenti Cu (barra blu) e Cu/PSS (barra rossa). Le piante di vite (b) e tabacco (d) dei trattamenti sono indicate con: UC (quadrati neri); PSS (cerchi rossi); Cu, con (triangoli blu) e senza (triangoli verdi) PSS.

Per ogni pianta analizzata, sono state monitorate tre foglie ottenendo valutazioni dei TRt per un periodo di 3 settimane. I grafici 1b e 1d mostrano l'andamento dei TRt medi stimati per le piante di vite e di tabacco. Per le due specie indagate, gli andamenti risultano abbastanza simili. Le piante del trattamento UC mostrano valori dei TRt poco variabili nel tempo. I TRt misurati per le piante PSS mostrano valori simili a quelli trovati per l'UC, dovuto al fatto che l'adiuvante è essenzialmente a base di acqua (~90%). Per le piante trattate con Cu, con e senza PSS, i TRt misurati al tempo t_0 sono inferiori a quelli misurati per l'UC di circa 20s per le piante di vite e 15s per le piante di tabacco, rispettivamente. Successivamente, tali valori aumentano monotonicamente durante i 21 giorni di monitoraggio a causa della diminuzione di CBF presente sulla superficie fogliare, e convergono verso quelli dell'UC dopo circa 3 settimane. L'analisi dei residui sulla vegetazione, condotta dopo 21 giorni dall'applicazione, ha fatto registrare valori nei limiti. Confrontando, dunque, gli andamenti per i trattamenti Cu e Cu/PSS, per entrambe le specie si osserva un aumento più lento dei valori di TRt relativi ai Cu/PSS nelle prime 2 settimane di osservazione, dovuto alla maggior persistenza del CBF in presenza dell'adiuvante. In Fig. 1c e Fig. 1e sono riportati gli istogrammi relativi alla %Cu stimata durante il periodo di monitoraggio per i trattamenti Cu e Cu/PSS. La differenza massima tra i 2 trattamenti considerati è osservabile dopo 2

settimane per entrambe le specie, e risulta rispettivamente di circa il 29% per le piante di vite e il 32% per le piante di tabacco. Questi risultati dimostrano come l'adiuvante a base di polisaccaridi, agendo come adesivante, ha la capacità di prolungare la persistenza del rame sulle foglie.

Conclusioni

I risultati ottenuti dimostrano come la tecnica PT può essere un valido approccio per monitorare la persistenza di rame sulla vegetazione e per saggiare l'efficacia di adiuvanti naturali. La strategia può contribuire a un uso ottimizzato del rame consentendo sia di ridurre il numero di applicazioni che di sviluppare una protezione della coltura più sostenibile impiegando meno prodotti fitosanitari.

Parole chiave: Agricoltura di precisione, Agricoltura sostenibile, Riduzione del rame, Termografia.

Questa ricerca è stata finanziata dal Progetto DI.BIO "Riduzione di input di ordine extra-aziendale per la Difesa delle coltivazioni BIOlogiche"- WP 5 "Strategie alternative all'uso del Rame in viticoltura in funzione dei cambiamenti climatici" – CUPROSUP finanziato dal Ministero delle Politiche Agricole, Alimentare e Forestale (Mipaaf) d'Italia

Stima della radiazione intercettata (fPAR) da colture orticole in sistemi AgriVoltaici tramite l'utilizzo di dispositivi LiDAR portatili

M. Moretta¹, M. Moriondo^{1,2}, M. Bindi¹, G. Padovan¹, N. Staglianò¹, R. Rossi^{1*}

¹ Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali, Università degli Studi di Firenze (DAGRI-UNIFI), Piazzale delle Cascine 18, 50144 Firenze

² Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di BioEconomia (CNR-IBE), via G. Caproni 8, 50145 Firenze

* r.rossi@unifi.it

Introduzione

La tecnologia Light Detection and Ranging (LiDAR) si sta rivelando come uno dei metodi non distruttivi più efficaci per raccogliere informazioni accurate sulle colture orticole, poiché l'analisi dei modelli 3D che da questa possono essere generati consente di derivare rapidamente diversi parametri agronomici legati alle performance produttive della pianta (Micheletto *et al.*, 2023). Nel presente studio, la frazione di radiazione fotosinteticamente attiva (fPAR) assorbita da piante di fagiolo coltivate in un sistema AgriVoltaico (AV) è stata stimata a partire da tratti morfo-colorimetrici acquisiti mediante l'utilizzo del Mobile LiDAR Scanner integrato in iPad Pro[®], ponendo le basi per l'adozione di tale tecnologia nella modellizzazione dell'accumulo di biomassa e resa (Tan *et al.*, 2018).

Materiali e Metodi

Il presente studio è stato condotto presso un impianto fotovoltaico a terra situato a Limite e Capraia (FI; Italia, 43°74'25 "N- 11°00'66 "E), costituito da pannelli di altezza min-max da terra di 0.15-1.80 m orientati a Sud con inclinazione pari a 30°. Al suo interno, due varietà di fagiolo nano (Fagiolo Montalbano (FM) e Supernano Giallo (SG)) sono state coltivate in 4 plot di 3 x 1.60 m replicati due volte. Per ciascun plot sono state individuate 3 aree (Fig. 1; t0 = area limitrofa alla parte alta del pannello, t1 = corridoio centrale e t2 = area limitrofa alla parte bassa del pannello) entro le quali si è acquisita la

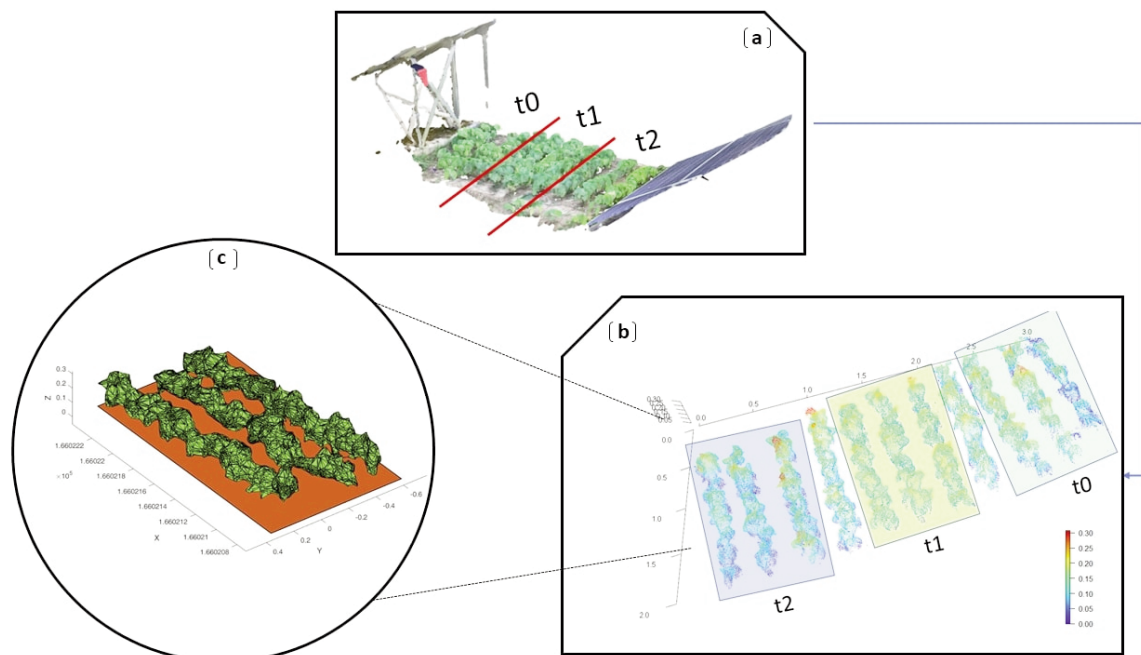


Figura 1. a) Acquisizione del Dense Point Cloud per le tre aree (t0, t1, t2); b) Generazione del Normalised Digital Surface Model (nDSM); c) Estrazioni di dati morfo-colorimetrici.

fPAR al 46° giorno dopo la semina tramite tre misurazioni con ceptometro AccuPAR LP-80® (Decagon Devices, Inc., Wash) tra le ore 12:00 e 13:00. Contemporaneamente, il dispositivo Mobile LiDAR Scanner integrato in iPad Pro® è stato utilizzato per generare modelli 3D delle piante in analisi che sono stati successivamente analizzati nell'ambiente di lavoro MATLAB® per l'estrazione dei principali parametri morfo-colorimetrici (Fig. 1). Il valore medio di fPAR è stato, quindi, messo in relazione con quello dei singoli parametri morfo-colorimetrici (Altezza Pianta (PH), Area Fogliare Relativa (rTLA), Volume Fogliare (TLV), indici di verde (GLI, VARI, CIVE, VEG, MGRVI, VARI, RGBVI, NDI) (Tab. 1), indici combinati (PH/TLA/TLV x indici di verde) al fine di selezionare il miglior predittore.

Tabella 1. RGB indici di verde. R, G e B sono rispettivamente i valori delle bande rosso, verde e blu; r,g e b sono rispettivamente i valori normalizzati delle bande R, G e B.

Acronimo	Indice	Formula
GLI	Green Leaf Index	$(2G - B - R) / (2G + B + R)$
VARI	Normalized Difference Green/ Red Normalized green red difference index	$(G - R) / (G + R)$
CIVE	Color Index of Vegetation Extraction	$(0.441 * r - 0.8818 * g + 0.385 * b + 18.787)$
VEG	Vegetative Index	$g / [(r^{0.667}) * (b^{0.333})]$
MGRVI	Modified Green Red Vegetation Index	$(G * G - R * R) / (G * G * R * R)$
VARI	Visible Atmospherically Resistant Index	$(G - R) / (G + R - B)$
RGBVI	Red Green Blue Vegetation Index	$(G^2 - R * B) / (G^2 + R * B)$
NDI	Normalized Difference Index	$(R - G) / (G + R)$

Risultati

I risultati dello studio hanno evidenziato come la combinazione della superficie fogliare relativizzata in base alla massima area d'incidenza (cm²/cm²) e l'indice di verde VARI garantisca la stima più accurata dell'fPAR per piante orticole coltivate in un sistema AV (Fig. 2). Tali dati hanno anche consentito di rilevare un diverso sviluppo delle piante in relazione al gradiente di ombreggiamento del plot (t0-t2), così come di distinguere tra cultivar più (FM) o meno (SG) performanti in un sistema AV.

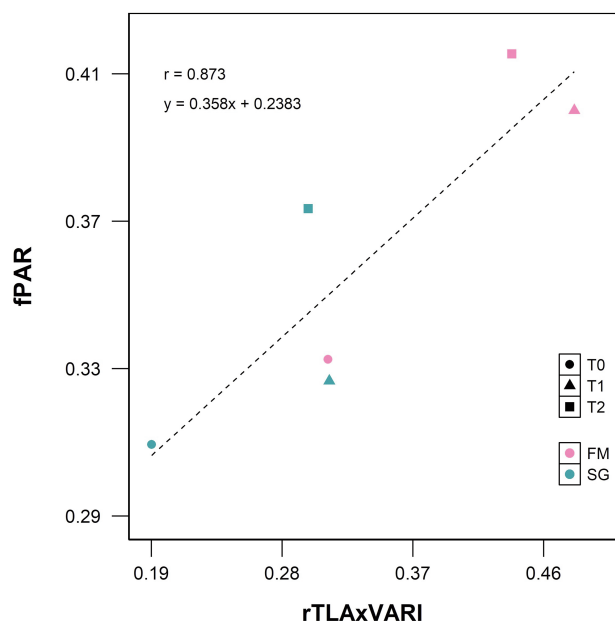


Figura 2. Relazione tra il valore medio di fPAR e quello dell'indice morfo-colorimetrico selezionato (rTLAxVARI) e derivato dai modelli 3D delle due cultivar (FM e SG) per le tre aree in analisi (t0, t1 e t2). La linea tratteggiata rappresenta la retta di regressione lineare.

Conclusioni

Questo lavoro ha dimostrato come dispositivi LiDAR portatili possano essere considerati validi strumenti per la stima non-distruttiva, rapida ed accurata dei principali parametri fisiologici (es., fPAR) di piante orticole coltivate in sistemi AV. Al fine di ottenere una maggiore accuratezza predittiva sarà, comunque, necessario implementare e testare metodi per un'analisi omnicomprensiva di un numero più consistente di osservazioni. I tratti morfo-colorimetrici selezionati (es., rTLA e VARI) e la loro combinazione potranno, dunque, essere utilizzati sia per monitorare il processo di sviluppo della coltura che come input di modelli di crescita al fine di guidare l'agricoltore in una gestione colturale ottimizzata sulla base delle diverse condizioni di irraggiamento tipiche degli impianti AV.

Parole chiave: AgriVoltaico, iPad Pro, Radiazione fotosinteticamente attiva intercettata, 3D-LiDAR

Bibliografia

- Micheletto, M.J., Chesñevar, C.I. and Santos, R. (2023) 'Methods and Applications of 3D ground crop analysis using LiDAR technology: A survey', *Sensors*, 23(16), 7212. doi: 10.3390/s23167212
- Tan, C., Wang, D., Zhou, J., Du, Y., Luo, M., Zhang, Y. and Guo, W. (2018) 'Remotely Assessing Fraction of Photosynthetically Active Radiation (FPAR) for wheat canopies based on hyperspectral vegetation indexes', *Frontiers in Plant Science*, 9:776. doi: 10.3389/fpls.2018.00776

Reti Neurali Artificiali per ottimizzare la nutrizione luminosa e minerale di ortaggi da foglia in acquaponica

G.C. Modarelli¹, L. Vanacore¹, A.L. Langellotti², P. Masi¹⁻², Y. Rouphael¹, C. Cirillo¹, S. De Pascale¹

¹ Dipartimento di Agraria, Università di Napoli Federico II, Via Università 100, 80055 Portici (NA)

² Centro di Ateneo per l'Innovazione e lo Sviluppo dell'Industria alimentare (CAISIAL), Università di Napoli Federico II, Via Università 100, 80055 Portici (NA)

* giuseppecarlo.modarelli@unina.it

Introduzione

Lo sviluppo di sistemi produttivi sostenibili, capaci di utilizzare le risorse in modo efficiente ed intelligente, è essenziale. L'acquaponica è una tecnica di produzione integrata, che vede nell'alimentazione dei pesci il solo input richiesto sia il loro allevamento che per la coltivazione delle piante. Tuttavia, nei periodi di scarsa radiazione solare e di basse temperature, la ridotta attività fotosintetica riduce la capacità delle piante di assorbire nitrati e ammonio, tossici per i pesci se accumulati in quantità eccessive, costringendo a continui ricambi di acqua con elevati costi sia in termini economici che ambientali. L'illuminazione supplementare con LED aumenta l'assorbimento di nutrienti da parte delle piante grazie alla maggiore attività fotosintetica. Tuttavia, se non correttamente applicata, può determinare effetti negativi sulla sostenibilità economica degli impianti. Modelli predittivi delle performance ecofisiologiche e dello sviluppo vegetativo possono essere utilizzati per stimare i fabbisogni delle piante in tempo reale e ottimizzare l'uso delle risorse. I modelli più diffusi si basano sull'utilizzo di Regressioni Lineari semplici per la stima di una variabile o su Regressioni Lineari Multiple (RLM) a più variabili nel caso di processi fisiologici complessi quali la fotosintesi. Le Reti Neurali Artificiali (RNA) sono modelli matematici composti da neuroni artificiali ispirati alle reti neurali biologiche utilizzati per risolvere problemi di Intelligenza Artificiale in diversi ambiti tecnologici; tuttavia, nessuno studio è stato ancora condotto in acquaponica considerando le variazioni ambientali e di concentrazione di nutrienti durante il ciclo di produzione. L'obiettivo del lavoro era quello di confrontare le performance di un modello RLM con quelle di un modello di RNA partendo da dati ambientali, misure di fluorescenza della clorofilla e di concentrazione di nutrienti nell'impianto registrati durante il ciclo di coltivazione di indivia e lattuga.

Materiali e Metodi

I modelli sono stati creati in linguaggio Python con dati ottenuti da due esperimenti consecutivi utilizzati per predire a livello fogliare: fotosintesi netta (A), conduttanza stomatica (g_s), traspirazione (E), *Water Use Efficiency* intrinseca (WUE_i) in piante di indivia e lattuga allevate con luce naturale (LN) o con luce naturale integrata con illuminazione supplementare a LED (LI, PPFD medio: $173 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, *Daily light integral* (DLI) medio: $10 \text{ mol m}^{-2} \text{g}^{-1}$) in combinazione con tilapie (*Oreochromis niloticus* L.) in un impianto acquaponico ricircolante.

Risultati

I risultati mostrano un'elevata accuratezza dei modelli nella predizione di tutte le variabili. Riducendo il numero di variabili nei modelli le performance si riducono, soprattutto nei modelli RLM rispetto ai modelli RNA, a causa della riduzione del dataset (Figura 2). In generale, il modello RNA ha mostrato un minor errore e una maggiore accuratezza rispetto al modello RLM, nella previsione della concentrazione di nutrienti e della biomassa totale a fine ciclo colturale.

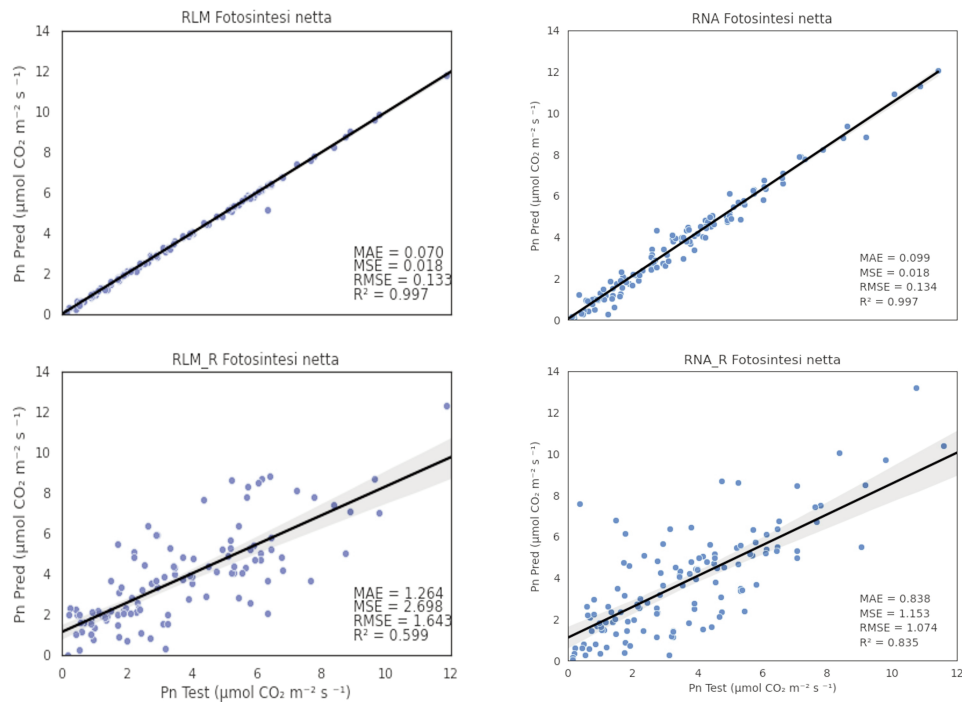


Figura 1. Rappresentazione schematica dei modelli sviluppati e della pipeline di lavoro utilizzata per la loro validazione.

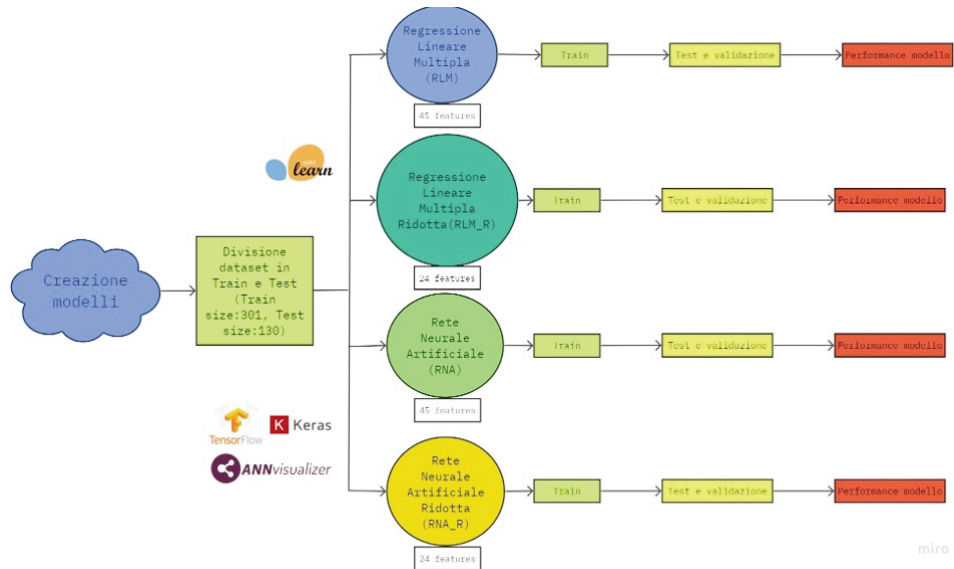


Figura 2. Performance dei modelli con relative metriche di performance e accuratezza degli errori

Conclusioni

In conclusione, l’impiego di modelli RNA per predire gli scambi gassosi fogliari può essere uno strumento utile per migliorare l’efficienza dell’utilizzo di energia e nutrienti e per ridurre i consumi idrici e l’impatto ambientale in acquaponica. Ulteriori studi, dovrebbero considerare l’integrazione nei modelli di variabili relative all’accrescimento e allo stato di salute delle piante, per migliorare ulteriormente la loro accuratezza.

Parole chiave: Artificial intelligence, Aquaponica 4.0, Colture protette, Smart farming.

Questa ricerca è stata finanziata dal programma di ricerca e innovazione dell’Unione Europea Horizon 2020 con il grant agreement n. 862663 e dal progetto PRIN VFarm- Vertical Farming Sostenibile

Anticipare l'alba con l'utilizzo dei LED influenza positivamente la crescita di micro-ortaggi e *microleaf* del genere *Brassica*

O.D. Palmitessa*, A. Didonna, B. Leoni, M. Renna, A. Somma, P. Santamaria

Dipartimento di Scienze del Suolo, della Pianta e degli Alimenti, Università degli Studi di Bari "Aldo Moro", Via Amendola 165/A Bari

* onofrio.palmitessa@uniba.it

Introduzione

L'illuminazione supplementare è una tecnica che permette di colmare il deficit di radiazione solare nelle coltivazioni effettuate in serra (in particolar modo nel periodo autunno-invernale), in completa assenza di luce naturale e in ambiente indoor (es. *vertical farm*). I micro-ortaggi ben si adattano alla coltivazione su bancale sia in serra che in ambiente indoor; tuttavia, il loro consumo è limitato e per questo le *microleaf* vengono proposte come un nuovo prodotto orticolo raccolto ad uno stadio di crescita intermedio tra lo stadio di micro-ortaggio e lo stadio di *baby leaf*. Ai fini del miglioramento della tecnica colturale, in questa ricerca i micro-ortaggi e le *microleaf* sono stati coltivati con luce supplementare e diversi spettri di emissione, con l'obiettivo di incrementare l'efficienza d'uso della radiazione artificiale.

Materiali e Metodi

Durante l'attività sperimentale svolta tra gennaio e febbraio 2023 in serra freddo presso il DiSSPA (41°06'39.9"N 16°52'53.8"E), due varietà locali pugliesi di ortaggi appartenenti alla famiglia delle *Brassicaceae*, la cima di rapa (*Brassica rapa* L. subsp. *sylvestris* L. Janch. var. *esculenta* Hort.) e il cavolo riccio (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*), sono stati coltivati in serra, con tecnica di coltivazione senza suolo e con l'ausilio dell'illuminazione supplementare con moduli LED di diverso spettro, per la produzione di micro-ortaggi e *microleaf*. I LED sono stati utilizzati per allungare il fotoperiodo naturale, che nel periodo di coltivazione è stato di 10 ore, anticipando di tre ore l'alba. Gli spettri LED in aggiunta alla radiazione solare sono stati: rosso (R), rosso + blu (RB: 80% rosso e 20% blu) e blu (B); il trattamento di controllo (C) è stato rappresentato dall'applicazione della sola luce naturale. Il photosynthetic photon flux density (PPFD) dei moduli LED a livello della superficie di coltivazione è stato di 200 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Ai fini dello studio del tasso fotosintetico netto (A), degli scambi gassosi e dell'efficienza d'uso dell'acqua (WUE) è utilizzato il LI-6400 photosynthesis system (Li-Cor). Lo schema sperimentale utilizzato è stato il blocco randomizzato ed in ciascun blocco sono stati coltivati micro-ortaggi e *microleaf* con i diversi spettri di illuminazione supplementare descritti.

Risultati

La produzione di *microleaf* permette di produrre circa il doppio di biomassa rispetto ai micro-ortaggi. Inoltre, i micro-ortaggi di cavolo riccio illuminati con gli spettri R e RB hanno mostrato un incremento di produzione del 20% rispetto a B, e maggiore con R rispetto a RB del 18%. Diversamente, i micro-ortaggi di cima di rapa sono stati più produttivi con LED RB rispetto al trattamento R del 19%. Allo stadio di *microleaf*, la produzione è aumentata con il prolungamento del fotoperiodo e l'incremento è stato maggiore in cima di rapa che in cavolo riccio di circa il 16%, diversamente da quanto riscontrato per i micro-ortaggi. Relativamente agli scambi gassosi delle *microleaf*, lo spettro B ha indotto una riduzione del tasso fotosintetico netto rispetto a R e RB in cima di rapa, mentre l'inverso è stato osservato nel cavolo riccio. Invece, i LED R rispetto ai LED RB hanno determinato un aumento del tasso fotosintetico netto e della conduttanza stomatica in cima di rapa ed una riduzione nel cavolo riccio. Infine, i LED B hanno determinato un aumento dell'efficienza d'uso dell'acqua in cima di rapa rispetto al trattamento RB.

Tabella 1. Produzione di *microleaf* e micro-ortaggi di cima di rapa e cavolo riccio coltivati con diversi spettri di illuminazione supplementare: blu (B), rosso (R), rosso + blu (RB) e controllo (C) rappresentata dalla sola radiazione solare.

Radiazione	Micro-ortaggi	Microleaf
	Produzione (g m ⁻²)	
Solare+B	970	1916
Solare+R	1081	2334
Solare+RB	1094	2129
Solare (C)	943	1648
Specie		
Cavolo Riccio (<i>Brassica rapa</i> L.)	982	1670
Cima di rapa (<i>Brassica oleracea</i> L.)	1064	2343
Significatività⁽¹⁾		
Solare vs Solare +LED	ns	*
B vs (R e RB)	ns	ns
R vs RB	ns	ns
Specie	*	***
(Solare vs Solare +LED) × Specie	ns	**
[B vs (R e RB)] × Specie	*	ns
(R vs RB) × Specie	**	ns

⁽¹⁾ Significatività: ns = non significativo; *, ** e *** significativo rispettivamente per $p \leq 0.05$, $p \leq 0.01$ e $p \leq 0.001$.

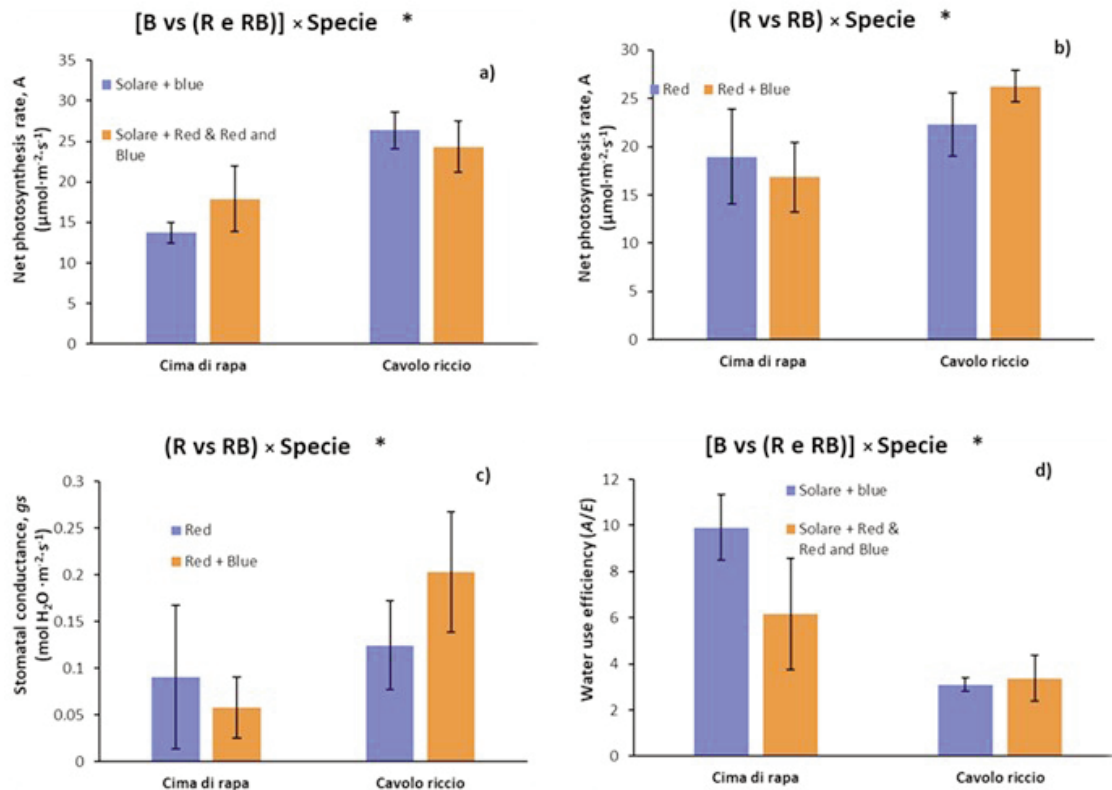


Figura 1. Analisi degli scambi gassosi di *microleaf* di cima di rapa e cavolo riccio coltivate con radiazione supplementare con spettro blu (B), rosso (R), rosso e blu (RB) e sola radiazione solare (C). Significatività di F: * = significativo per $p \leq 0.05$. Le barre verticali indicano \pm DS.

Conclusioni

Questo studio conferma che gli effetti degli spettri di illuminazione supplementare hanno delle risposte specie-specifiche. In particolare, è stato dimostrato che la radiazione B incrementa il tasso fotosintetico netto in cavolo riccio, ma lo riduce in cima di rapa, anche se in quest'ultima specie la radiazione B incrementa l'efficienza d'uso dell'acqua. Inoltre, per la produzione di micro-ortaggi e *microleaf* è stato dimostrato che anticipando l'alba di tre ore, con l'utilizzo di radiazione artificiale, si ottengono risultati positivi in termini di incremento di biomassa.

Parole chiave: coltivazioni senza suolo, illuminazione artificiale, *Light-emitting diodes*, scambi gassosi.

Studio condotto nell'ambito del Centro Nazionale Agritech, finanziato dall'Unione Europea (Spoke 7) – NextGenerationEU (PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA (PNRR) – MISSIONE 4 COMPONENTE 2, INVESTIMENTO 1.4 - D.D. 1032 17/06/2022, CN00000022). I punti di vista e le opinioni espresse sono tuttavia solo quelli degli autori e non riflettono necessariamente quelli dell'Unione europea o della Commissione europea. Né l'Unione Europea né la Commissione Europea possono essere ritenute responsabili per essi.

Uso di sistemi di sensori prossimali per la raccolta dati utili allo sviluppo e validazione di modelli predittivi in sistemi agri-voltaici

R. Iacono¹, D. Romano^{1*}, P. Russo², A. D'Emilio¹

¹Dipartimento di Agricoltura Alimentazione e Ambiente (Di3A), Università di Catania, Via Santa Sofia, 100 95123 Catania

²consulente GreenGo s.r.l.

* dromano@unict.it

Introduzione

L'installazione di sistemi agri-voltaici comporta alterazioni del microclima e delle condizioni di crescita delle piante (Marrou et al., 2013). Modelli predittivi possono informare circa l'effetto degli impianti fotovoltaici sul microclima locale (Adeh et al., 2019) simulando lo stato termico e idrico in un sistema suolo-pianta partendo da dati meteorologici o misurazioni prossimali (Singh, 2018). Esempi ne sono MOSES (Cox et al., 1999), SWAP (Dam, 2000) e HYDRUS (Šimunek et al., 2008). La qualità dei dati di input per il modello è importante per l'accuratezza della predizione generata (Rompaey and Govers, 2002). Pertanto, i sensori prossimali offrono una grande opportunità di raccolta di grandi quantità di dati con un alto livello di accuratezza delle misure (Mizik, 2023). Nel presente lavoro viene descritto un sistema di sensori prossimali messo a punto per la raccolta dati di alta qualità da usare per la validazione di un modello predittivo dell'effetto di un sistema agri-voltaico su parametri bioclimatici in suolo e atmosfera installato nella zona di Francofonte (Siracusa, Sicilia).

Materiali e Metodi

La raccolta dati ha interessato un'area sita nel comune di Francofonte (37°12'50.1"N 14°48'39.8"E) destinata a ospitare un sistema agri-voltaico a partire dalla primavera 2024. La stazione di misura, basata su un datalogger Campbell CR1000X collegato a sensori prossimali, è stata assemblata e installata *in situ* nel mese di febbraio 2023. La lista completa dei sensori è riportata in Tabella 1. Le sonde sono state poste nel terreno a intervalli regolari fino a 30 cm di profondità. I dati di tutti i sensori sono acquisiti ogni 30 secondi e successivamente mediati e conservati in memoria ogni 30 minuti. Il controllo qualitativo e l'analisi dei dati sono effettuati utilizzando Python 3.1 (Van Rossum et al., 2009) ed R (R Core Team, 2023). Un *dashboard* che permette di visualizzare ed esplorare i dati, nonché effettuare operazioni di statistica esplorativa è stato realizzato utilizzando il pacchetto Shiny versione 1.7.4.1 (Chang et al., 2023) in ambiente R.

Risultati

La stazione di misura ha consentito di ottenere un dataset delle condizioni climatiche del sito e delle principali variabili, a diversa profondità nel suolo, coinvolte nella definizione del bilancio energetico dell'ambiente tellurico. L'utilizzo combinato di sensori di temperatura del suolo e di sonde di flusso termico permette di definire i valori di diverse proprietà termiche del suolo nell'area, inclusa la diffusività termica, consentendo la corretta validazione di modelli previsionali delle temperature del suolo a diverse profondità. In Figura 1 è riportato un campione dei dati ottenuti in suolo.

Conclusioni

Il sistema di raccolta dati installato ha permesso di ottenere informazioni su:

- condizioni meteorologiche nel sito;
- caratteristiche termiche del suolo e calcolo di costanti suolo-dipendenti da utilizzare in fase di creazione e validazione di modelli predittivi.

La ricerca proseguirà con il monitoraggio dei dati successivamente all'installazione di un sistema fotovoltaico pilota, al fine di valutare le modifiche indotte nel microclima e nel bilancio energetico del suolo dalla presenza dei pannelli solari.

Parole chiave: Energie rinnovabili, Microclima, Modellazione.

Tabella 1. Lista dei sensori utilizzati nella stazione di misura.

Sensore	Modello (Marca)	Variabile/i Misurata/e	Unità	N.	Posizione
Piranometro	SR20-T1 (Hukseflux)	Radiazione solare totale	W/m ²	1	+ 230 cm
Misuratore PAR	SQ500 (Apogee)	Radiazione fotosinteticamente attiva	micromoli/m ²	1	+ 230 cm
Eliometro	Windsonic 1 (Campbell Scientific)	Velocità e direzione del vento	m/s	1	+ 190 cm
Sonda atmosferica	HMP35AC (Vaisala)	Temperatura e umidità relativa dell'aria	°C e RH%	1	+ 170 cm
Pluviometro	PL400 (Nesa)	Quantità di precipitazione	mm	1	+ 120 cm
Sonda terreno	CS650 (Campbell Scientific)	Temperatura e umidità (conducibilità) del terreno	°C e %v/v	3	• -5 cm • -20 cm • -35 cm
Sonda flusso di calore	HFP01-10 (Campbell Scientific)	Quantità e direzione del flusso di calore nel terreno	W/m ²	3	• -12,5 cm • -27,5 cm

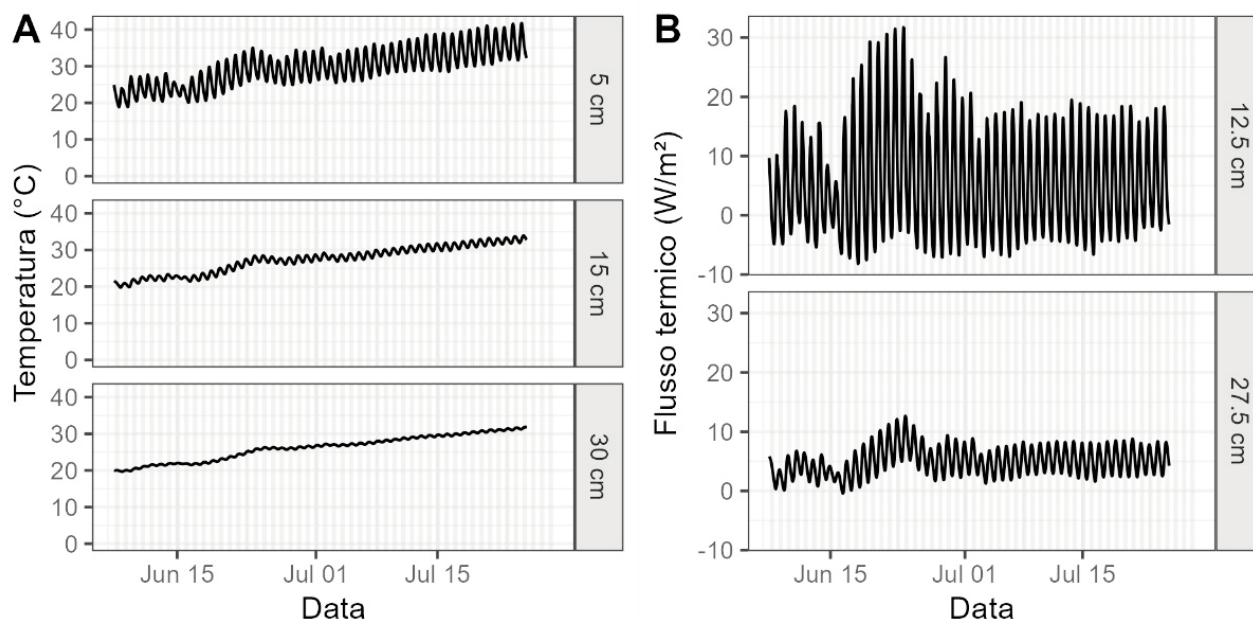


Figura 1: Dati rilevati dai sensori di temperature del suolo (A) e dai sensori di flusso termico nel suolo (B) posizionati a diverse profondità nello stesso punto. Dati raccolti tra giugno ed agosto 2023.

Bibliografia

- Adeh, E.H., Good, S.P., Calaf, M. and Higgins C.W. (2019) 'Solar PV Power Potential is Greatest Over Croplands', *Scientific Reports* 9, 11442. doi 10.1038/s41598-019-47803-3
- Chang W. et al. (2023) 'shiny: Web Application Framework for R. R package version 1.7.4.1',

<https://CRAN.R-project.org/package=shiny>

- Cox, P.M., Betts, R.A., Bunton, C.B., Essery, R.L.H., Rowntree, P.R. and Smith, J. (1999) ‘The impact of new land surface physics on the GCM simulation of climate and climate sensitivity’, *Climate Dynamics* 15, 183-203. doi: 10.1007/s003820050276
- Marrou, H., Guiloni, L., Dufour, L., Dupraz, C. and Wery, J. (2013) ‘Microclimate under agrivoltaic systems: Is crop growth rate affected in the partial shade of solar panels?’, *Agricultural and Forest Meteorology*, 177, 117-132. doi: 10.1016/j.agrformet.2013.04.012
- Mizik, T. (2023) ‘How can proximal sensors help decision-making in grape production?’ *Heliyon* 9, e16322. doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e16322
- R Core Team (2022) *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
- Rompaey, A.J.J.V. and Govers, G. (2002) ‘Data quality and model complexity for regional scale soil erosion prediction’, *International Journal of Geographical Information Science* 16, 663-680.
- Shepard, L.A., Higgins, C.W. and Proctor, K.W. (2022) *Agrivoltaics: Modeling the relative importance of longwave radiation from solar panels*. PLoS ONE 17, e0273119. doi: 10.1371/journal.pone.0273119
- Van Dam, J.C. and Feddes R.A. (2000) ‘Numerical simulation of infiltration, evaporation and shallow groundwater levels with the Richards equation’, *Journal of Hydrology* 233, 72–85. doi: 10.1016/S0022-1694(00)00227-4
- Van Rossum, G. and Drake, F.L. (2009) ‘Python 3 Reference Manual’. Scotts Valley, CA: CreateSpace.

Questa ricerca è stata finanziata dalla convenzione con la GreenGo s.r.l. su “Best practice per l’inserimento impianti fotovoltaici nell’Ambiente”.

Sessione 2

Sistemi di supporto alla gestione irrigua

Monitoraggio della conduttanza stomatica come metodo per guidare un protocollo *Plant-Based* di *Regulated Deficit Irrigation*

L. Conti^{1*}, F. Maldera¹, A. D'Onghia², P. Losciale¹

¹*Dipartimento Scienze del Suolo della Pianta e degli Alimenti, Università di Bari "Aldo Moro"*

²*Tenute Guidotti Almond Farm, Corso Vittorio Emanuele 14, 70019 Triggiano (BA)*

* l.conti3@studenti.uniba.it

Introduzione

In aree semi-aride i mandorleti devono affrontare condizioni sempre più avverse causate dai cambiamenti climatici (Gutiérrez-Gordillo et al., 2020); strategie irrigue sostenibili e la selezione di cultivar tolleranti allo *stress* idrico (Álvarez et al., 2023) permettono di ridurre i consumi idrici ed aumentare l'efficienza d'uso dell'acqua. Lo studio ecofisiologico e il monitoraggio dello stato idrico della pianta tramite sensori prossimali e da remoto sono fondamentali per valutare le finestre temporali e l'intensità di restrizione idrica più opportuna (Álvarez-Maldini et al., 2022). Il presente studio preliminare ha come obiettivo lo sviluppo di un protocollo di *Regulated Deficit Irrigation* (RDI) su mandorlo, basato sul monitoraggio della risposta ecofisiologica dell'albero.

Materiali e Metodi

La prova è stata condotta su un mandorleto cv. Guara comparando tre strategie irrigue: durante la fase di accrescimento del frutto e dopo la deiscenza del mallo, i tre trattamenti sono stati irrigati restituendo la quantità di acqua evapotraspirata. Durante la fase di maturazione del seme, occorrente al termine dell'accrescimento ponderale e volumetrico del frutto, il controllo (CTRL) è stato irrigato alla capacità idrica di campo; nel moderatamente stressato (MRDI) l'irrigazione è stata effettuata monitorando il valore percentuale della conduttanza stomatica (gs) rispetto al controllo, non inferiore al 75%; mentre per il severamente stressato (SRDI), la soglia di intervento è stata fissata al 50% rispetto alla gs del controllo. Quando i valori di conduttanza scendevano al di sotto delle soglie veniva restituita la quantità di acqua evapotraspirata durante la finestra temporale precedente il rilievo. La scelta delle soglie di conduttanza è frutto di una ricerca precedente nella quale è stata monitorata la risposta fisiologica e produttiva del mandorlo a diversi regimi di deficit idrico. Contemporaneamente al monitoraggio di gs, è stato inoltre monitorato il tasso di trasporto elettronico in uscita dal PSII (ETR), la differenza di temperatura tra chioma e aria (ΔT), le variabili climatiche ed il contenuto idrico del suolo. Il confronto statistico tra i trattamenti è stato effettuato attraverso analisi ANOVA con test post-hoc SNK.

Risultati

L'utilizzo della conduttanza ha permesso di regolare l'irrigazione in base alle soglie stabilite, rispondendo in maniera rapida e precisa agli apporti irrigui effettuati (Fig.1A). Nel corso della stagione vegeto produttiva la conduttanza stomatica (gs) è risultata generalmente più elevata durante la fase di accrescimento dei frutti, per poi calare nel corso della maturazione del seme. Le tesi sottoposte a moderato e severo RDI hanno fatto registrare conduttanze più basse rispetto al controllo (Fig.1B) mentre il monitoraggio della crescita dei frutti in termini volumetrici e ponderali, così come in termini di peso secco del seme, ha mostrato valori non dissimili tra le tesi a confronto (Fig.2). Mentre l'ETR ha mostrato differenze significative tra i vari trattamenti in un'unica data, probabilmente a causa dei meccanismi fotoprotettivi che avvengono al calare dell'attività fotosintetica (Fig. 1D), il ΔT si è mostrato rispondere in maniera sensibile e in linea con i dati di conduttanza (Fig. 1C), suggerendo come la chiusura stomatica abbia ridotto la capacità termoregolatrice nelle foglie. La strategia di RDI ha permesso una riduzione degli apporti irrigui di 170 e 370 m³ha⁻¹ per MRDI e SRDI, rispettivamente il 15 ed il 32% del controllo.

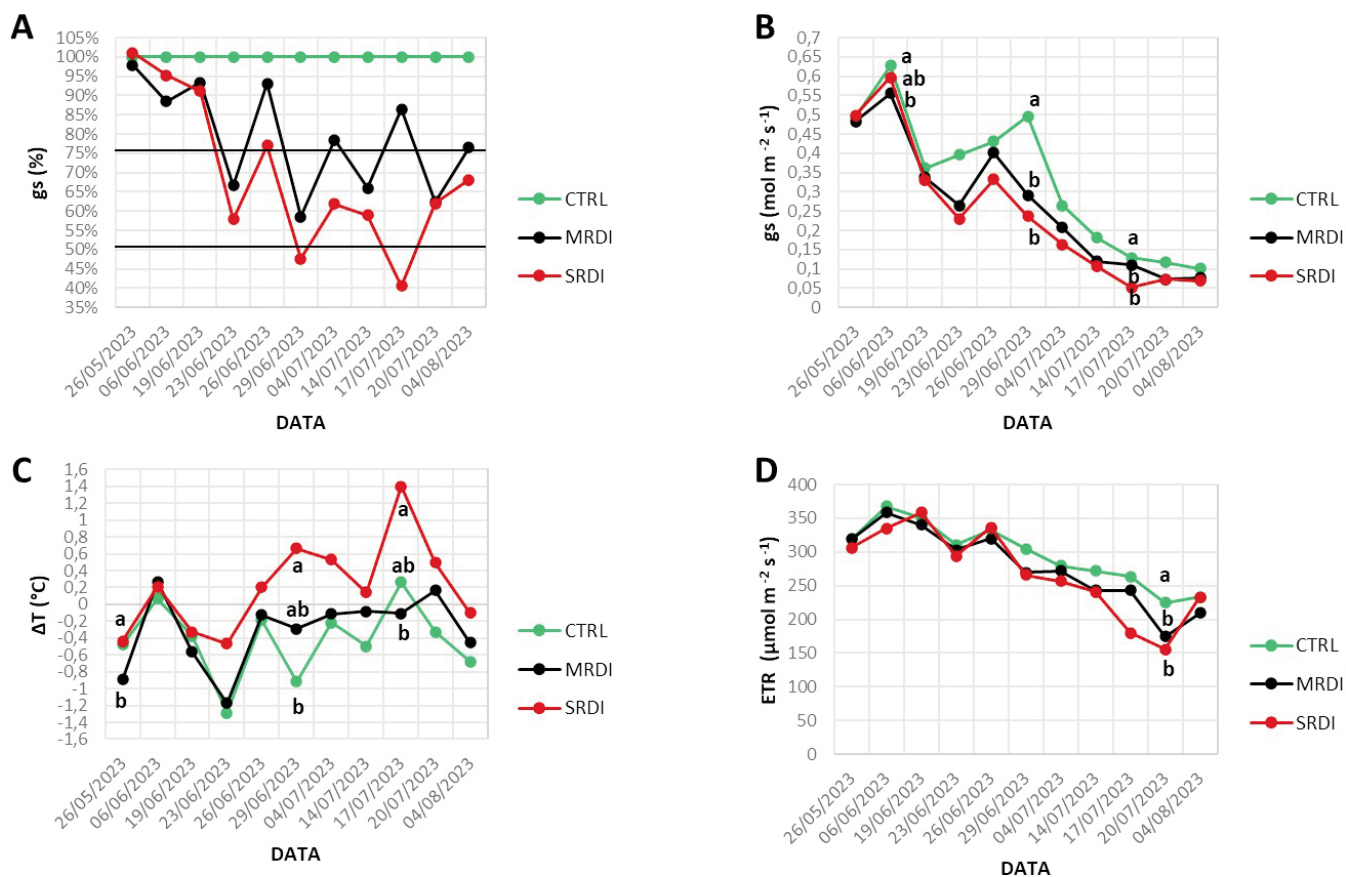


Figura 1 Confronto tra i tre diversi trattamenti irrigui (CTRL, MRDI, SRDI) ottenuti attraverso il monitoraggio della conduttanza stomatica percentuale rispetto al CTRL (A), dei valori assoluti di g_s (B), della differenza tra temperatura della foglia e dell'aria (ΔT) (C), e del tasso di trasporto elettronico (ETR) (D). Le linee nere nel grafico (A) rappresentano le soglie di intervento per l'irrigazione. Per i grafici B, C e D, per ogni data, i punti con lettere diverse sono statisticamente differenti a $p \leq 0,05$.

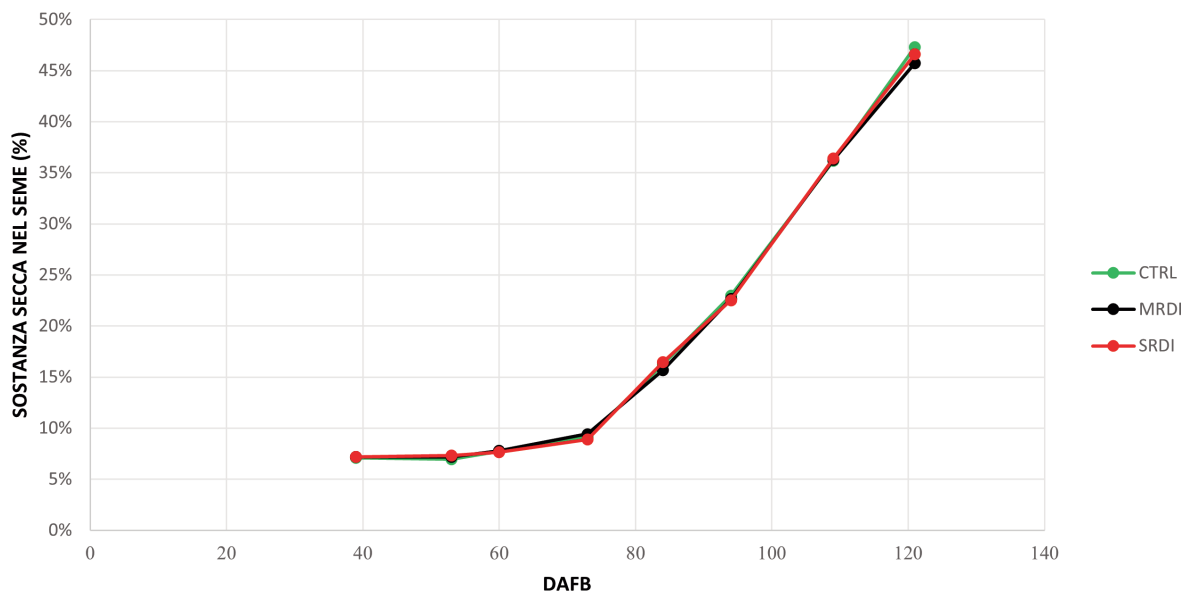


Figura 2: Incremento della sostanza secca all'interno del seme nel corso della stagione. DAFB: day after full bloom.

Conclusioni

I risultati preliminari ottenuti suggeriscono la possibilità di impostare una strategia di RDI *Plant-Based* risparmiando acqua senza ridurre le performance produttive degli alberi. Il monitoraggio periodico di g_s è risultato essere promettente in quanto tale variabile risulta facilmente misurabile e/o stimabile attraverso variabili di facile acquisizione. L'utilizzo di altre variabili come ETR e ΔT è in fase di studio.

Parole chiave: Conduttanza stomatica, Mandorlo, *Regulated Deficit Irrigation*, Stress idrico.

Bibliografia

- Gutiérrez-Gordillo, S., Durán Zuazo, V.H., Hernández-Santana, V., Ferrera Gil, F., García Escalera, A., Amores-Agüera, J.J. and García-Tejero, I.F., (2020) 'Cultivar dependent impact on yield and its components of young almond trees under sustained-deficit irrigation in semi-arid environments'. *Agronomy* 10(5), 733.
- Álvarez, S., Núñez, L., Martín, H., Barajas, E., and Mirás-Avalos, J.M. (2023) 'Differences in growth and water use efficiency in four almond varieties grafted onto Rootpac-20' *Horticulturae* 9(3), 295.
- Álvarez-Maldini, C., Acevedo, M., Estay, D., Aros, F., Dumroese, R.K., Sandoval, S., Pinto, M. (2022) 'Examining physiological, water relations, and hydraulic vulnerability traits to determine anisohydric and isohydric behavior in almond (*Prunus dulcis*) cultivars: Implications for selecting agronomic cultivars under changing climate' *Frontiers in Plant Science*, 13, 974050.

Calibrazione ed efficienza di sensori di umidità del suolo a basso costo utilizzati per il controllo dell'irrigazione in vaso e in substrati a base di torba

D. Loconsole^{1*}, M. Elia², F. Montesano², B. De Lucia², G. Cristiano², G. Conversa¹, A. Elia¹

¹Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimenti, Risorse Naturali e Ingegneria, Università di Foggia

²Dipartimento di Scienze del Suolo, della Pianta e degli Alimenti. Università di Bari

* danilo.loconsole@unifg.it

Introduzione

I recenti progressi tecnologici hanno reso disponibili sensori dell'umidità del suolo performanti ed economici, impiegati in agricoltura per migliorare l'efficienza e l'automazione dei sistemi di irrigazione. Lo scarso contatto substrato/sensore, tipico nei substrati a struttura grossolana, può portare ad una errata stima dell'umidità, in particolare con l'uso di sensori di tipo tensiometrico [1]. In tali condizioni i sensori basati sulla misura di parametri dielettrici ed in particolare quelli basati sul principio della misura della capacità elettrica, possono risultare più accurati. Sebbene le prestazioni di sensori di umidità del suolo siano state valutate su terreno minerale e in condizioni di pieno campo da diversi autori [2], il loro impiego su substrati torbosi grossolani e in vaso, condizioni che di norma si ritrovano nel vivaismo ornamentale, è stato scarsamente indagato. L'obiettivo del lavoro è stato quello di valutare l'accuratezza di sensori capacitivi a basso costo su diversi substrati ed in vaso, con la possibilità della loro integrazione in un sistema di monitoraggio e automazione dell'irrigazione che utilizzi il protocollo LoRaWAN per la comunicazione bidirezionale con un sistema di supporto alle decisioni.

Materiali e Metodi

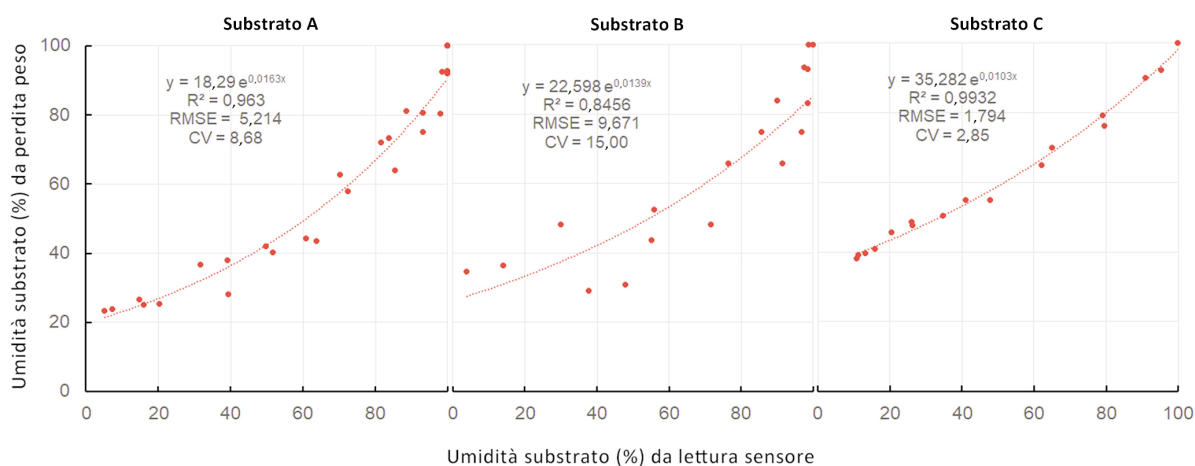
In un vivaio commerciale di piante ornamentali situato a Monopoli (BA), sono stati prelevati campioni di due tipologie di substrati torbosi (A: a grana grossa e B: a grana media). Sono stati valutati alcuni parametri fisici e idrologici mediante metodo evaporimetrico con l'ausilio di un analizzatore di proprietà idrauliche Hyprop2 (Meter Group, USA): densità apparente, porosità totale, capacità per l'aria e per l'acqua [massima (a pF 1), al limite dell'acqua facilmente disponibile (a pF 1.7) e al limite dell'acqua di riserva (a pF 2)], acqua disponibile massima, acqua facilmente disponibile e acqua di riserva. Sui medesimi substrati, è stata avviata una prova di asciugatura all'aria, nel periodo di aprile 2023, per valutare l'efficienza di alcuni sensori capacitivi a basso costo (*Capacitive soil moisture sensor v.2.0*) nel misurare le variazioni di umidità dei substrati. All'interno di una serra non riscaldata, i substrati A e B, oltre ad un terriccio torboso commerciale a grana fine (C), sono stati posti in vasi da 2 L, ove sono stati posizionati i sensori. L'umidità è stata misurata sia con i sensori capacitivi (48 letture/giorno, effettuate ogni 30'), sia con metodo gravimetrico (con pesata giornaliera del vaso – ore 10.00). Preliminarmente sono stati determinati i pesi dei vasi con substrato secco all'aria e con substrato alla capacità di campo (2 ore dopo saturazione con acqua). Sono stati determinati i valori di taratura (*airValue* e *waterValue*) utili per la conversione dei valori di lettura (mV) in valori di umidità e successivamente è stato individuato il modello (Gompertz) e i valori dei parametri del *fitting* per ottimizzare la stima dell'umidità.

Risultati

La curva di calibrazione è risultata specifica per substrato (Fig. 1). Dopo la calibrazione i sensori hanno dato una ottima performance con il substrato C a grana più fine (0,99 R²; 1,8 RMSE; 2,9 CV), mentre aumentando le dimensioni delle particelle (Tab. 1) la precisione nella stima è diminuita (Fig. 1). La trasmissione dei dati con il protocollo LoRaWAN ha consentito il monitoraggio e l'archiviazione in continuo dei dati di umidità su *cloud*.

Tabella 1. Principali caratteristiche idrologiche dei tre substrati utilizzati.

Caratteristica idrologica	Substrato A (a grana grossa)	Substrato B (a grana media)	Substrato C (a grana fine)
Densità apparente (g cm ⁻³)	0.28	0.31	0.41
Porosità totale (%)	89	88	90
Contenuto idrico a pF 1 (% del volume)	48	57	62
Volume d'aria a pF 1 (%)	41	30	27
Contenuto di acqua a pF 1.7 (% del volume)	33	37	37
Volume d'aria a pF 1.7 (%)	56	51	53
Contenuto di acqua a pF 2 (% del volume)	27	30	34
Volume d'aria a pF 2 (%)	62	58	56
Acqua disponibile massima (% del volume)	21	27	28
Acqua facilmente disponibile (% del volume)	15	21	25
Acqua di riserva (% del volume)	6	7	3

**Figura 1.** Risposta dei sensori alla variazione del contenuto idrico nei tre substrati. Curve di taratura e relativi indici valutazione.

Conclusioni

Pur essendo risultata scarsa la precisione dei sensori nel substrato A, negli altri casi, previa calibrazione per substrato, appare sufficientemente accurata per gestire l'irrigazione di piante ornamentali in vaso.

Parole chiave: LoRaWAN, sensori low-cost, gestione irrigua, agricoltura di precisione.

Bibliografia

- Irmak, S., Haman, D.Z. (2001) 'Performance of the WaterMark Granular matrix sensor in sandy soils' *Applied Engineering in Agriculture*, 17: 787-795. <http://dx.doi.org/10.13031/2013.6848>
- Thompson, R.B. and Gallardo M. (2003) 'Use of soil sensors for irrigation scheduling'. In: Fernández et al. (Eds.), *Improvement of Water Use Efficiency in Protected Crops*, Dirección General de Investigación y Formación Agraria de la Junta de Andalucía. FIAPA, Spain, pp. 375–402.

Studio condotto nell'ambito del Centro Nazionale Agritech, finanziato dall'Unione Europea – NextGenerationEU (PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA (PNRR) – MISSIONE 4 COMPONENTE 2, INVESTIMENTO 1.4 - D.D. 1032 17/06/2022, CN00000022). I punti di vista e le opinioni espresse sono tuttavia solo quelli degli autori e non riflettono necessariamente quelli dell'Unione europea o della Commissione europea. Né l'Unione Europea né la Commissione Europea possono essere ritenute responsabili per essi.

Gestione idrica e nutrizionale del pomodoro: esperienze applicative in pieno campo e in serra per la definizione di strategie e algoritmi *sensor-based*

F.F. Montesano¹, L. Bonelli², M. D'Imperio², A. Boari², M. Durante³, A.M. Stellacci¹, G. Lacolla¹, F. Serio²

¹*Università degli Studi di Bari Aldo Moro, Dipartimento di Scienze del Suolo, della Pianta e degli Alimenti (Di.S.S.P.A.), via Amendola 165/A, 70126 Bari*

²*Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Scienze delle Produzioni Alimentari, via Amendola 122/O, 70126 Bari*

³*Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Scienze delle Produzioni Alimentari, Via Lecce-Monteroni, 73100 Lecce*

* francesco.serio@ispa.cnr.it

Il monitoraggio dell'umidità e della conducibilità elettrica del suolo/substrato di coltivazione, mediante tecnologie di proximal sensing sempre più affidabili e a basso costo, rappresenta un approccio intuitivo e versatile, con ampie prospettive di applicazione a livello aziendale, per la gestione razionale dell'irrigazione e della fertilizzazione delle colture. Nell'ambito di recenti progetti di ricerca e applicazione dimostrativa di approcci digitali innovativi in agricoltura, sono state progettate e realizzate infrastrutture tecnologiche IoT (reti di sensori e dispositivi per l'analisi dei dati e la relativa attuazione di automatismi), ed elaborati e testati algoritmi per il pilotaggio automatico della fertirrigazione del pomodoro, coltura di interesse strategico per l'orticoltura mediterranea. Prove sperimentali, condotte in condizioni colturali diversificate (pieno campo, serra, coltivazione senza suolo e su terreno, impiego di acque salmastre), hanno dimostrato come le strategie *sensor-based*, in confronto con metodi empirici basati sull'esperienza dell'agricoltore, contribuiscano a migliorare l'efficienza d'uso delle risorse (acqua e fertilizzanti) e il risultato produttivo e qualitativo della coltura.

Con la gestione automatica *sensor-based* della fertirrigazione, è stato possibile conseguire risparmi idrici e incrementi dell'efficienza d'uso dell'acqua variabili a seconda della tecnica colturale adottata, delle condizioni ambientali, delle varietà di pomodoro in coltivazione, fino a punte del 58% e del 73%, rispettivamente. L'impiego di sensori può facilitare l'applicazione di stress controllati per il miglioramento della qualità del pomodoro. Rispetto all'impiego del timer, ad esempio, è stato possibile aumentare il contenuto di solidi solubili (6,8 vs 7,8 °Brix) e aumentare la percentuale più pregiata della pezzatura delle bacche di pomodoro ciliegino allevato in serra con la tecnica del senza suolo (61% vs 93% di bacche appartenenti alla classe di diametro 25-35 mm). In pieno campo, l'individuazione di appropriate soglie di intervento irriguo mediante sensori rispetto ad un approccio empirico ha consentito di incrementare il valore nutrizionale di pomodoro da trasformazione (61,1 vs 36,1 µg/g di peso secco di licopene).

Parole chiave: Efficienza dell'uso dell'acqua, Sostenibilità, Tecnologie smart.

Le ricerche sono state condotte nell'ambito dei progetti SUS&LOW (201785Z5H9 PRIN 2017) e E-CROPS (ARS01_01136 PON R&I 2014-2020 Azione II OS 1.b)

Gestione irrigua delle colture orticole in serra tramite monitoraggio del flusso linfatico nello stelo con sensori “sap flow”

A. Navarro¹, D. Massa²

¹Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria, Centro di Ricerca Orticoltura e Florovivaismo, Via Cavallegeri 25, 84089 Pontecagnano Faiano (SA)

²Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria, Centro di Ricerca Orticoltura e Florovivaismo, Via dei Fiori 8, 51017 Pescia (PT)

* alejandra.navarro@crea.gov.it

Nell'orticoltura moderna c'è necessità di rendere la gestione della fertirrigazione sempre più efficiente, evitando sprechi d'acqua ed utilizzando al meglio le risorse idriche disponibili, anche di scarsa qualità. L'utilizzo dei sensori “sap flow” (SF) per la stima della traspirazione delle piante, finora utilizzati principalmente in colture arboree, può diventare uno strumento efficace e promettente per alcune delle colture più redditizie coltivate in serra nel settore orticolo e floricolo. Ci sono diversi metodi per calcolare il flusso di linfa che attraversa lo stelo della pianta o “sap flow”. Essi si basano sull'interazione esistente tra la linfa grezza circolante, che è legata alla traspirazione, e il trasporto del calore. Tra questi, soltanto i sensori che usano il metodo del bilancio termico possono essere utilizzati nelle colture ornamentali e ortive. In questi sensori, l'elemento principale è una fascia di riscaldamento che avvolge l'organo conduttivo (fusto/stelo), e rileva i dati di calore in entrata e in uscita attraverso una serie di termocoppie. I dati opportunamente inseriti in algoritmi di calcolo forniscono una stima della traspirazione della pianta, determinata dal flusso di massa attraverso lo xilema. Tale flusso può essere quindi correlato ai fabbisogni idrici della pianta. Questo metodo è stato applicato con successo nella coltivazione di pomodori in condizioni di stress idrico, salino e nutrizionale. A tale proposito, il presente lavoro riassume le esperienze fatte nell'ambito del progetto iGUESS-MED “*Innovative Greenhouse Support System in the Mediterranean Region: efficient fertigation and pest management through IoT based climate control*”. Nei diversi studi realizzati, le migliori correlazioni avute tra la traspirazione stimata dai SF e le variabili ambientali si ottengono con la radiazione solare e con il deficit di pressione di vapore, raggiungendo $R^2 > 0,9$. La significativa correlazione ottenuta tra la traspirazione della pianta stimata con i sensori SF e i consumi idrici ottenuti dai contaltri, permette il loro impiego nell'irrigazione di precisione.

Parole chiave: Irrigazione di precisione, metodo del bilancio termico, pomodoro, traspirazione.

Monitoraggio in continuo del potenziale idrico dell'actinidia mediante microtensio- metri: opportunità per valutare lo stato idrico della pianta e orientare la strategia irrigua

R. Di Biase, M. Calabritto, A.N. Mininni, B. Dichio

Dipartimento DiCEM, Università degli studi della Basilicata, via Lanera 20, 75100 Matera

* roberto.dibiase@unibas.it

La crescente scarsità d'acqua e l'uso eccessivo di questa risorsa nel corso degli anni richiedono azioni immediate per migliorare la gestione dell'irrigazione, considerato che circa il 70% della risorsa idrica viene utilizzato per l'irrigazione a livello globale. L'installazione in campo di sensori di prossimità che aiutino a comprendere le reali condizioni fisiologiche della pianta permette di ottimizzare la gestione dell'irrigazione, svolgendo così un ruolo fondamentale nella gestione delle colture che richiedono acqua come l'actinidia.

In questo scenario, i microtensioметри che monitorano in modo continuo il potenziale idrico del fusto (*Trunk Water Potential* - TWP) forniscono informazioni utili sullo stato idrico della pianta, che possono essere utilizzate come supporto alle decisioni irrigue.

Il presente studio si propone di testare dei microtensioметри (FloraPulse, Davis, CA, USA) su piante di actinidia a polpa gialla (*Actinidia chinensis*) in un frutteto commerciale situato a Metaponto (regione Basilicata). L'efficacia dei sensori è stata valutata attraverso l'analisi dell'andamento giornaliero del TWP registrato su piante sottoposte a due diversi sistemi di irrigazione e ad una diversa programmazione, frazionando il volume giornaliero in più interventi irrigui al giorno. È stata considerata la risposta dei sensori alle condizioni ambientali e alla gestione dell'irrigazione, come la variazione del VPD, le precipitazioni e la programmazione degli interventi irrigui. Sono state osservate fluttuazioni giornaliere del potenziale idrico del fusto tra -0,2 e -2,2 bar, evidenziando le potenzialità della strategia irrigua applicata (caratterizzata da più interventi irrigui al giorno), che permette di evitare l'eccessiva riduzione dei valori di potenziale idrico a *midday*, e la sensibilità del sensore nel registrare i cambiamenti dello stato idrico della pianta dopo ogni evento irriguo.

I risultati preliminari rivelano che i microtensioметри sono uno strumento promettente per valutare lo stato idrico delle piante e supportare le decisioni irrigue in campo. Sono necessarie ulteriori ricerche per validare l'uso di tali sensori su actinidia.

Sessione Poster

Influenza del rapporto rosso:blu della luce supplementare sulla crescita della pianta e la resa in tuberi in patata

N. Arouna, A. Pannico, S. De Pascale, R. Paradiso

Dipartimento di Agraria, Università degli Studi di Napoli Federico II, Via Università 100, 80055 Portici (NA)

Introduzione

Le missioni spaziali di lunga durata dipenderanno dallo sviluppo di sistemi artificiali per il riciclo continuo delle risorse. In questi sistemi, detti Sistemi Biorigenerativi di Supporto alla vita (*Bioregenerative Life Support Systems*, BLSSs), le piante avranno il ruolo essenziale di produrre cibo fresco, rinnovare l'aria, purificare l'acqua, riciclare i rifiuti organici e fornire benefici psicologici all'equipaggio.

L'utilizzo di sola luce artificiale, adeguata in termini di intensità e composizione spettrale, o l'integrazione con illuminazione artificiale, dove la luce naturale è insufficiente, sono tuttora delle sfide della ricerca. Le lunghezze d'onda del rosso (R) e blu (B) e la loro combinazione in diversi rapporti sono più efficaci nel promuovere la fotosintesi e altri processi fisiologici e metabolici delle piante, e di conseguenza nel migliorare le rese e la qualità dei prodotti.

La patata (*Solanum tuberosum* L.) è una delle colture candidate alla coltivazione nello Spazio, sulla base di requisiti tecnici e nutrizionali. Tuttavia, poche ricerche hanno esaminato la sua risposta alla qualità della luce. Obiettivo dell'esperimento era valutare gli effetti della luce supplementare a due rapporti R:B in due *cultivar* allevate in serra fredda in ciclo vernino-primaverile.

Materiali e Metodi

Due trattamenti di illuminazione supplementare con LED R:B a rapporto 1:1 (RB 1:1) e 2:1 (RB 2:1) rispetto al controllo di sola luce naturale (CNT) sono stati realizzati mantenendo uguale integrale di radiazione giornaliera (*Daily Light Integral*, DLI). Le parcelle illuminate erano ombreggiate da una rete non fotoselettiva al 30% e il *deficit* di radiazione era reintegrato con luce R:B. L'illuminazione era gestita da un sistema di controllo in grado di regolare in tempo reale la radiazione emessa dai LED sulla base dell'intensità nel controllo rilevato da sensori PAR.

Mini-tuberi pregermogliati delle cv. 'Colomba' e 'Libra' sono stati trapiantati in vaso su sabbia fluviale. Le misure hanno interessato la fisiologia e l'accrescimento delle piante, e la resa e la qualità dei tuberi. I dati sono stati analizzati con analisi di varianza a due fattori e le medie confrontate con il test multiplo di Tukey.

Risultati

Durante la fase di riempimento dei tuberi, la fotosintesi in condizioni di luce naturale è risultata più elevata nella cv 'Libra' ed è aumentata sotto luce RB 1:1 mentre non è stata influenzata dalle condizioni di illuminazione in 'Colomba' (Fig. 1).

In piante del controllo, l'area fogliare e la biomassa aerea sono risultate maggiori in 'Libra' (Tab. 1). Nella cv 'Colomba' entrambi i parametri sono risultati più elevati sotto luce RB 1:1 mentre in 'Libra' una riduzione significativa è stata osservata in RB 2:1, rispetto al controllo (Tab. 1).

Sotto luce naturale, la cv 'Libra' ha fatto registrare una resa in tuberi significativamente più elevata rispetto a 'Colomba' (132.56 ± 6.83 vs 115.28 ± 6.12 g pianta⁻¹), mentre i trattamenti luminosi non hanno influenzato la produttività.

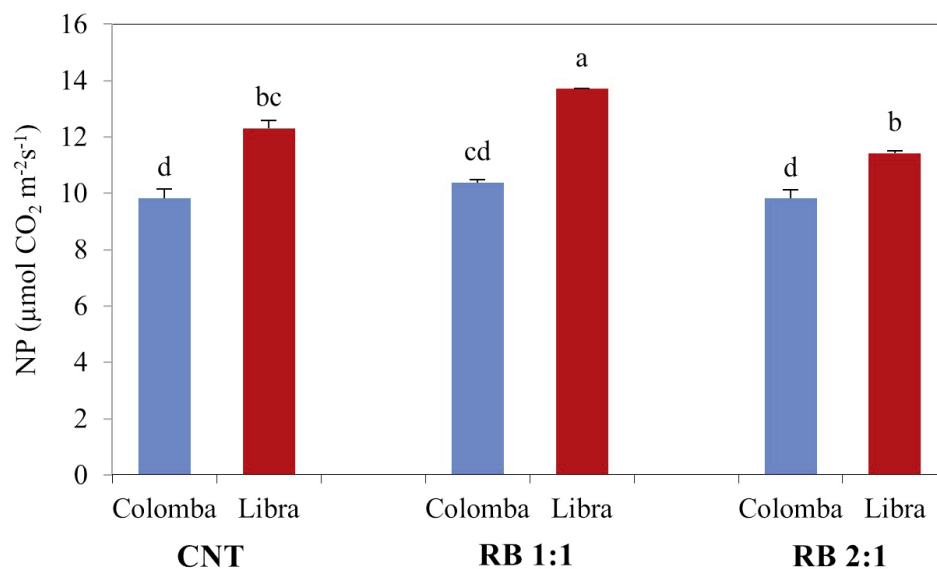


Figura 1. Fotosintesi netta (NP) durante la fase di riempimento dei tuberi (129 giorni dal trapianto) in piante di patata cv. ‘Colomba’ e ‘Libra’ allevate sotto luce naturale (CNT), e luce naturale più luce supplementare con LED rosso:blu al rapporto 1:1 (RB 1:1) e 2:1 (RB 2:1). Media + Errore standard ($n=3$). Lettere diverse indicano differenze significative ($p \leq 0,05$).

Tabella 1. Principali parametri di crescita nella parte aerea delle piante di patata cv. ‘Colomba’ e ‘Libra’ allevate sotto luce naturale (CNT), e luce naturale più luce supplementare con LED rosso:blu al rapporto 1:1 (RB 1:1) e 2:1 (RB 2:1). Valori medi ($n=3$). Lettere diverse all’interno di ogni colonna indicano differenze significative. ns, *, **, differenze non significative o significative con $p \leq 0,05$ e 0,01 rispettivamente.

		Area fogliare (cm ² pianta ⁻¹)	Peso Secco foglie (g pianta ⁻¹)	Peso Secco steli (g pianta ⁻¹)	Biomassa aerea (g S.S. pianta ⁻¹)
CNT	Colomba	212.75 c	0.93 c	0.09 c	1.02 d
	Libra	447.63 a	2.28 a	0.51 a	2.79 a
RB 1:1	Colomba	232.78 c	1.18 c	0.09 c	1.27 c
	Libra	395.05 ab	2.23 a	0.42 b	2.65 a
RB 2:1	Colomba	241.98 c	1.09 c	0.10 c	1.19 cd
	Libra	366.07 b	1.89 b	0.38 b	2.27 b
Luce		ns	**	**	**
Cv		**	**	**	**
LucexCv		*	**	**	**

Conclusioni

La risposta delle piante di patata alle diverse condizioni di illuminazione, in termini di ritmo di fotosintesi e accrescimento, è risultata influenzata dal genotipo, tuttavia la resa in tuberi non sembra essere influenzata dai trattamenti di illuminazione.

Parole chiave: Bioregenerative Life Support Systems BLSSs, LED, *Solanum tuberosum* L., Spettro luminoso.

Analisi della fluorescenza della clorofilla *a* in risposta a stress abiotici

G. Franzoni, G. Cocetta, A. Ferrante

Dipartimento di Scienze agrarie e ambientali, Università degli Studi di Milano, Via Celoria 2, 20133 Milano

* giulia.franzoni@unimi.it

Introduzione

Gli stress abiotici sono alcuni dei principali fattori che influenzano le perdite economiche nel settore agricolo. Le piante hanno sviluppato strategie per percepire queste condizioni e adattarsi ad esse. Tuttavia, questi adattamenti richiedono energia che viene sottratta alla crescita. I sintomi sulle piante dipendono dalla gravità e dalla durata dello stress e dalla suscettibilità delle colture, e quando si manifestano sintomi visibili potrebbe essere troppo tardi intervenire. Diversi metodi sono impiegati per misurare il livello di alcuni marcatori dello stress delle piante, ma questi richiedono tempo, protocolli e procedure complessi, oltre a prevedere la distruzione del campione. Pertanto, i sensori, essendo basati su metodi non distruttivi, consentono il monitoraggio in tempo reale delle condizioni fitosanitarie. La misurazione della fluorescenza della clorofilla *a* è una tecnica non invasiva, rapida ed economica ampiamente utilizzata per valutare l'attività fotosintetica delle piante, ottenere informazioni sullo stato del fotosistema II (PSII) e nello screening per la tolleranza agli stress.

Materiali e Metodi

Piante di pomodoro (*Solanum lycopersicum*, L.), rucola (*Diplotaxis tenuifolia*, L. DC), e lattuga (*Lactuca sativa*, L) sono state sottoposte a diverse condizioni di stress e la fluorescenza della clorofilla *a* è stata utilizzata come metodo non distruttivo per misurare l'intensità delle loro risposte. La misura degli indici di fluorescenza è stata effettuata a partire dal momento di induzione dello stress fino alla raccolta per monitorare la risposta della pianta al variare delle condizioni di crescita rispetto ad una tesi controllo cresciuta in condizioni ottimali. La misura è stata effettuata utilizzando un fluorimetro portatile (Handy Pea +, Hansatech). Alcuni indici come il performance index (PI_{ABS}), l'efficienza quantica massima del PSII (F_v/F_m) e altri indici derivati dal JIP test sono stati calcolati.

Risultati

La diminuzione dell'apporto idrico del 30% in piante di pomodoro ha determinato un calo significativo di PI e F_v/F_m . Lo stesso è stato osservato per quanto riguarda il flusso di assorbimento per sezione fogliare (ABS/CSm), il flusso di trasporto degli elettroni (ETo/CSm), l'energia trattenuta (TRO/CSm), e l'area soprastante la curva di induzione della fluorescenza (Area). Al contrario, si è osservato un aumento di dissipazione di energia sotto forma di calore (DIO/CSm) nelle piante stressate. La prova su lattuga ha mostrato che le condizioni di stress azotato (50% N e 25% N) hanno alterato in modo significativo il flusso di trasporto degli elettroni e l'area, mentre non sono state osservate differenze significative negli altri indici. La misura della fluorescenza in piante di rucola dopo 12 ore dall'esposizione a stress salino (200 mM NaCl), da alta temperatura (37°C) e dalla combinazione dei due stress ha messo in luce una maggiore sensibilità delle piante allo stress termico e una tolleranza all'elevata salinità. Tutti gli indici analizzati sono risultati significativamente inferiori nelle tesi esposte alle alte temperature, indipendentemente dalla salinità della soluzione nutritiva. Al contrario la resa è stata positivamente influenzata dalle alte temperature.

Tabella 1. Indici di fluorescenza della clorofilla *a* misurati in piante di pomodoro, lattuga e rucola sottoposte a diversi stress abiotici: stress idrico (deficit irriguo del 30%), stress nutrizionale (50% N, 25% N) e combinazione di stress salino (200 mM NaCl) e da alte temperature (37°C). I valori sono medie \pm ES. I dati sono stati analizzati con ANOVA a una via o due vie a seconda del piano sperimentale. La colonna più a destra riporta la produzione espressa come peso delle bacche, del cespo o dell'area raccolta.

Pomodoro (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)									
	PI _{ABS}	F _v /F _M	ABS/CSm	DIo/CSm	TRo/CSm	ETo/CSm	Area	Peso bacche (g/ pianta)	
Controllo	2,54 \pm 0,123	0,83 \pm 0,005	2671,5 \pm 56,31	448,7 \pm 8,96	2222,8 \pm 56,90	1270,9 \pm 30,35	35458,3 \pm 982,57	490 \pm 87,4	341 \pm 70,9
Stress Idrico	-1,78 \pm 0,201	0,81 \pm 0,009	2431,7 \pm 65,30	457,2 \pm 21,49	1974,4 \pm 62,47	1010,9 \pm 68,64	29648,7 \pm 1914,44	490 \pm 87,4	341 \pm 70,9
Lattuga (<i>Lactuca sativa</i> L.)									
	PI _{ABS}	F _v /F _M	ABS/CSm	DIo/CSm	TRo/CSm	ETo/CSm	Area	Peso cespo (g/ pianta)	
Controllo	1,83 \pm 0,578	0,85 \pm 0,270	2865,0 \pm 905,99	416,7 \pm 131,77	2448,3 \pm 774,22	1215,1 \pm 384,25	37632,1 \pm 11900,31	130,2 \pm 10,61	98,8 \pm 8,45
Stress nutrizionale (50% N)	1,72 \pm 0,544	0,85 \pm 0,267	2758,8 \pm 872,41	425,5 \pm 134,55	2333,3 \pm 737,85	1157,3 \pm 365,97	31973,5 \pm 10110,91	98,8 \pm 8,45	71 \pm 3,06
Stress nutrizionale (25% N)	1,45 \pm 0,590	0,84 \pm 0,344	2561,8 \pm 1045,87	399,2 \pm 162,96	2162,7 \pm 882,90	986,3 \pm 402,67	25475,5 \pm 10400,33	71 \pm 3,06	39,6 \pm 4,77
Rucola selvatica (<i>Diplotaxis tenuifolia</i> L. (DC.))									
	PI _{ABS}	F _v /F _M	ABS/CSm	DIo/CSm	TRo/CSm	ETo/CSm	Area	Peso fresco (g)	
Controllo	4,92 \pm 0,294	0,83 \pm 0,001	1215,5 \pm 13,02	202,1 \pm 2,49	1013,4 \pm 11,30	646 \pm 14,98	22698,1 \pm 782,78	24 \pm 2,15	16,1 \pm 1,64
Stress salino	5,24 \pm 0,375	0,83 \pm 0,002	1224,4 \pm 15,03	208,7 \pm 3,23	1015,7 \pm 12,61	644,4 \pm 16,64	21791,1 \pm 870,82	30,1 \pm 1,96	39,6 \pm 4,77
Stress da caldo	0,26 \pm 0,085	0,30 \pm 0,064	931,3 \pm 64,45	622,7 \pm 42,31	308,6 \pm 70,27	204,6 \pm 47,69	5842,9 \pm 1344,49	39,6 \pm 4,77	39,6 \pm 4,77
Combinazione stress salino e da caldo	0,21 \pm 0,089	0,25 \pm 0,061	953,8 \pm 83,09	692,1 \pm 71,04	261,7 \pm 68,42	171,1 \pm 48,23	4408,6 \pm 1271,67	39,6 \pm 4,77	39,6 \pm 4,77

Conclusioni

L'analisi degli indici di fluorescenza ha messo in evidenza come diverse specie orticole soggette a stress ambientali di diversa natura, intensità e durata rispondono in modo differente. L'indice F_v/F_m è risultato più "sensibile" allo stress idrico in pomodoro e da calore in piante di rucola, mentre non ha mostrato variazioni significative in risposta allo stress nutrizionale in lattuga e stress salino in rucola. Una risposta simile è stata osservata anche per quanto riguarda il PI. La misura della fluorescenza della clorofilla *a* permette di indagare nello specifico le risposte delle piante ai diversi stress, ripetere la misura sulla stessa pianta e intervenire in modo immediato per evitare perdite di qualità e di produzione.

Parole chiave: Fluorescenza, Ortaggi da foglia, Pomodoro, Stress abiotici.

Modelli predittivi per caratteri qualitativi in materiale di breeding di indivia

W. Polilli, A. Galieni, G. Campanelli, P. Angelini, F. Leteo, C. Platani, S. Fabrizi, M. Dattoli, A. Natalini*

Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria, Centro di Ricerca Orticoltura e Florovivaismo, Via Salaria, 1, 63077, Monsampolo del Tronto (AP)

* alessandro.natalini@crea.gov.it

Introduzione

Le indivie nelle confezioni di quarta gamma sono essenzialmente sottoposte a lavaggio, taglio e refrigerazione che inducono all'insorgenza di alterazioni qualitative legate, sia al subentrare di fenomeni di senescenza, o allo sviluppo di processi anabolici negativi dei tessuti. Onde ridurre il deterioramento qualitativo, il breeding ha la finalità di costituire varietà geneticamente idonee alla lavorazione post-raccolta. La riflettanza iperspettrale è capace di individuare e quantificare molecole responsabili di alcuni caratteri qualitativi e può quindi fornire un reale supporto alle attività di breeding. Su molteplici genotipi di indivia (*Cichorium endivia*), sia riccia, sia scarola, si è provveduto a misurare la riflettanza vis-NIR sulle foglie alla raccolta e nel corso della conservazione per modellizzare il contenuto totale di flavonoidi, includendo la possibilità di prevederne il contenuto nel corso della conservazione, sino ad una settimana dal momento della preparazione. L'obiettivo della presente ricerca è assistere il breeder nella selezione dei genotipi superiori per caratteristiche qualitative (es. contenuto in flavonoidi), fornendo un modello capace di predire, al momento della raccolta, il tenore, del parametro oggetto di indagine, dopo la conservazione.

Materiali e Metodi

I genotipi di indivia (n.31) sono stati coltivati presso il CREA-OF sede di Monsampolo del Tronto (AP) ricorrendo a un trapianto invernale tardivo nella stagione 2021-22. Al momento della maturità commerciale, le piante sono state raccolte, lavate, tagliate e conservate a 4°C al buio per 7 giorni.

I valori di riflettanza sono stati ottenuti in modalità attiva tramite clip fogliare, utilizzando uno spettrometro portatile FieldSpec® 4 Hi-Res (ASD Inc., Boulder, CO, USA). I prelievi effettuati alla raccolta e dopo una settimana di conservazione, sono stati equamente distribuiti tra lembi fogliari e nervatura, al fine di rappresentare adeguatamente la variabilità spaziale dei campioni, nonché la differente composizione della matrice fogliare stessa. Le porzioni di foglia corrispondenti sono quindi state inviate alla determinazione del contenuto totale di flavonoidi (TFC; Gouveia e Castilho, 2012).

L'elaborazione statistica, avvenuta integralmente con R software, è consistita nella iterazione di regressioni del tipo *Partial Least Square* su 100 diverse permutazioni dello split dei database originali in 70% calibrazione e 30% validazione (IterPLS). Da tale elaborazione ne è emersa la distribuzione di probabilità per ottenere modelli predittivi le cui performance sono quantificate da: coefficiente di determinazione (R^2) e scarto quadratico medio, espresso come unità di deviazioni standard dei valori osservati della variabile di risposta ($RMSE\sigma$). I database elaborati sono così divisi: (i) Tot - tutti gli spettri, indistintamente prelevati alla raccolta o dopo una settimana con i loro valori corrispondenti di TFC (393 campioni) - (ii) t0 - solo spettri alla raccolta e valori corrispondenti di TFC (226 campioni) - (iii) t1W - solo spettri dopo una settimana di stoccaggio e valori corrispondenti di TFC (167 campioni) - (iv) t0-1W - spettri alla raccolta e valori di TFC degli stessi campioni dopo una settimana di stoccaggio (167 campioni).

Risultati

Il contenuto medio in flavonoidi totali è di 2460 mg di unità di rutina equivalenti (RUE) su 100 g di peso secco (100 g_{dw}), con una deviazione standard di 2150 mg RUE/100g, un minimo a 83 mg

RUE/100g ed un massimo a 10900 mg RUE/100g. Circa metà dei campioni rileva TFC sotto i 1000 mg RUE/100g, il resto segue una distribuzione normale con media a 3900 mg RUE/100g e deviazione standard di 1600 mg RUE/100g (Figura 1). I modelli di regressione hanno mostrato una buona attitudine predittiva per il contenuto di flavonoidi in tutti i casi in cui lo spettro di riflettanza è stato prelevato nello stesso momento in cui è stato determinato il valore di TFC (Tabella 1). I modelli costruiti sul database Tot e sul database t0 offrono le prestazioni migliori, mentre si registra un calo nei parametri di qualità per il database t1W. Nel caso relativo ai campioni t0-1W si rileva una importante riduzione nelle capacità di riprodurre il trend della variabile di risposta e nelle capacità di stimarne accuratamente il valore.

Tabella 1. Parametri di qualità dei modelli ottenuti tramite IterPLS sui diversi database. I risultati sono espressi nella forma media \pm deviazione standard, essendo rappresentativi di una distribuzione di probabilità, il test Honest Significant Differences di Tukey fa riferimento ai valori registrati per il parametro R^2 .

	R^2	Tukey HSD	RMSE σ
Tot	0.69 \pm 0.04	(a)	0.55 \pm 0.05
t0	0.72 \pm 0.06	(a)	0.54 \pm 0.07
t1W	0.65 \pm 0.08	(b)	0.60 \pm 0.07
t0-1W	0.55 \pm 0.07	(c)	0.69 \pm 0.08

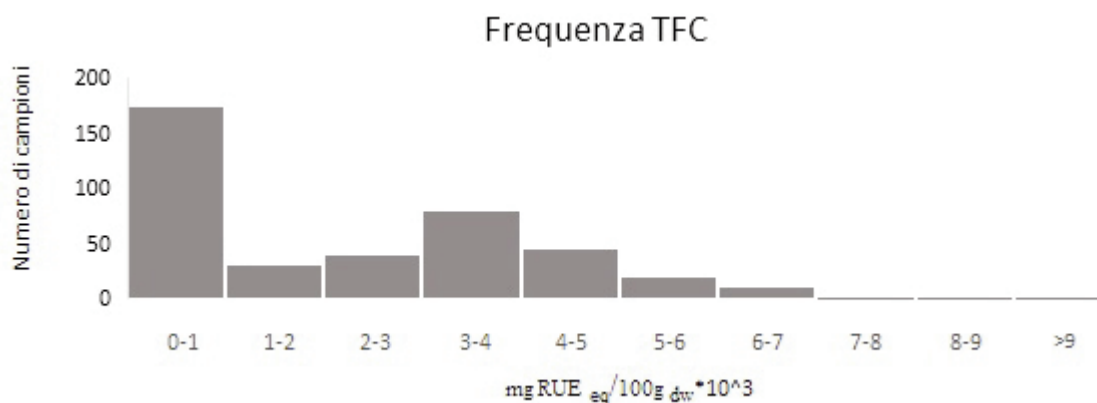


Figura 1. Istogramma di frequenza del contenuto di TFC espresso in mg RUE eq/100g dw * 10³ nei 393 campioni analizzati.

Conclusioni

Il contenuto di flavonoidi totali risulta altamente stimabile in tempo reale con metodi non distruttivi basati su riflettanza spettrale e regressione lineare. La predizione del TFC ad una settimana dalla conservazione può essere migliorabile con ulteriori indagini da sviluppare. Infatti, l'implementazione del modello potrebbe includere: la diversa costituzione della foglia (lombi e nervature), nonché la metodologia di raccolta dei dati spettrali su porzioni di foglia differente, così da poter sostenere l'attività di breeding sin dalla predizione *outdoor* in campo.

Parole chiave: vis-NIR, FieldSpec®, Postraccolta, TFC

Bibliografia

Gouveia, S. e Castilho, P.C. (2012) 'Helichrysum monizii Lowe: Phenolic composition and antioxidant potential' *Phytochemistry Analysis* 23:72-83 (2012). doi: 10.1002/pca.1326

Questa ricerca è stata finanziata dal Progetto di Ricerca: «Conservabilità, qualità e sicurezza dei prodotti ortofruitticoli ad alto contenuto di servizio» (POFACS).

agriMARS: un sistema robotico per il monitoraggio remoto di coltivazioni

F. Visentin¹, S. Cremasco¹, E. Fiorini¹, F. Castellini¹, M. Agostini³, D. Quaglia², R. Muradore¹

¹*Dipartimento di Ingegneria per la Medicina di Precisione, Sezione di Ingegneria, Università degli Studi di Verona, Strada le Grazie 15, Verona, Italia*

²*Dipartimento di Informatica, Università degli Studi di Verona, Strada le Grazie 15, Verona, Italia*

³*Idea Prototipi s.r.l, via Arturo Malignani, Basigliano, Italia*

* davide.quaglia@univr.it

Monitorare le coltivazioni richiede tempo e misurazioni precise e ripetibili. Spesso queste sono effettuate a mano e richiedono lavoro aggiuntivo per essere elaborate e quindi analizzate con gli strumenti opportuni. In questo lavoro presentiamo un sistema robotico (agriMARS: Agricultural Modular Autonomous Robotic System) per il monitoraggio remoto di coltivazioni mediante l'acquisizione di dati geo-localizzati. Il sistema si muove su cingoli ed è equipaggiato con un insieme di strumenti per la navigazione autonoma (LIDAR, radar, GPS RTK), sensori di temperatura, di umidità, di luminosità, e telecamere stereoscopiche che permettono di “vedere in profondità” e quindi ricostruire ambienti tridimensionali. Sul rover è inoltre montato un braccio robotico antropomorfo che integra una telecamera multi-spettrale con bande intercambiabili e una telecamera termica che possono essere posizionate controllando in tempo reale il movimento del braccio. Il sistema, tramite una serie di reti neurali integrate, può anche essere addestrato ad analisi di tipo fenotipico da fare in loco. Questo permette di acquisire dati geo-localizzati (tramite GPS RTK) in modo ripetibile registrando la configurazione del robot e richiamandola quando in posizione. Oltre a queste funzionalità, è possibile integrare delle pinze dedicate alla raccolta di frutta e verdura (identificate grazie alle reti neurali citate prima) o per la raccolta di campioni da portare poi in laboratorio per analisi successive. Il sistema può essere controllato localmente tramite un joystick dedicato oltre che da un'interfaccia remota tramite la quale è anche possibile visualizzare in tempo reale i dati acquisiti dal sistema. I dati raccolti sono elaborati localmente e poi trasmessi per facilitare le analisi successive (es. calcolo indice NDVI, NDMI) e possono essere visualizzati tramite un'interfaccia grafica.

Parole chiave: Monitoraggio automatico, Fenotipizzazione remota, Automazione di misure, Robotica.

Studio parzialmente condotto nell'ambito dell'Ecosistema dell'Innovazione iNEST (Interconnected Nord-Est Innovation Ecosystem), finanziato dall'Unione Europea – NextGenerationEU

Sessione 3

Sistemi per l'implementazione della qualità

Precision technologies for sustainable agriculture and food production

I. Tornese*, S. Laveglia

Scuola di Scienze Agrarie, Forestali, Alimentari ed Ambientali, Università degli Studi della Basilicata, Via dell'Ateneo Lucano 10, 85100 Potenza

* iolanda.tornese@unibas.it

Introduction

Precision agriculture, which integrates new technologies and management support systems, allows increased yield, better management of the resources, food safety and loss reduction.

The main technologies include:

proximal sensors to collect detailed and real-time soil/plant information: temperature, moisture, nutrient disposal, stage of maturation and crop health;

- meteorological stations for the monitoring of temperature, Relative Humidity (R.H.) and wind speed;

- imaging spectrometers, which have gained importance in both agriculture and food systems, for monitoring product quality in harvest and post-harvest.

This abstract resumes the versatile applications of Vis (visible)-NIR (Near Infrared) instruments for rapid and non-destructive analysis of fruits/vegetables during sorting, processing and packaging. Spectrophotometric devices in the visible range (VIS, 400-700 nm) and near-infrared (NIR, 700-2400 nm) are widely used in order to predict the main properties of food products, as already done for milk, cereals, fruits and vegetables, even during processing operations. A specific application was conducted at MacLab (SAFE/UNIBAS-Potenza) using Persimmon (*Diospyron kaki Thumb. cv. Rojo Brillante*). Based on previous research, the purpose of this paper is to present a future perspective that the above techniques may have in both precision agriculture and industry.

Materials and Methods

Persimmon fruits at different ripening stages were collected from a single farm located in the area around Nocera (Campania Region, Southern Italy) and transported to the laboratory, where they were stored ($1\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, 85% RH) until evaluation. Samples were analysed to evaluate colour index (CI; 738 samples), firmness (FIR; 473), soluble solids content (SSC; 481), titratable acidity (TA; 482) and soluble tannins content (TAN; 476). An UV-VIS-NIR spectrophotometer (AvaSpec-2048-UA, 200-1100 nm, 2048 pixels InGaAs CCD detector, Avantes, The Netherlands) was used, equipped with an integrating sphere to provide diffuse reflectance measurements and a 100W tungsten-halogen source light (ASBN-100W-L, SP Spectral Products, USA) (Fig.1).

Comparing different statistical methods (PCR, PLS, STEP, SVM and ENSEMBLE) the correspondent regression models were obtained, for each parameter.

These models were assessed by a 10-fold cross-validation with a new strategy for both outlier removal and wavelength reduction; furthermore, their statistical significance was evaluated by 100 Monte Carlo simulation runs.

Results

The main results, expressed as Ratio of standard error of Performance to standard Deviation (RPD) (Tab.1) show that PCR had the best performance for the prediction of the quality properties, showing the following ratios of standard error of performance to standard deviation: 9.23 (± 0.26) for CI, 10.18 (± 0.37) for FIR, 7.15 (± 0.28) for SSC, 7.87 (± 0.31) for TA and 8.91 (± 0.33) for TAN. Also, the PLS algorithm showed a good performance, except for the SSC parameter.

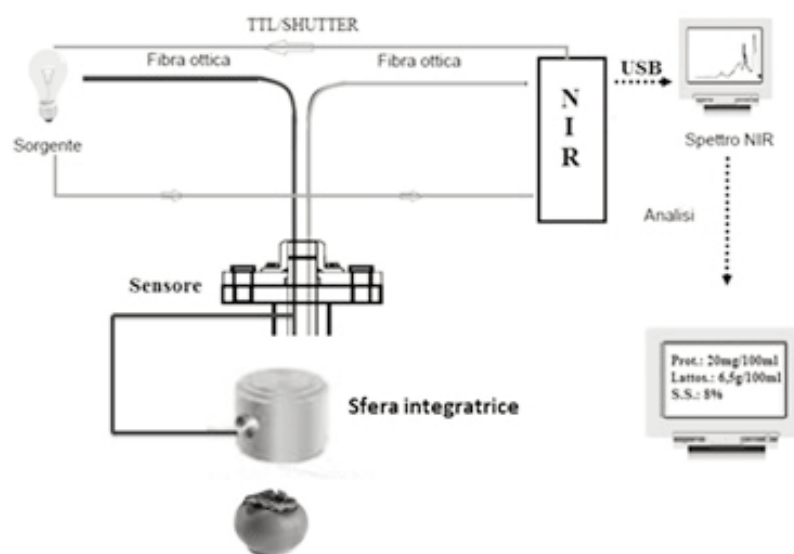


Figure 1. NIR spectrophotometer experimental layout.

Table 1. Performance of models expressed as RPD (Ratio of standard error of Performance to standard Deviation). Standard deviation of mean, as additional information, is shown in parentheses.

Model	Colour index (CI)	Firmness (FIR)	Soluble solids content (SSC)	Titratable acidity (TA)	Soluble tannins content (TAN)
PLS	5.09 (0.07)	5.18 (0.11)	3.25 (0.07)	4.34 (0.10)	5.46 (0.11)
PCR	9.23 (0.26)	10.18 (0.37)	7.15 (0.28)	7.87 (0.31)	8.91 (0.33)
STEP	3.51 (0.03)	2.45 (0.13)	1.27 (0.02)	2.14 (0.04)	2.28 (0.07)
SVM	2.89 (0.01)	2.39 (0.01)	1.44 (0.01)	2.34 (0.02)	2.54 (0.02)
ENSEMBLE	1.95 (0.03)	2.15 (0.05)	1.26 (0.02)	1.41 (0.02)	1.35 (0.03)

Conclusions

The results show the good performance of PCR and PLS models in predicting five quality parameters of kaki fruits subjected to spectroscopic analysis in VIS-NIR regions. The effectiveness of the prediction models makes available a nondestructive analysis methodology that proves reliable and accurate and is suitable for use in numerous agricultural and post-harvest applications.

Keywords: Precision farming, Quality assessment, Sensors, VIS-NIR analysis.

Bibliography

- Altieri G., et al. 2017. Models to improve the non-destructive analysis of persimmon fruit properties by VIS/NIR spectrometry. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(15), 5302–5310.
- Dale L. M., et al. 2013. Hyperspectral imaging applications in agriculture and agro-food product quality and safety control: A review. *Applied Spectroscopy Reviews*, 48(2), 142–159.
- Huang H., et al. 2008. Near infrared spectroscopy for on/in-line monitoring of quality in foods and beverages: A review. *Journal of Food Engineering*, 87(3), 303–313.
- Kalsoom T., et al. 2020. Advances in Sensor Technologies in the Era of Smart Factory and Industry 4.0. *MDPI*, 20(23)
- Matera A., et al. 2021. Improved spectrophotometric models and methods for the non-destructive and effective foodstuff parameters forecasting. *Acta Horticulturae*, 1311, 395–402.
- Yin E., et al. 2021. Soil sensors and Plant Wearables for Smart and Precision Agriculture. *Advance Materials*, 33(20).

Impiego della riflettanza VIS/NIR per la modellizzazione del potere antiossidante nello spinacio da industria alla raccolta. Confronto di modelli e individuazione delle zone più informative dello spettro

W. Polilli^{1,2*}, F. Stagnari², F. Trasmundi², F. Flammini², C. di Mattia², C. Platani¹, M. Dattoli¹, A. Galieni¹

¹Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria, Centro di Ricerca Orticoltura e Florovivaismo, Via Salaria, 1, 63077 Monsampolo del Tronto (AP)

²Dipartimento di Bioscienze e Tecnologie Agro-alimentari e Ambientali, Università degli Studi di Teramo, Via Renato Balzarini 1, 64100 Teramo

* walter.polilli@crea.gov.it

Introduzione

Lo spinacio è una specie ricca di molecole funzionali, tra cui vitamine, minerali, composti fenolici, etc. La contemporanea presenza di un adeguato potere antiossidante aiuta a conservare l'integrità strutturale di tali molecole durante la *shelf-life* del prodotto. La riflettanza vis/NIR può essere efficace per lo screening delle caratteristiche chimiche delle colture. Tuttavia, è necessario un attento lavoro analitico volto alla riduzione del rumore e/o delle informazioni ridondanti, presenti nello spettro. La *partial least square regression* (PLSR) e la *random forest* (RF) sono tecniche molto diffuse per la modellazione dei dati spettrali. Presentano infatti i vantaggi di poter gestire le multicollinearità e di fornire una valutazione quantitativa del contributo predittivo di ciascuna lunghezza d'onda, rendendo quindi possibile l'individuazione delle zone più informative dello spettro stesso. Sulla base di tali premesse, entrambe le tecniche sono state impiegate per la modellazione del potere antiossidante misurato su spinacio da industria alla raccolta.

Materiali e Metodi

Lo spinacio è stato coltivato in pieno campo da ottobre 2021 a gennaio 2022 e sottoposto a dosi crescenti di nutrizione azotata (0-250 kg N ha⁻¹), come riportato in dettaglio nell'esperienza C (Exp. C) di Stagnari et al. (2023). La riflettanza è stata acquisita su 142 foglie alla raccolta tramite clip fogliare, utilizzando lo spettroradiometro portatile FieldSpec® 4 Hi-Res (ASD Inc., Boulder, CO, USA) in modalità attiva. L'attività antiossidante dei campioni corrispondenti è stata determinata in laboratorio con metodo *ferric reducing antioxidant power* – FRAP (Oyaizu, 1986).

L'eliminazione degli *outliers* ha ridotto il numero degli spettri (128) poi processati con il filtro Savitzky–Golay per ridurre le discontinuità locali (potenziali fonti di errore e rumore).

Al fine di esporre il risultato della PLSR come distribuzione della probabilità di ottenere certe performance previsionali (riducendo la possibilità di presentare risultati non riproducibili), il passaggio di split del database in 70% calibrazione (training del modello) e 30% validazione (test del modello su dati "indipendenti") è stato iterato 100 volte. RF incorpora già l'operazione di bootstrapping che assicura che il risultato presentato non sia frutto di combinazioni fortuite. L'attitudine predittiva è stata espressa come coefficiente di determinazione (R^2) e scarto quadratico medio normalizzato alla deviazione standard delle osservazioni sulla variabile di risposta ($RMSE\sigma$), per confrontare modelli da database differenti. L'elaborazione dati è stata condotta con R software (R Core Team, 2022).

Risultati

I modelli prodotti dalla PLSR hanno mostrato una maggiore attitudine nella predizione del FRAP rispetto alla RF (Tabella 1). La successiva analisi delle lunghezze d'onda rilevanti nei due approcci mostra un certo livello di sovrapposibilità (Figura 1). In particolare, le due lunghezze d'onda più impor-

tanti nel modello RF (589 e 1569 nm), se tenute in considerazione le correzioni per la risoluzione del sensore, sono presenti anche nell'insieme delle lunghezze d'onda importanti per tutte le 100 iterazioni della PLSR. Ad ulteriore conferma del valore informativo di tali zone dello spettro, dalla costruzione di tutti i possibili indici di vegetazione (Simple Ratio), l'indice R_{589}/R_{1569} ottiene un R^2 di 0.54. Emerge inoltre, che il *top performer* tra gli indici, ovvero R_{1400}/R_{570} ($R^2 = 0.59$) si trova in una banda non troppo distante da quelle precedentemente menzionate.

Tabella 1. Performance dei modelli predittivi per unità di FRAP ottenuti con iterazioni della PLSR (IterPLS) e RF. Nel caso della IterPLS il risultato corrisponde a media \pm deviazione standard (σ) in quanto rappresentativo di una distribuzione di probabilità.

IterPLS	$R^2 \pm \sigma(R^2)$	0.65 ± 0.07
	$RMSE\sigma \pm \sigma(RMSE\sigma)$	0.60 ± 0.07
Random Forest	R^2	0.53
	$RMSE\sigma$	0.68

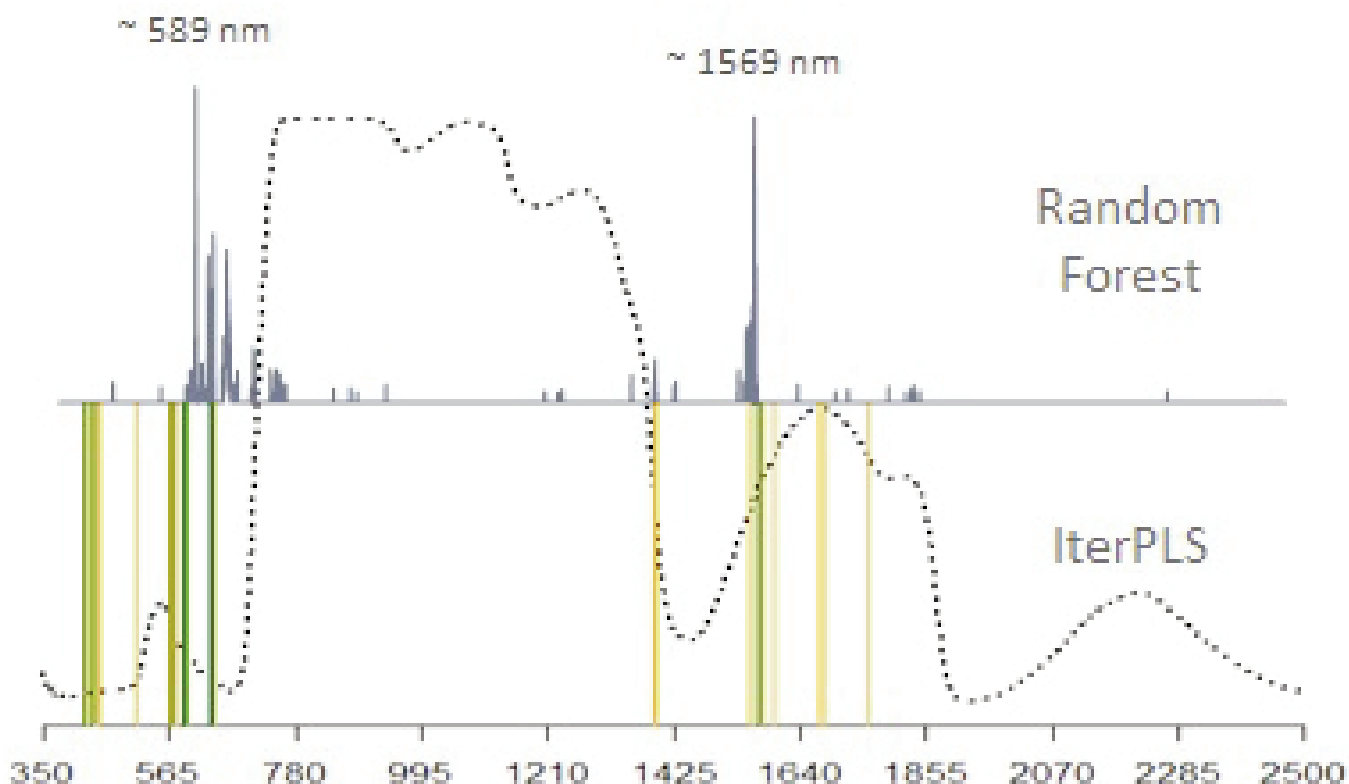


Figura 1. Rappresentazione delle bande rilevanti per la produzione dei modelli predittivi per FRAP. Random Forest, in alto, mostra la caduta dell'indice di disuguaglianza allo split nel nodo corrispondente. IterPLS, in basso, mostra l'occorrenza delle specifiche lunghezze d'onda tra quelle importanti in almeno 90 modelli su 100 (giallo) e in 100 modelli su 100 (verde). Linea tratteggiata: valore medio dello spettro di riflettanza, inserito per contestualizzare le bande evidenziate.

Conclusioni

La previsione del potere antiossidante di spinacio da industria risulta possibile attraverso dati di riflettanza spettrale. La PLSR risulta più performante della RF; tramite l'analisi delle *features* più rilevanti, combinata con l'analisi della correlazione con gli indici di vegetazione, è stato possibile rilevare zone dello spettro particolarmente informative, sulla base delle quali sarà possibile migliorare e semplificare il metodo di screening.

Parole chiave: Potere antiossidante, Spinacio, VIS/NIR.

Bibliografia

- Stagnari, F., Polilli, W., Campanelli, G., Platani, C., Trasmundi, F., Scortichini, G. and Galieni, A. (2023). 'Nitrate Content Assessment in Spinach: Exploring the Potential of Spectral Reflectance in Open Field Experiments' *Agronomy* 13(1) 193. doi: 10.3390/agronomy13010193
- Oyaizu, M. (1986) 'Studies on products of browning reaction: antioxidative activity of products of browning reaction prepared from glucosamine' *Japan Journal of Nutrition* 44, 307–315. doi: 10.5264/eiyogakuzashi.44.307
- R Core Team (2022). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>

Questa ricerca è stata finanziata da “Ministero dell’agricoltura, della sovranità alimentare e delle foreste (Masa)”, progetto “AgriDigit”, sotto progetto “Tecnologie digitali integrate per il rafforzamento sostenibile di produzioni e trasformazioni agroalimentari (AgroFiliere)” [DM 36503.7305.2018 of 20 December 2018]

Contenimento dei nitrati in rucola attraverso l'uso della modellistica e sensori ottici di fluorescenza per la concimazione azotata di precisione

M. Sodini¹, S. Cacini², C. Cinelli³, F. Scotto Di Covella⁴, L. Tuccio⁵, A. Venezia⁴, D. Massa^{4*}

¹Dipartimento di Scienze agroalimentari, ambientali e animali, Università di Udine, Udine

²CREA Centro di ricerca Orticoltura e Florovivaismo, Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria, Pescia (PT)

³ Centro di Ricerca in Produzioni Vegetali, Scuola Superiore Sant'Anna, San Giuliano Terme (PI)

⁴CREA Centro di ricerca Orticoltura e Florovivaismo, Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria, Pontecagnano-Faiano (SA)

⁵IFAC Istituto di Fisica Applicata 'Nello Carrara', Consiglio Nazionale delle Ricerche, Sesto Fiorentino (FI)

* daniele.massa@crea.gov.it

La rucola è una specie molto sensibile alla concimazione azotata e una gestione errata di questo nutriente si può ripercuotere negativamente sulle rese e sull'accumulo dei nitrati nel prodotto finale. La Piana del Sele (Regione Campania) è la più importante zona di produzione della rucola in Europa dove questa coltura viene praticata in serre-tunnel a contenuta tecnologia. Il presente lavoro mostra i risultati dello sviluppo di un protocollo per la concimazione azotata della rucola. Esso si basa su un approccio integrato che prevede lo sviluppo di un modello di simulazione delle asportazioni di azoto e di un monitoraggio della coltura tramite un sensore ottico che verifica lo stato azotato della pianta attraverso indici vegetazionali di fluorescenza (NBI, *nitrogen balanced index*). I dati sperimentali sono stati raccolti su rucola (*Diplotaxis tenuifolia*) coltivata in contenitori (con 5 livelli di azoto) per la determinazione della concentrazione ottimale di azoto nei tessuti e in condizioni operative (serra commerciale) per la calibrazione e la validazione del modello. Le piante sono state seminate nella stagione 2021-2023 e durante i vari sfalci sono stati analizzati i dati sulla biomassa raccolta. Ad ogni sfalcio, la biomassa fresca e secca è stata misurata in triplicato e l'azoto nitrico e totale analizzati negli organi eduli. La temperatura e la radiazione dell'aria sono state utilizzate come principali variabili guida del modello. I dati sperimentali raccolti hanno permesso di stabilire un valore soglia di azoto nei tessuti della pianta usato per il calcolo delle asportazioni e per la diagnosi precoce di carenze tramite indice NBI. L'analisi statistica dei dati ha confermato un'elevata capacità del modello di prevedere la crescita delle piante e il fabbisogno di azoto e del sensore ottico di monitorarne lo stato nutrizionale azotato, mostrando R^2 tra dati predetti e misurati compresi tra 87% e 97% tra i diversi parametri analizzati.

Parole chiave: Fluorimetro, nitrogen balanced index NBI, Ortaggi da foglia, Serra mediterranea.

Questa ricerca è stata finanziata dal Ministero dell'Università e della Ricerca (MUR), progetto "Conservabilità, qualità e sicurezza dei prodotti ortofruitticoli ad alto contenuto di servizio - ARS01_00640 – POFACS", D.D. 1211/2020 e 1104/2021.

Valutazione della qualità delle fragole mediante spettrofotometro portatile e tecniche di *machine learning*

R. Ciccoritti¹, P. Ferrante¹, R. Ciorba¹, G. Roccuzzo², T. Amoriello³

¹ Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria, Centro di ricerca Olivicoltura, Frutticoltura e Agrumicoltura Sede Via di Fioranello 52, 00134 Roma

² Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria, Centro di ricerca Olivicoltura, Frutticoltura e Agrumicoltura Sede C.so Savoia, 190, 95024 Acireale (CT)

³ Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria, Centro di ricerca Alimenti e Nutrizione, Via Ardeatina 546, 00178 Roma

* roberto.ciccoritti@crea.gov.it

Introduzione

La fragola (*Fragaria* × *ananassa Duch.*) è uno dei principali piccoli frutti consumati ed una delle colture più redditizie dal punto di vista economico. È molto apprezzata dai consumatori grazie al suo profilo nutraceutico e sensoriale. La determinazione dei parametri chimico-fisici che consentano la valutazione qualitativa dei frutti è cruciale sia nel processo di selezione varietale che dal punto di vista merceologico. Tuttavia, la determinazione di tali descrittori mediante tecniche analitiche classiche non è sempre applicabile durante tutte le fasi della filiera produttiva, in quanto le analisi sono distruttive, *time consuming*, richiedono personale specializzato e spesso non sono sostenibili dal punto di vista ambientale. L'utilizzo di spettrofotometri accoppiati a tecniche chemiometriche per la predizione delle caratteristiche qualitative dei frutti permette di superare i limiti delle analisi tradizionali. Pertanto, è stato utilizzato un colorimetro portatile per valutare la qualità di differenti campioni di fragole e di sviluppare modelli che consentissero la predizione di parametri chimico fisici quali la compattezza del frutto (FF), il contenuto in solidi solubili totali (TSS), l'acidità titolabile (TA), il contenuto in fenoli totali (TPC), il contenuto in antociani monomerici totali (TMA) e l'attività antiossidante (AA).

Materiali e Metodi

Il presente studio è stato sviluppato su 7 varietà di fragola (Albion, Cabrillo, Favette, Irma, Monterey Portola, Sant Andreas) raccolte a maturazione commerciale e coltivate presso i campi sperimentali del "Centro Appenninico del Terminillo Carlo Jucci", dell'Università degli Studi di Perugia, di Rieti. Tutte le varietà sono state allevate seguendo la stessa pratica agronomica ed un set di 114 frutti selezionati per forma, colore e assenza di difetti è stato considerato per la determinazione dei parametri chimico-fisici.

La compattezza del frutto, il contenuto in solidi solubili totali, l'acidità titolabile, il contenuto in fenoli totali, il contenuto in antociani monomerici totali e l'attività antiossidante sono stati determinati come riportato da Amoriello et al. (2022).

I dati colorimetrici sono stati ottenuti usando le coordinate spazio colore CIELab misurate con un colorimetro portatile (Chroma Meter CR-200; Minolta, Milano, Italia). Le reti neurali artificiali (ANN), una delle principali tecniche di *machine learning*, sono state applicate per sviluppare i modelli di predizione utilizzando diverse topologie sull'intero dataset, dividendo il set di dati in *training set* (80% dei campioni) e *test set* (20% dei campioni) (Amoriello et al., 2022). La bontà dei modelli di previsione ottenuta dalle varie topologie ANN per ciascuna variabile di *output* è stata valutata utilizzando quattro parametri statistici: il coefficiente di determinazione (R^2), l'errore medio assoluto (MAE), l'errore quadratico medio (RMSE) e l'errore standard relativo (RSE).

Risultati

La Tabella 1 riporta i dati medi, deviazione standard (SD), valore minimo e valore massimo dei parametri chimico-fisici investigati nelle 7 varietà di fragola oggetto del presente lavoro evidenziando una buona variabilità del dataset.

Tabella 1. Dati medi, deviazione standard (SD), valore minimo e valore massimo dei parametri analizzati

Parametro	Media \pm DS	Minimo	Massimo
FF (N)	82 \pm 19	46	148
TSS (g/100g FW)	9.5 \pm 2.5	5.4	13.8
TA (g MA/100g FW)	9.2 \pm 2.1	1.7	14.7
TPC (mg GAE/100g FW)	355 \pm 112	183	420
AA (μ g TE/mg FW)	3.2 \pm 0.4	2.2	3.9
TMA (mg CGE/100g FW)	25 \pm 13	5	57

In generale è stata osservata una buona concordanza tra i dati sperimentali e quelli predetti usando le reti neurali (Tabella 2), anche se il modello predittivo per compattezza del frutto non è altamente soddisfacente ($R^2=0.739$ e $R^2=0.755$ per la *training set* e il *test set*, rispettivamente). Considerando tutte le metriche per la determinazione della bontà dei modelli, una elevata accuratezza in previsione è stata osservata in particolare per gli antociani monomerici totali e l'attività antiossidante. Inoltre, promettenti sembrano essere anche i modelli di predizione per i fenoli totali e per l'acidità titolabile.

Tabella 2. Reti neurali: architettura, metrica delle regressioni e analisi dei residui per i modelli sviluppati

	Neural network typologies	Activation Function		Training set				Test set			
		Hidden neurons	Output neurons	R^2	RMSE	MAE	RSE	R^2	RMSE	MAE	RSE
FF	MLP (3-5-1)	Logistic	Identity	0.739	8.857	0.609	10.0	0.755	8.027	1.263	11.2
TSS	MLP (3-7-1)	Tanh	Logistic	0.821	0.967	0.031	10.3	0.749	1.176	0.046	13.3
TA	MLP (3-9-1)	Logistic	Exp	0.791	0.756	0.042	8.2	0.852	0.720	0.069	7.6
TPC	MLP (3-8-1)	Logistic	Logistic	0.842	39.054	4.161	11.4	0.885	37.870	14.033	9.6
AA	MLP (3-9-1)	Logistic	Tanh	0.925	0.118	0.011	3.7	0.906	0.147	0.058	4.6
TMA	MLP (3-4-1)	Tanh	Exp	0.805	4.883	0.471	19.5	0.943	3.575	1.269	13.0

Conclusioni

Il presente studio ha dimostrato la possibilità di valutare il contenuto di composti specifici riuscendo a sviluppare modelli promettenti, non dipendenti dalla cultivar, utilizzando uno spettrofotometro portatile a basso costo.

Ulteriori indagini, basate su un maggior numero di campioni di fragole e di cultivar, potranno essere effettuate per migliorare la capacità di predizione dei modelli proposti e sfruttare maggiormente la capacità di apprendimento iterativo della tecnica di *machine learning* proposta.

Parole chiave: Antiossidanti, Colorimetro, Parametri chimico-fisici, Reti neurali artificiali

Bibliografia

Amoriello, T., Ciccoritti, R. and Ferrante, P. (2022) 'Prediction of strawberries' quality parameters using artificial neural networks' *Agronomy*, 12(4), 963. doi: 10.3390/agronomy12040963

Modellizzazione quali-quantitativa della produzione di rucola selvatica (*Diplotaxis tenuifolia* L.) tramite sensori prossimali

A. Burato^{1,*}, A. Di Serio², V. Alfano², R. Cavaliere², F. Zoccoli², M. Parisi¹, D. Cammarano³, E. De Falco², P. Di Benedetto⁴, D. Ronga²

¹Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria, Centro di Ricerca Orticoltura e Florovivaismo, Via Cavalleggeri 25, 84089 Pontecagnano Faiano (SA)

²Dipartimento di Farmacia, Università degli Studi di Salerno, Via Giovanni Paolo II 132, 84084 Fisciano (SA)

³Dipartimento di Agroecologia, iClimate, CBIO, Università di Aarhus, Tjele, 8830, Danimarca

⁴Associazione Nazionale Tecnici Specialisti in Agricoltura (ANTESIA), Piazza Farina 12, 84091 Battipaglia (SA)

* andrea.burato@crea.gov.it

Introduzione

La produzione italiana di rucola selvatica (*Diplotaxis tenuifolia* L.), coltura di spicco tra le *baby leaf*, è concentrata prevalentemente nella Piana del Sele (SA, Campania), che ha recentemente ottenuto il riconoscimento del marchio IGP (<https://www.rucoladellapianadelsele.com/marchio-igp/>). Tuttavia, il crescente costo dei mezzi tecnici e i recenti aumenti nel consumo di prodotti di IV gamma rendono necessaria una forte innovazione agronomica. Il presente lavoro ha l'obiettivo di sviluppare una modalità di rapida stima della produttività e della qualità del prodotto, tramite il monitoraggio dei tunnel di coltivazione con sensori prossimali di facile utilizzo.

Materiali e Metodi

Nel presente studio, svolto presso un'azienda produttiva a Pontecagnano (SA), caratterizzata da terreno franco-argilloso, sono stati monitorati, nel periodo primaverile-estivo del 2022, 3 tunnel (T6, T12, T18) contenenti ciascuno 5 baule da 50 m. La semina di rucola (varietà Rewind, Maraldi Sementi S.R.L.) è stata effettuata in data 11/06/22 mediante seminatrice meccanica, con densità di 1400 semi m⁻². La raccolta meccanizzata è stata effettuata in 2 tagli.

A partire dalla semina fino all'ultimo taglio, in 15 punti sulla baula centrale di ogni tunnel, sono stati condotti rilievi con cadenza di 10 giorni su: contenuto volumetrico di acqua nel suolo (CVS; Field Scout TDR-100, Spectrum Technologies Inc.), radiazione solare (RAD; Decagon PYR, Meter Group Inc.), contenuto di clorofilla (ChlM; MPM-100, ADC BioScientific Ltd.), temperatura fogliare (T; FLIR Ex-series) e indice NDVI (Apogee NDVI/PRI, Meter Group Inc.).

Al momento della raccolta, sono state individuate 15 aree di 0,16 m² per tunnel per la determinazione del peso fresco PF e 3 aree per il contenuto di nitrati fogliari NITR (LAQUAtwin NO3-11, Horiba Advanced Techno Co. Ltd.).

I dati sono stati sottoposti ad analisi della varianza (ANOVA), con test di Duncan per la separazione delle medie ($p < 0,05$), e ad analisi di regressione lineare multipla tramite IBM SPSS Statistics.

Risultati

Il monitoraggio effettuato tramite sensori prossimali ha evidenziato un'influenza del taglio su CVS, RAD, T e NITR ($p < 0,001$), oltre a ChlM, NDVI e PF ($p < 0,01$). In particolare, per quanto riguarda il peso fresco, sono stati osservati valori mediamente superiori alla prima raccolta (914.44 g m⁻²) rispetto alla seconda (702.04 g m⁻²). Inoltre, in entrambi i tagli è stato osservato un effetto significativo del tunnel sui parametri ambientali, in termini di RAD, CVS e T.

Sulla base dei rilievi fisiologici effettuati in prossimità dei due tagli, tramite analisi di regressione e

sulla base 1) del coefficiente R^2_{adj} , 2) dell'errore quadratico medio relativo (RRMSE) e 3) del numero di regressori, sono stati individuati due modelli, rispettivamente per PF (Eq. 1) e NITR (Eq. 2), che hanno fornito una soddisfacente capacità predittiva. Di seguito, sono espresse le equazioni delle rette di regressione:

$$PF [g m^{-2}] = i - a \times ChlM + b \times \sqrt{\frac{NDVI}{1 - NDVI}} \quad [Eq. 1]$$

$$NITR [ppm] = i + a \times T^2 \times \log_{10}(T) - b \times \sqrt[3]{ChlM^2} \quad [Eq. 2]$$

Tabella 1. Indici di valutazione e parametri dei modelli regressivi lineari sviluppati per simulare il peso fresco (PF) e il contenuto fogliare di nitrati (NITR) in rucola, in funzione di variabili rilevate tramite sensori prossimali (sensore NDVI/PRI, termocamera, MPM-100) al momento della raccolta.

Variabile	R^2	R^2_{adj}	RRMSE	EF	CRM	Sign.	Intercept (i)	a	b
PF	0.822	0.798	8.315	0.822	0	0	358.288	-805.091	162.192
NITR	0.687	0.646	11.719	0.68	0	0	3181.508	1.626	-6829.027

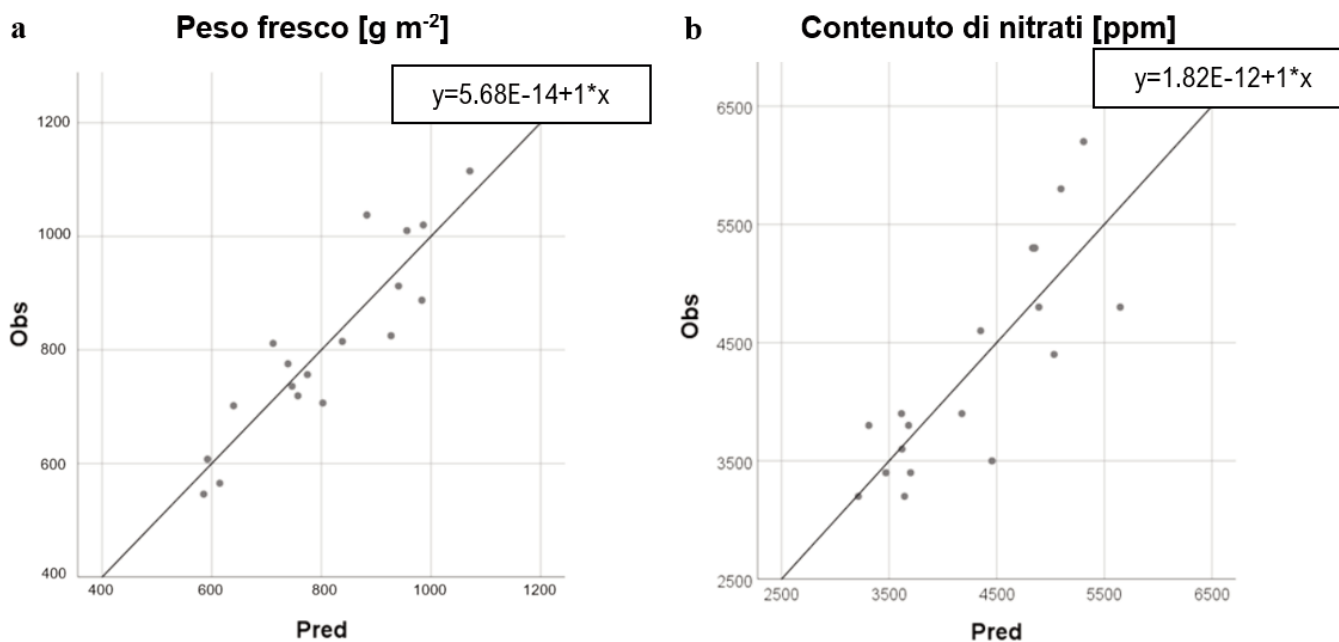


Figura 1. Grafici dei valori simulati (asse X) contro i valori osservati (asse Y) per a) il peso fresco [$g m^{-2}$] e b) il contenuto fogliare di nitrati [ppm], comprensivi della relativa retta di regressione.

Conclusioni

Il presente lavoro ha fornito interessanti risultati riguardo il potenziale utilizzo di sensori prossimali di semplice utilizzo in una coltivazione di rucola. L'impiego di questi strumenti per il monitoraggio dei parametri fisiologici e ambientali su un intero ciclo colturale di rucola ha permesso di individuare due validi modelli preliminari per la stima del peso fresco e del contenuto fogliare di nitrati. Tali modelli, seppur siano in grado di predire con un solo giorno di anticipo le variabili di interesse, possono essere già impiegati utilmente dalle aziende per l'ottimizzazione della logistica degli ordini. Tuttavia, ulteriori studi sono necessari per validare i modelli su diversi cicli colturali e tramite rilievi fisiologici precoci.

Parole chiave: *Baby leaf*, Clorofilla, NDVI, Termocamera, Modelli regressivi.

Utilizzo di strumenti per analisi non distruttive nelle valutazioni qualitative di efficacia di biostimolanti su piante orticole

A. Petrini*, V. Cavallaro, G. Franzoni, G. Cocetta, A. Ferrante

Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali, Università di Milano, Via Celoria 2, 20133 Milano, Italia

* alice.petrini@unimi.it

Introduzione

I biostimolanti sono mezzi tecnici regolamentati dal Regolamento europeo sui fertilizzanti Reg. (UE) 2019/1009 che ha posto l'accento sull'importanza della definizione dell'effetto del prodotto. Per consentire una valutazione dell'efficacia dei prodotti in campo è possibile l'utilizzo di strumenti come i fluorimetri portatili, che misurando la fluorescenza della clorofilla *a* permettono di capire quanta energia venga impiegata dall'apparato fotosintetico, o i dispositivi di tipo Multi-Pigment-Meter che sfruttando l'emissione di fasci di diversa lunghezza d'onda permettono di stimare parametri come il contenuto in clorofilla, flavonoli e antociani.

Materiali e Metodi

La misurazione della fluorescenza della clorofilla *a* e dei pigmenti con sistemi non distruttivi è stata utilizzata per valutare l'efficacia di tre prodotti biostimolanti, BS-1, BS-2 e BS-3, tramite l'utilizzo di un fluorimetro portatile Handy PEA (Hansatech, UK) e un Multi-Pigment-Meter MPM-100 (ADC BioScientific Ltd., UK).

I trattamenti sono stati effettuati su piante di rucola selvatica (*Diplotaxis tenuifolia* L.) coltivata in vaso in ambiente protetto in condizioni di nutrizione ottimali. I prodotti, rispettivamente a base di estratto di alga, aminoacidi e idrolizzati proteici vegetali, sono stati applicati per due volte seguendo le dosi riportate in etichetta, ovvero 3, 15 e 5 mL/L. Le misure sono state effettuate a 48 e 72 h successive al trattamento. I dati relativi alla curva d'induzione della fluorescenza sono stati utilizzati per calcolare gli indici derivati (JIP test).

Risultati

La Figura 1 presenta i principali indici relativi alla fluorescenza della clorofilla *a* dei diversi trattamenti. Nonostante le piante fossero in condizioni ottimali e pertanto gli indici relativi allo stato di salute del fotosistema II non abbiano presentato differenze, è stato possibile evidenziare alcune differenze significative tra i trattamenti: a 48 e 72 h le piante trattate con BS-3 e BS-2 presentavano livelli inferiori di dissipazione dell'energia (DIO/RC) e le piante trattate con il biostimolante BS-3 hanno mostrato i valori più alti di Performance Index (PI). Questi indici derivati possono consentire di capire come e dove agiscono i biostimolanti a livello di assorbimento e trasferimento dell'energia luminosa nelle foglie.

L'analisi con l'MPM ha confermato l'effetto positivo di BS-3 e BS-2, come illustrato nella Tabella 1: a 72h, il trattamento BS-3 ha promosso l'accumulo di flavonoli e di antociani, mentre BS-2 ha promosso l'accumulo di clorofilla. Il valore di NFI a 72h delle piante trattate con BS-3 presentava valori inferiori, probabilmente dovuti alla attivazione del metabolismo primario e secondario.

Conclusioni

I metodi non distruttivi presentano diversi vantaggi, come la rapidità nel valutare gli effetti dei trattamenti e la facilità di esecuzione. In questa prova, gli strumenti basati sulla misura della fluorescenza

della clorofilla *a* hanno permesso di effettuare un rapido screening sulle performance dei biostimolanti, evidenziando la maggiore efficacia in termine di stimolazione del metabolismo primario e secondario del prodotto BS-3. Tali strumenti, in virtù della loro portabilità, rappresentano una ottima soluzione per l'impiego sul campo in un'ottica di valutazione di efficacia dei dosaggi dei prodotti o per valutare la necessità di interventi mirati in caso di stress abiotici.

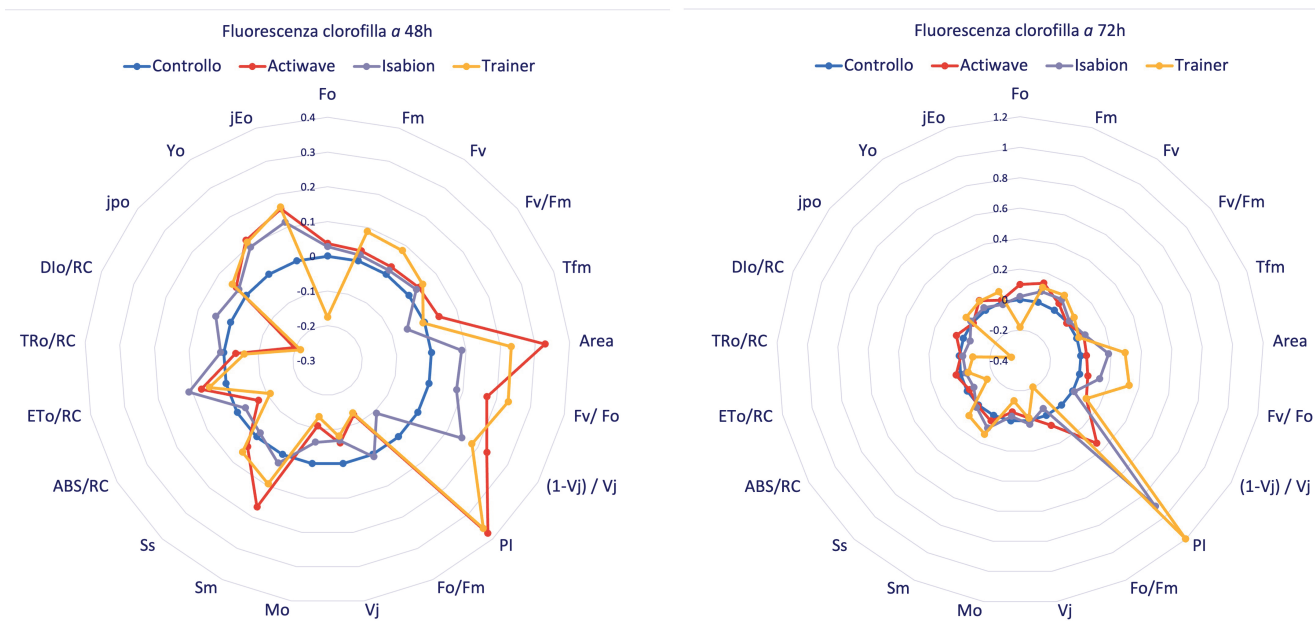


Figura 1. Fluorescenza della clorofilla *a* delle foglie di rucola selvatica trattate con acqua (Controllo) e biostimolanti BS-1, BS-2 e BS-3 ai due tempi di campionamento, 48 e 72h. I valori sono medie \pm SE ($n = 10$). I dati sono stati analizzati con ANOVA a due vie. I valori riportati in grafico sono i principali parametri della fluorescenza normalizzati con la formula: $(F_t - F_c)/F_c$, dove “ F_t ” and “ F_c ” rappresentano i parametri delle piante trattate e piante di controllo. I valori delle piante “ F_c ” sono stati normalizzati a 0 (piante controllo, cerchio azzurro = 0).

Tabella 1. Parametri ottenuti tramite lo strumento MPM-100 delle foglie di rucola selvatica trattate con acqua (Controllo) e i biostimolanti BS-1, BS-2 e BS-3 ai due tempi di campionamento, 48 e 72h. I valori sono medie \pm SE ($n = 10$). I dati sono stati analizzati con ANOVA a due vie e le differenze tra le medie sono state determinate usando il test di Šídák. Le lettere diverse rappresentano differenze significative tra i trattamenti. Nella colonna relativa al contenuto di flavonoli, le differenze significative per ciascun tempo sono state evidenziate usando lettere diverse (minuscole 48h, maiuscole 72h).

Trattamento	Contenuto in clorofilla	Contenuto in antociani	Contenuto in flavonoli	Indice Nitrogen/Flavonol
Controllo 48h	0.5253 \pm 0.03410 bc	0.036 \pm 0.008055 d	0.38 \pm 0.04550 b	1.65 \pm 0.1182 a
Controllo 72h	0.4257 \pm 0.04216 bc	0.072 \pm 0.01263 cd	0.448 \pm 0.02923 B	0.875 \pm 0.06270 bc
BS-1 48h	0.4429 \pm 0.02756 bc	0.136 \pm 0.01087 b	0.5267 \pm 0.04073 a	0.9264 \pm 0.08349 bc
BS-1 72h	0.5929 \pm 0.04088 ab	0.1157 \pm 0.01131 bc	0.5253 \pm 0.03769 AB	1.121 \pm 0.1044 abc
BS-2 48h	0.4829 \pm 0.03854 bc	0.05077 \pm 0.009161 d	0.442 \pm 0.03675 ab	1.236 \pm 0.1275 abc
BS-2 72h	0.765 \pm 0.1016 a	0.1867 \pm 0.03422 ab	0.5073 \pm 0.03412 AB	1.223 \pm 0.1294 ab
BS-3 48h	0.5073 \pm 0.04832 bc	0.07692 \pm 0.009896 cd	0.4885 \pm 0.03528 ab	1.128 \pm 0.1135 abc
BS-3 72h	0.3914 \pm 0.03622 c	0.2283 \pm 0.02428 a	0.6153 \pm 0.04390 A	0.7413 \pm 0.09045 c

Parole chiave: Biostimolanti, Flavonoli, Fluorescenza clorofilla *a*, Orticoltura.

Bibliografia

- Chukhutsina, V.U., Holzwarth, A.R. and Croce, R. (2019) 'Time-resolved fluorescence measurements on leaves: principles and recent developments', *Photosynthesis Research*, 140(3), 355–369. doi: 10.1007/s11120-018-0607-8
- Cocetta, G., Landoni, M., Pilu, R., Repiso, C., Nolasco, J., Alajarin, M., Ugena, L., Levy, C.C.B., Scatolino, G., Villa, D. and Ferrante A. (2022) 'Priming treatments with biostimulants to cope the short-term heat stress response: a transcriptomic profile evaluation', *Plants* 11, 1130. doi: 10.3390/plants11091130
- Franzoni, G., Bulgari R. and Ferrante, A. (2021) 'Maceration time affects the efficacy of borage extracts as potential biostimulant on rocket salad', *Agronomy*, 11, 2182. doi: 10.3390/agronomy11112182
- Gorbe, E. and Calatayud, A. (2012) 'Applications of chlorophyll fluorescence imaging technique in horticultural research: A review' *Scientia Horticulturae*, 138, 24–35. doi: 10.1016/j.scienta.2012.02.002
- Strasser, R.J., Srivastava, A. and Tsimilli-Michael, M. (2004) 'Analysis of the fluorescence transient as a tool to characterize and screen photosynthetic samples'. Chlorophyll *a* fluorescence: a signature of photosynthesis, 443–480 doi: 10.1007/978-1-4020-3218-9_12

Sessione 4

Tecniche digitali applicate alla gestione della difesa

UP-TRAPS L'Intelligenza Artificiale per il monitoraggio fitosanitario automatizzato e lo sviluppo di modelli predittivi per il controllo sostenibile degli agroecosistemi

R. Ascolese^{1,2}, G. Langella³, F. Nugnes²

¹ *Dipartimento di Biologia, Università degli Studi di Napoli Federico II*

² *Istituto per la Protezione Sostenibile delle Piante, Consiglio Nazionale delle Ricerche (IPSP-CNR)*

³ *Dipartimento di Agraria, Università degli Studi di Napoli Federico II*

Introduzione

I repentini cambiamenti climatici degli ultimi anni hanno reso le attività di gestione fitosanitaria sempre più difficoltose. Ciò è particolarmente evidente per il controllo dei fitofagi, il cui ciclo è influenzato dall'aumento delle temperature medie e dall'irregolarità delle precipitazioni. Pertanto, i periodi di sviluppo e di volo di molte specie non coincidono più con i dati biologici della letteratura. Un esempio di tale fenomeno è rappresentato dalla mosca mediterranea della frutta *Ceratitis capitata* le cui popolazioni sono incrementate comportando una recrudescenza dei danni sulle colture e conseguenti perdite economiche. In passato, varie strategie di cattura massale e l'uso di pesticidi avevano consentito il controllo di *C. capitata*; tuttavia, queste tattiche non risultano più efficaci né sostenibili nel contesto di un'agricoltura improntata all'ecosostenibilità. Inoltre, le attività antropiche, quali il commercio e i viaggi, hanno modificato le barriere ecologiche, contribuendo alla diffusione di specie esotiche in nuovi territori. Un evento simile si è verificato recentemente in Campania, con il ritrovamento della mosca orientale della frutta *Bactrocera dorsalis*. A causa della sua elevata polifagia, *B. dorsalis* figura tra i 20 organismi da quarantena prioritari per l'UE. La sua notevole capacità di adattamento ecologico la rende potenzialmente in grado di insediarsi e diffondersi anche nel territorio italiano. In questo scenario, è quindi importante affrontare nuovi studi basati sull'impiego dell'intelligenza artificiale per predisporre metodi di monitoraggio e di controllo innovativi.

Materiali e Metodi

Il progetto è incentrato sullo studio di *C. capitata* per aggiornare i dati del suo ciclo biologico e valutare come questa specie possa reagire all'invasione di *B. dorsalis*. È stata quindi allestita una rete di monitoraggio con trappole tradizionali ed e-traps (prototipo BugBox fornita dalla SbS Group) (Fig.1A). Il sistema di riconoscimento automatizzato è stato messo a punto e addestrato attraverso metodi di Deep Learning; in dettaglio, generazione di ground truth e labelling di feature specie-specifiche. I campi sperimentali sono stati scelti in funzione della presenza delle specie di interesse, alcuni dei quali caratterizzati da infestazione attiva di *B. dorsalis*. Sono state installate anche centraline smart per misurare ad alta frequenza temporale l'andamento agrometeorologico atmosferico e del suolo (Fig.1B). Per la realizzazione del modello predittivo saranno testate diverse tipologie di approcci computazionali di Machine Learning (tra cui Artificial Neural Network). Gli input principali inseriti comprenderanno i dati agrometeorologici (es. gradi giorno) e presenza/assenza dei fitofagi.

Risultati attesi

Attualmente sono in fase di sviluppo algoritmi programmati in PyTorch al fine di migliorare e addestrare il sistema di riconoscimento delle e-trap. L'output atteso è la previsione delle generazioni dei fitofagi con relativi stadi di sviluppo, fondamentali per la realizzazione di nuovi modelli deterministici e statistici per la convalida di un sistema di supporto decisionale per la gestione sia di *C. capitata* sia di *B. dorsalis* (Fig. 2).

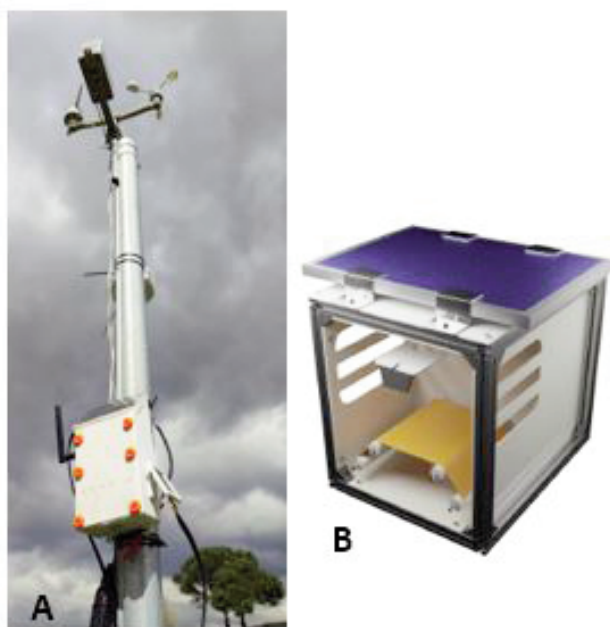


Figura 1. A) Stazione per la raccolta dati agro-meteo. B) Prototipo di e-trap BugBox fornita da SbS Group

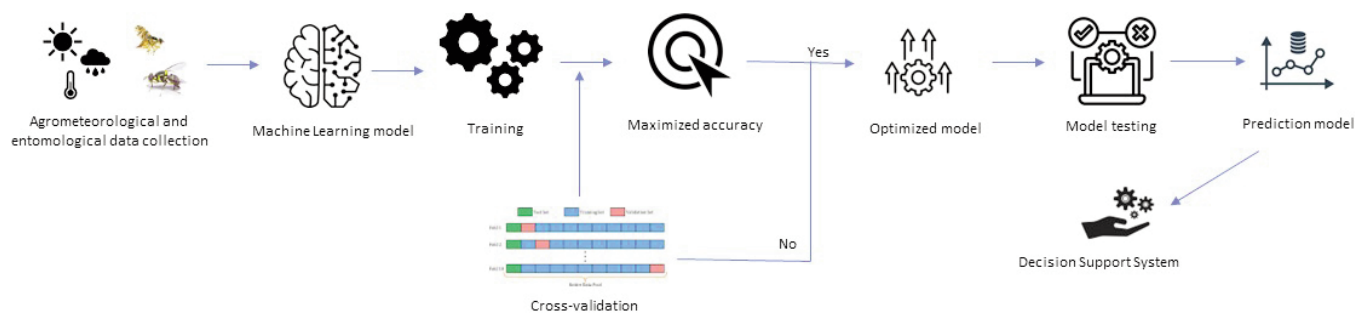


Figura 2. Interpolazione dati entomologici e agro-meteo per la convalida di sistemi di supporto decisionale.

Conclusioni

Il monitoraggio dei fitofagi con l'impiego di trappole elettroniche altamente specifiche può indurre la gestione fitosanitaria a livelli più esaustivi in quanto offre un controllo più efficiente e preciso. Inoltre, l'elaborazione incrociata con i dati meteo e l'aggiornamento del ciclo vitale dei fitofagi è essenziale per la messa a punto di modelli previsionali e per introdurre sistemi di allerta avanzati all'interno di programmi IPM eco-sostenibili. Motivo per cui tale progetto mira a soddisfare la necessità di un'agricoltura che riduca al minimo l'uso di pesticidi e sostenga l'uso di tecniche agronomiche alternative.

Parole chiave: *Bactrocera dorsalis*, Cambiamenti climatici, *Ceratitis capitata*, Gestione integrata dei parassiti (IPM), Trappole elettroniche.

Strategie avanzate di biocontrollo in IPM mediante sistemi di intelligenza artificiale: una prospettiva sostenibile

A. Lovazzano*

Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Agro-Ambientali, Università di Pisa, Via del Borghetto 80, 56124 Pisa

* andrea.lovazzano@phd.unipi.it

Introduzione

L'agricoltura contribuisce fortemente alla produzione economica mondiale. A causa dei cambiamenti climatici, del rapido aumento della crescita della popolazione e delle preoccupazioni sulla sicurezza alimentare, diversi operatori della filiera sono alla ricerca di approcci innovativi per salvaguardare i raccolti e tutelare al contempo ambiente, operatori e consumatori.

Le avversità impattano significativamente nel limitare i raccolti e tra il 20 ed il 40 % delle produzioni vengono perse ogni anno a livello mondiale (FAO, 2021).

L'Integrated Pest Management (IPM) è una strategia olistica che comprende il monitoraggio delle popolazioni di parassiti e malattie e l'adozione prioritaria di metodi di difesa alternativi, rispetto a quelli chimici.

Nella fattispecie, il controllo biologico mediante impiego di agenti di biocontrollo (biocontrol agents – BCAs) può rappresentare un metodo di gestione delle avversità efficace, rispettoso dell'ambiente, economicamente sostenibile e socialmente accettabile.

Materiali e Metodi

La prima fase dello studio si è incentrata sulla mappatura sia delle soluzioni disponibili sia di IT agrifood sia dei BCAs. Attraverso il web scouting e i database di letteratura scientifica sono state identificate più di 200 soluzioni di IT agrifood. Allo stesso tempo sono stati censiti più di 300 BCAs, suddivisi in 4 categorie: botanicals, semiochimici, microrganismi e macrorganismi.

Successivamente, sono stati sviluppati tre casi studio su alcune aziende agricole italiane, situate in pianura padana, ad ordinamento orticolo-industriale, aderenti ai regimi di produzione integrata o biologica. Per ogni azienda sono state scelte due avversità target e due colture test, rispettivamente: i lepidotteri notturni (famiglia *Noctuidae*) per il pomodoro da industria (*Solanum lycopersicum L.*) e tripidi (*Thrips spp.*) per la cipolla (*Allium cepa L.*).

Per ogni azienda sono state poi installate stazioni agrometeorologiche e per ogni coltura e avversità target sono state posizionate due tipologie di trappole automatiche (smart traps cromotropiche e a feromoni, Figg.1 e 2), con riconoscimento degli insetti mediante sistemi di intelligenza artificiale (IA), senza modifiche HW/SW. Tali sistemi si basano su algoritmi di apprendimento profondo fondati sull'impiego di reti neurali convoluzionali (supportati da images collection degli insetti). In parallelo, sono stati svolti sopralluoghi in campo con cadenza almeno settimanale per rilevare lo stadio fenologico e fitosanitario delle colture nonché per testare l'efficacia del monitoraggio con smart traps. A tal fine sono state riviste alcune soglie di intervento, rispetto a quelle indicate nei disciplinari di produzione. A seguito di rilevazione di alcuni falsi positivi (specialmente tripidi), verrà valutato di ricalibrare gli algoritmi di IA impiegando ulteriori dataset di immagini ad alta risoluzione degli insetti, per il re-training e l'ottimizzazione del modello.

In parallelo, sono stati impiegati in modo esclusivo mezzi di biocontrollo, rispetto agli anni precedenti per le aziende in regime di produzione integrata.

Risultati

Tutti gli operatori agricoli sono stati coinvolti attivamente nel processo decisionale, mediante attività di training, che hanno accresciuto le competenze e le conoscenze tecniche individuali, in ottica Plan-Do-Check-Act (PDCA). L'impiego delle smart traps unitamente all'attività di consulenza tecnica professionale ha permesso di intervenire in modo mirato, sulla base delle soglie di intervento riviste.

Le evidenze dimostrano che oltre alla totale eliminazione di sostanze chimiche di sintesi impiegate si è anche assistito ad una significativa riduzione del numero degli interventi di difesa (tra il 33% e il 100 %, rispetto al testimone) con preliminari benefici sia in termini di ridotta esposizione degli operatori alle ss.aa sia in termini economici.



Figura 1. Smart trap cromotropica su cultura di cipolla.



Figura 2. Smart trap a feromoni su cultura di pomodoro da industria.

Conclusioni

L'adozione di tali strategie può rappresentare rilevanza strategica in termini di sostenibilità in relazione alle tre direttrici – economica, ambientale e sociale - con potenziali vantaggi per la tutela della redditività agraria, dell'agroecosistema e della salute e del benessere degli operatori.

Parole chiave: biocontrollo, intelligenza artificiale, smart traps, sostenibilità.

Reti di monitoraggio e approccio modeling per la gestione fitosanitaria di vivai ornamentali e aree verdi

S. Cacini^{1*}, B. Nesi¹, F. Giovanelli^{1,2}, B. Rapi³, M. Romani³, F. Sabatini³, P. Sacchetti⁴, S. Traversari⁵, P. Battista³

¹CREA Centro di ricerca Orticoltura e Florovivaismo, Pescia (PT)

²Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali (DAFNE), Università della Tuscia, Viterbo

³Istituto di BioEconomia (IBE), Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), Sesto Fiorentino (FI)

⁴Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali (DAGRI), Università degli Studi di Firenze, Firenze

⁵Istituto di Ricerca sugli Ecosistemi Terrestri (IRET), Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), Pisa

* sonia.cacini@crea.gov.it

La gestione di piante ornamentali da esterno, sia in vivaio che nelle aree verdi, presenta criticità comuni, in quanto le specie interessate, nonché le tipologie di forme di allevamento, sono molteplici, ma spesso allevate in maniera promiscua e gestite in modo omogeneo, anche se caratterizzate da esigenze agronomiche differenti e da diversa sensibilità a stress biotici e abiotici. Nelle aree verdi, inoltre, la gestione delle piante è resa più complessa dal numero elevato di tipologie d'impiego (es., giardini, parchi tematici e storici, parcheggi, viali), peraltro gestite in funzione di variegata condizioni di proprietà e utenza (privati cittadini, società e associazioni, pubbliche amministrazioni).

L'applicazione di tecniche e tecnologie tipiche dell'agricoltura di precisione, quali sensori, reti di monitoraggio, applicazioni ICT (*Information Communication Technology*), sistemi smart (IoT, *Internet of Things*) e software dedicati per sistemi di supporto alle decisioni (DSS), rappresentano strumenti fondamentali per una gestione efficiente e sostenibile delle piante ornamentali.

L'installazione di reti di monitoraggio micrometeorologiche modulari, adattabili a diverse realtà (vivaio, giardino, parco, ecc.) presso aree pilota, ha permesso lo studio delle dinamiche micrometeorologiche locali e la calibrazione di modelli predittivi utilizzati per la valutazione di condizioni di rischio fitosanitario. Il presente lavoro riporta i risultati ottenuti nella prima calibrazione di due diverse tipologie di modelli, uno messo a punto per la stima del rischio di sviluppo e danno da malattie fungine (i.e., oidio e botrite) a carico dell'apparato vegetativo su *Rosa* spp., e uno basato sui gradi giorno per la stima del rischio relativamente a *Grapholita molesta* (su *Photinia* × *fraseri* 'Red Robin' e *Prunus laurocerasus*).

Per la verifica dello stato delle piante, nel corso delle stagioni vegetative nel triennio 2020-2022 sono state utilizzate rispettivamente, analisi molecolari per la rilevazione di DNA fungino, trappole specifiche per la cattura di insetti e rilievi ottici per il rilevamento delle malattie fungine.

Parole chiave: Microclima, Rischio fitosanitario, Sistema di supporto.

Studi preliminari sullo sviluppo di un metodo di rilevamento avanzato per l'individuazione precoce di diverse malattie su *Solanum lycopersicum* e *Capsicum annuum*

A. Follador*, A. Passera, D. Manenti, M. Torrente, R. Oberti, G. Cocetta, P. Casati

Dipartimento di scienze agrarie e ambientali, Università degli Studi di Milano, Via Celoria 2, 20133 Milano

* alessia.follador@unimi.it

Introduzione

Le malattie delle piante causano ogni anno perdite economiche e produttive all'agricoltura e richiedono quindi una diagnosi affidabile e precoce per un controllo efficace. Oggi le analisi di laboratorio rappresentano i metodi diagnostici più utilizzati. Questi test sono accurati e affidabili, ma anche costosi, invasivi e richiedono molto tempo, soprattutto se il numero di campioni è elevato. La tempestività dei trattamenti di protezione o della rimozione mirata delle piante infette gioca un ruolo fondamentale nel controllo della diffusione della malattia, che può essere anticipata attraverso l'identificazione dei sintomi a stadi pre-visibili o emergenti. Questi possono essere identificati con una diagnosi non distruttiva grazie ai recenti progressi nelle tecniche di rilevamento ottico. Lo scopo di questo progetto è quello di definire e validare un metodo per l'individuazione precoce di diversi patogeni su *Solanum lycopersicum* e *Capsicum annuum*. Questo lavoro si focalizza sui primi risultati ottenuti per due virus: Tobacco Mosaic Virus (TMV WT) e Tomato Spotted Wilt Virus (TSWV).

Materiali e Metodi

Per questi esperimenti preliminari, dieci piante di pomodoro varietà 'Rio Grande' e dieci di peperone 'Giallo d'Asti' sono state inoculate con TMV e TSWV, affiancate da altrettante piante di controllo negativo inoculate solo con tampone Norit. Sette piante per ogni trattamento sono state utilizzate per acquisizioni con fluorimetro portatile Handy-Pea (Hansatech, UK) e con camera iperspettrale Hera (NIREOS, Italia) con risoluzione 3 nm nelle bande VIS-NIR (400-1000 nm). Le restanti piante sono state sottoposte a prelievi di tessuto fogliare da analizzare in laboratorio. La diffusione del virus è stata valutata rispettivamente a 2 (T1), 5 (T2), 9 (T3), 12 (T4), 15 (T5) e 19 (T6) giorni post-inoculo, eseguendo le misure con il fluorimetro, acquisendo immagini con la camera iperspettrale e campionando porzioni di foglie di 1 cm di diametro. Da queste è stato estratto l'RNA totale, retrotrascritto ed utilizzato per validare la presenza/assenza del virus all'interno della pianta tramite qPCR.

Risultati

Nelle piante di peperone inoculate con TMV gli indici della fluorescenza Fv/Fm, ETo/RC, PI abs e PI total diminuiscono nel tempo con il progredire dell'infezione (Fig. 1). Al contrario, Fo/Fm e DIO/RC aumentano con l'avanzare della malattia. Possiamo osservare un aumento di Fv/Fm e un decremento di Fo/Fm a partire da T2 (5 giorni post-inoculo) (Fig. 1). Risultati simili sono stati riscontrati in peperone infettato da TSWV e in piante di pomodoro inoculate con TMV e TSWV. Le immagini iperspettrali sono state processate con tecnica multivariata PCA e l'addestramento di una rete neurale al fine di discriminare le zone sintomatiche rispetto al tessuto normale. La rete neurale è stata addestrata con i valori di 117 lunghezze d'onda per ognuna delle 925 ROI (Region Of Interest) e 3 classi di output (sano / infetto / infetto pre-sintomo). Questo ha permesso di evidenziare i pre-sintomi a partire dal T1 nel 92,2% dei casi con un'accuratezza del modello dell'88,7%.

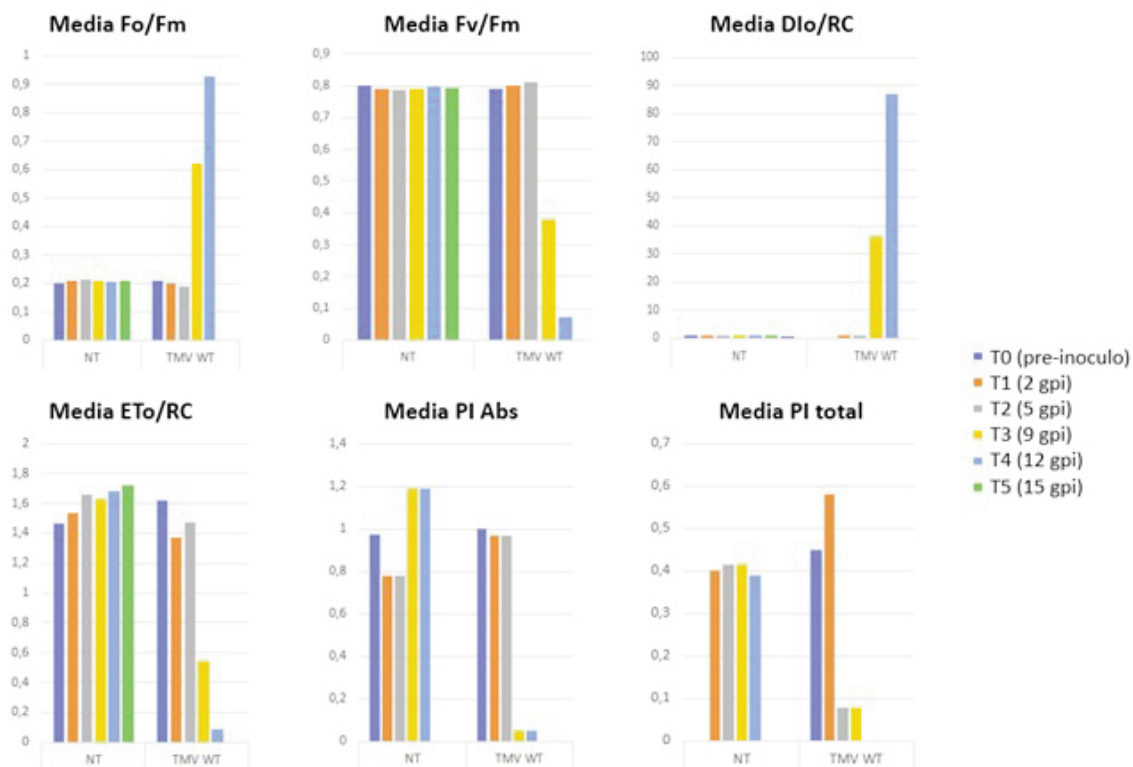


Figura 1. Variazione nel tempo di diversi indici della fluorescenza, in piante di peperone (varietà Giallo Asti) sane (NT) e inoculate con Tobacco Mosaic Virus (TMV WT). Gpi: giorni post-inoculo. In tabella 1 sono riportati i risultati relativi alla real-time PCR two-steps SYBR® Green in termociclato-re StepOnePlus™ (Applied Biosystems™). Nei campioni positivi (+) è stata rilevata la presenza del virus mentre nei campioni negativi (-) il frammento non è stato amplificato. In verde/rosso sono riportati i valori dell'indice Fv/Fm rilevati dal fluorimetro. Infine, la variabile Symp indica la comparsa di sintomi, anche molto precoci, dei virus rilevabile mediante un'attenta ispezione visuale delle piante.

Tabella 1. risultati qPCR: (+) positivo (virus presente), (-) negativo (virus non rilevato). NT=Controllo non trattato.

		T1			T2			T3			T4			T5		
		qPCR	Symp	Fv/Fm	qPCR	Symp	Fv/Fm	qPCR	Symp	Fv/Fm	qPCR	Symp	Fv/Fm	qPCR	Symp	Fv/Fm
Giallo Asti Bell pepper	NT	-	No	0.76	-	No	0.79	-	No	0.80	-	No	0.80	-	No	0.81
	TMV	+	No	0.81	+	Yes	0.63	+	Yes	0.19	+	Yes	0.06	Dead Plants		
	TSWV	+	No	0.80	+	No	0.79	+	No	0.57	+	Yes	0.48	+	Yes	0.34
Rio Grande Tomato	NT	-	No	0.79	-	No	0.79	-	No	0.80	-	No	0.79	-	No	0.53
	TMV	+	No	0.80	+	No	0.79	+	No	0.82	+	Yes	0.67	+	Yes	0.67
	TSWV	+	No	0.82	+	No	0.79	+	No	0.79	+	No	0.76	+	No	0.80

Conclusioni

Questi risultati preliminari mostrano come la sostenibilità dei sistemi di gestione delle colture possa essere migliorata utilizzando soluzioni avanzate per la salute delle piante e la sicurezza alimentare.

Parole chiave: Fluorimetro, Real-time PCR, Immagini iperspettrali, Tobacco Mosaic Virus.

Impiego della termografia per la diagnosi precoce e non distruttiva di stress fitopatologici causati da patogeni tellurici su rucola selvatica

A. Pasqualini¹, M. Rippa², P. Mormile², C. Pane¹

¹Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria (CREA), Centro di Ricerca Orticoltura e Florovivaismo, via Cavallegeri 25, 84089 Pontecagnano Faiano (SA)

²Istituto di Scienze Applicate e Sistemi Intelligenti "E. Caianiello" (CNR), via Campi Flegrei 34, 80078 Pozzuoli (NA)

* andrea.pasqualini@crea.gov.it

La rucola selvatica (*Diplotaxis tenuifolia*) è una ortiva *baby-leaf* coltivata in Italia su circa 5000 ettari, principalmente in coltura protetta, per il consumo fresco e la filiera delle produzioni ad alto contenuto di servizio. La coltura è suscettibile a diversi patogeni fungini che vivono nel suolo, responsabili di malattie di rilevanza economica, in quanto in grado di danneggiare le produzioni sia in termini qualitativi che quantitativi. Tra queste, la tracheofusariosi causata dal fungo *Fusarium oxysporum f.sp. raphani* è tra le fitopatologie che destano maggiore preoccupazione, anche perché strettamente correlata al fenomeno della stanchezza del suolo a cui sono particolarmente esposti i sistemi intensivi di coltivazione della rucola selvatica. Il ricorso a sistemi di supporto alle decisioni basati su sensoristica digitale che sfrutta sistemi d'imaging in grado di rilevare in maniera non distruttiva e su larga scala, nello spazio e nel tempo, la comparsa dei focolai d'infezione può contribuire ad ottimizzare la gestione fitosanitaria delle colture e introdurre tempestivamente adeguati interventi di difesa. La termografia è una tecnologia digitale basata sull'analisi delle immagini della coltura, acquisite nell'infrarosso medio-lungo (*IR imaging*), associate al gradiente termico della superficie fogliare e correlabili allo stato di salute. Tale tecnica consente di stimare la distribuzione spaziale in 2D dello sviluppo di un'infezione fungina. In questo lavoro, piante di rucola selvatica inoculate artificialmente con *F. oxysporum f.sp. raphani* sono state analizzate mediante termografia attiva e passiva, ovvero con e senza previa stimolazione termica con una lampada alogena dell'oggetto in osservazione. Inoltre, il progredire dell'infezione è stato monitorato anche attraverso un'analisi molecolare real time qPCR. L'analisi termografica condotta su immagini acquisite fino a 12 giorni dopo l'inoculazione ha mostrato come l'uso della tecnica termografica sia attiva che passiva abbia consentito l'individuazione di piante affette da tracheofusariosi entro 3 e 6 giorni dall'inoculazione.

Parole chiave: *Fusarium oxysporum*, *Diplotaxis tenuifolia*, termografia, tracheofusariosi.

Questa ricerca è stata finanziata da Progetto "Conservabilità, qualità e sicurezza dei prodotti ortofruitticoli ad alto contenuto di servizio—ARS01_00640—POFACS", finanziato dal Ministero dell'Università e della Ricerca con i D.D. 1211/2020 and 1104/2021.

Valutazione delle *performances* di *Trichoderma* spp. su pomodoro mediante scansione multispettrale 3D in piattaforma di fenotipizzazione *Phenospex*

C. Vincenzo^{1,2*}, P. Tripodi¹, R. Marra², N. Lombardi², C. Pane¹

¹Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria, Centro di Ricerca Orticoltura e Florovivaismo, Via Cavallegeri 25, 84089 Pontecagnano Faiano (SA)

²Università degli Studi di Napoli Federico II, Dipartimento di Agraria, via Università 100, 80055, Portici (NA)

* cono.vincenzo@unina.it; cono.vincenzo@crea.gov.it

I funghi appartenenti al genere *Trichoderma* sono ampiamente studiati sia come agenti di biocontrollo, per le loro attività antagoniste nei confronti di diversi patogeni e/o capacità di indurre una resistenza sistemica nelle piante, che per l'azione biostimolante che si realizza nella promozione della crescita e nel miglioramento della produzione a livello quali-quantitativo. Questo lavoro mira a selezionare ceppi di *Trichoderma* efficaci nel biocontrollo di *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* e *Sclerotium rolfsii* e nella promozione di crescita in pomodoro. Lo studio è stato condotto su una collezione di 19 ceppi, che in saggi *in vitro* hanno inibito la crescita radiale dei due patogeni. Nelle prove *in vivo*, gli stessi ceppi sono stati applicati sia mediante *coating* del seme (1×10^8 spore mL⁻¹) che *drenching* (1×10^8 spore mL⁻¹, a cadenza settimanale), e valutati per la promozione della crescita e l'attività di biocontrollo dei due patogeni *soil-borne* del pomodoro. Il grado di severità dei sintomi è stato attribuito mediante ispezione visiva. La risposta della pianta a livello di *canopy* all'azione dei ceppi di *Trichoderma* è stata monitorata fino a completa senescenza, attraverso la piattaforma di fenotipizzazione *PlantEye F500 Phenospex* in grado di acquisire, con scansione multispettrale 3D, fino a 40 caratteri morfo-fisiologici. Le prove sono state replicate 2 volte conducendo un monitoraggio giornaliero su un totale di 792 piante. I ceppi con le migliori prestazioni hanno ridotto la gravità della tracheofusariosi e del marciume basale, rispettivamente, del 30 e del 70%. La scansione multispettrale ha fornito la misura di diversi parametri morfologici, biometrici e spettrali. Questi ultimi hanno consentito di calcolare il *Normalized Difference Vegetation Index* e il *Plant Senescence Reflectance Index*, relativi allo stato di salute e di stress delle piante. La fenotipizzazione digitale ad alta processività ha consentito di selezionare i ceppi di *Trichoderma* più promettenti per la gestione sostenibile del pomodoro.

Studio condotto nell'ambito del Centro Nazionale Agritech, finanziato dall'Unione Europea – NextGenerationEU (PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA (PNRR) – MISSIONE 4 COMPONENTE 2, INVESTIMENTO 1.4 - D.D. 1032 17/06/2022, CN00000022). I punti di vista e le opinioni espresse sono tuttavia solo quelli degli autori e non riflettono necessariamente quelli dell'Unione europea o della Commissione europea. Né l'Unione Europea né la Commissione Europea possono essere ritenute responsabili per essi.

Indicazioni per la preparazione dei manoscritti per la pubblicazione di Atti di Convegno su *Italus Hortus*

Invio dei Manoscritti

I testi degli Atti da pubblicare dovranno giungere alla Redazione presso il Dipartimento di Ortoflorofruitticoltura dell'Università di Firenze, viale delle Idee 30, 50019 Sesto Fiorentino (FI) almeno 45 giorni prima della data prevista di pubblicazione del numero di *Italus Hortus*. I dattiloscritti devono essere inviati in singola copia cartacea e in versione elettronica, riuniti in un CD-Rom (completo di indice), stampati su una sola facciata di fogli A4, con interlinea doppia e margini di 3 cm (sinistro e destro). Il carattere del testo deve essere Times New Roman 12. Le pagine devono essere numerate. Il numero massimo di caratteri (o di parole) per ogni articolo sarà indicato dal Comitato Scientifico-Editoriale del Convegno stesso, sulla base degli accordi con il Direttore Responsabile della Rivista.

Supporti accettati: I testi e le tabelle devono necessariamente essere in formato Word (estensione DOC) o Rich Text Format (estensione RTF). Eventuali grafici e figure devono essere in formato JPG con risoluzione minima 300 dpi e larghezza pari a cm 10 (una colonna). Si raccomanda di salvare in files separati il testo e le tabelle (1 file) i grafici e le figure (1 file per grafico e/o figura). La pubblicazione avverrà in bianco e nero; eventuali figure o tabelle a colori saranno a carico dell'autore che ne farà richiesta.

Procedura per l'accettazione

Il Comitato Scientifico-Editoriale del Convegno sarà responsabile dell'accettazione del lavoro e potrà richiedere revisioni ed integrazioni all'autore. La responsabilità della qualità degli Atti del Convegno ricade sul Comitato Scientifico-Editoriale del Convegno e sul suo Coordinatore (Curatore - *Guest Editor*).

Le bozze tipografiche saranno inviate al Curatore per la correzione e dovranno essere restituite entro 15 giorni, anche qualora non si rilevino correzioni da fare. Il mancato ritorno delle bozze corrette nei termini stabiliti comporta l'accettazione delle medesime. Copyright: dopo l'accettazione il copyright del lavoro diventa proprietà della Società di Ortoflorofruitticoltura Italiana. L'autorizzazione alla stampa in qualsiasi forma dei lavori o parti dei lavori deve essere richiesta alla Segreteria Generale della SOI.

Preparazione del manoscritto

La prima pagina deve comprendere nell'ordine: Titolo in Italiano, nome e cognome dell'Autore(i), indirizzo(i) dell'Istituzione(i) di appartenenza, nome e l'indirizzo dell'autore corrispondente (compreso fax, e-mail), riassunto in Italiano, parole chiave (non presenti nel titolo, max 5), titolo in Inglese, abstract in Inglese, key-words (max 5). **Riassunto:** il riassunto Italiano è limitato a 100 parole; l'abstract in Inglese è compreso tra 100-200 parole. In entrambi i casi devono essere riportati scopi e risultati della ricerca senza abbreviazioni, equazioni e citazioni bibliografiche. L'abstract in Inglese deve contenere con chiarezza tutte le informazioni e consentire la massima visibilità del lavoro ad un pubblico più ampio.

Parole chiave: la lista di parole chiave, in Italiano e Inglese, non usate nel titolo, include nomi comuni e scientifici, nomi delle specie, nome comune degli elementi chimici, termini fisiologici e patologici.

Testo: il testo dovrà essere organizzato nel seguente modo:

- nel caso di contributi sperimentali dovrà contenere: Introduzione (che deve terminare con indicazione degli scopi del lavoro), Materiale e metodi, Risultati, Discussione, Conclusioni. Bibliografia. Risultati e discussione possono anche essere accorpate in un unico paragrafo.

- nel caso di relazioni ad invito con le caratteristiche di "Review" il testo sarà articolato in paragrafi a discrezione dell'autore; lo scopo della "Review" dovrà essere chiaramente indicato nell'Introduzione ed il testo dovrà includere un paragrafo "Conclusioni" che potranno assumere anche la forma di "Prospettive future" o "Ricadute pratiche".

Gli elenchi devono essere puntati, secondo l'esempio sotto riportato.

- Il punto deve essere tondo e pieno;
- Il testo deve rientrare;
 - L'eventuale sotto punto è tondo, ma vuoto;
 - Non sono ammessi ulteriori livelli.

Non sono ammesse note a piè di pagina.

Unità di misura: le unità di misura e il relativo simbolo devono essere quelle del Sistema Internazionale (SI). Il simbolo, senza punto, deve seguire il valore numerico.

Nomi delle Piante: i nomi scientifici di piante e animali sono indicati in corsivo. I nomi delle cultivar vanno scritti con la prima lettera maiuscola senza virgolette, preceduti dall'abbreviazione "cv" senza punto (es. *Chrysanthemum morifolium* Ramat cv Snow Don).

Corsivo: il corsivo nel testo deve essere usato solo per espressioni latine, nomi scientifici e parole straniere, limitate a quelle per cui non esiste il corrispettivo italiano.

Tabelle: le tabelle devono essere riportate a fine testo, in pagine separate e comunque non inserite all'interno del testo. In ogni caso deve essere possibile intervenire all'interno delle tabelle per modificare bordi, dimensioni e caratteri di stampa. Il titolo delle tabelle deve essere in Italiano e Inglese (questo in corsivo). Non riportare gli stessi dati in tabelle e grafici. Le tabelle devono essere intelleggibili senza ricorrere al testo e numerate con numero arabo progressivo (es. Tab. 1). Le unità di misura devono essere chiaramente indicate. Ogni colonna deve riportare un'appropriata intestazione. I riferimenti bibliografici in calce a tabelle e figure vanno in parentesi.

Grafici: i grafici devono essere in formato JPG con risoluzione minima 300 dpi e larghezza minima di cm 10 (una colonna). Il titolo dei grafici deve essere in Italiano e Inglese (questo in corsivo). I grafici devono essere in bianco e nero; la pubblicazione di grafici a colori sarà a carico dell'autore. I grafici non devono essere inseriti all'interno del testo. All'interno del testo il grafico è indicato come Figura e numerato con numero arabo progressivo (es. Fig. 1).

Immagini: foto, diapositive e disegni devono essere forniti in originale. Qualora l'originale non sia disponibile, è possibile inviare un file in formato JPG o TIF; ogni altro formato non sarà accettato. La larghezza minima è pari a cm 10 (una colonna). La pubblicazione a colori dovrà essere concordata con il curatore degli atti.

La didascalia di grafici e immagini deve essere riportata in Italiano e Inglese (questo in corsivo) in files separati o al termine del testo. Le figure devono essere intelleggibili senza ricorrere alla lettura del testo e numerate con numero arabo progressivo. Tutte le figure devono avere un riferimento nel testo.

Bibliografia: le citazioni bibliografiche all'interno del testo devono avvenire mediante il riferimento al cognome dell'Autore o degli Autori (se due) e all'anno di pubblicazione. Nel caso di più Autori, al nome primo seguirà l'abbreviazione *et al.* Nel caso di più lavori nello stesso anno dello stesso Autore, all'anno si faranno seguire lettere minuscole progressive (es. 2003a, 2003b). La bibliografia dei lavori citati deve essere indicata in ordine alfabetico secondo il seguente schema, con i caratteri speciali e la punteggiatura indicati:

CASO N. 1 PUBBLICAZIONE SU RIVISTA

AUTORE/I (la virgola separa gli Autori uno dall'altro), anno di pubblicazione. *Titolo del lavoro*. Rivista, volume (numero della rivista): numero pagine. Es. ROSSI G., BIANCHI M., 1990. *Le rose dei Romani sono belle*. *Italus Hortus*, 1 (1): 22-26.

CASO N. 2 CAPITOLO DI UN LIBRO

AUTORE/I, anno di pubblicazione. *Titolo del lavoro*. In: Curatore libro, Titolo del volume, Casa editrice (città): numero pagine. Es. ROSSI G., BIANCHI M., 1990. *Le rose dei Romani*. In: M. Bianchi ed., *Le rose nel mondo antico*, Società Orticola Italiana (Firenze): 22-26.

CASO N. 3 MONOGRAFIA

AUTORE/I, anno di pubblicazione. *Titolo del lavoro*. Casa editrice (città), numero pagine. Es. ROSSI G., BIANCHI M., 1990. *Le rose dei Romani*. Società Orticola Italiana (Firenze), pp. 200.

Acta Italus Hortus

Pubblicazione della Società di Ortoflorofruitticoltura Italiana (SOI)
Numero 29

Riassunti dei lavori presentati alle **Giornate Tecniche SOI**
Sensoristica digitale e agromotica in ortoflorofruitticoltura

Sommario

Sessione 1 Strumenti digitali per l'ottimizzazione degli input	Pag. 9
Sessione 2 Sistemi di supporto alla gestione irrigua	“ 29
Sessione Poster	“ 38
Sessione 3 Sistemi per l'implementazione della qualità	“ 47
Sessione 4 Tecniche digitali applicate alla gestione della difesa	“ 61