

SENSORISTICA, MODELLISTICA E ANALISI DATI PROVENIENTI DA RETI DI MONITORAGGIO POSSONO ESSERE UTILIZZATE IN SINERGIA PER UNA GESTIONE SOSTENIBILE DELLA NUTRIZIONE DELLE PIANTE, MASSIMIZZANDO GLI ASPETTI QUANTI-QUALITATIVI DELLE PRODUZIONI VEGETALI

MIGLIORARE SOSTENIBILITÀ E QUALITÀ CON L'HI-TECH, ECCO IL PROGETTO MOMA

Contributo realizzato a cura della sezione Ortoflorovivaismo della Soi

di **Lorenza Tuccio¹**,
Giacomo Carmazzi², **Sonia Cacini³**,

¹CNR - Istituto di Fisica Applicata
"Nello Carrara", Sesto Fiorentino (Fi)

²Azienda agricola Marco Carmazzi,
Torre del Lago, Viareggio (Lu)

³CREA Centro di ricerca Orticoltura
e Florovivaismo, Pescia (Pt)

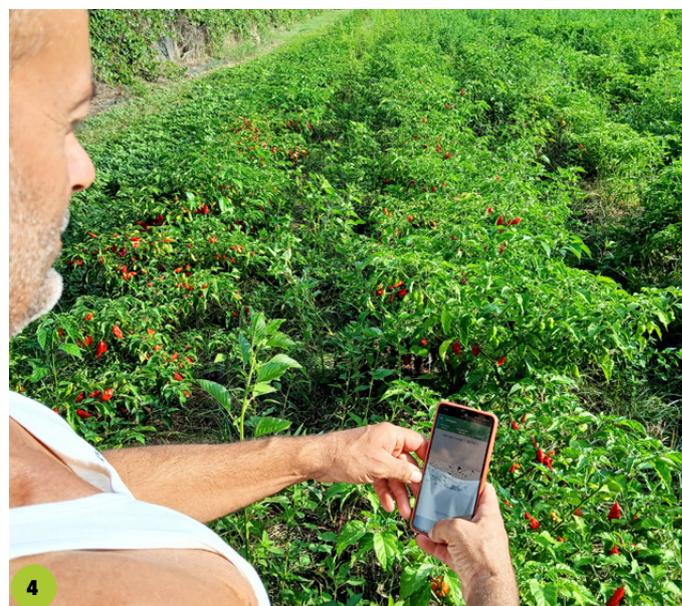


1 - Le specie studiate nel progetto Moma



Una delle principali sfide del settore ortoflorovivaistico è la riduzione del massiccio uso di input chimici per la fertilizzazione e la protezione delle piante, sia per le colture in suolo che in fuori suolo. L'attuale gestione dell'azoto nella produzione di ortaggi e piante ornamentali è in gran

parte basata sull'esperienza accumulata da coltivatori e consulenti, adottando pratiche che massimizzano la resa e garantiscono la redditività, ma che comportano spesso un apporto eccessivo di azoto con conseguenze negative su costi di produzione e ambiente, viste le problematiche legate ad



2, 3 - Lorenzo Picchi e Andrea Rovini, dipendenti dell'azienda agricola Marco Carmazzi, monitorano la crescita delle piante di peperoncino con l'ausilio di sensori ottici portatili

4 - Andrea Rovini, dipendente dell'azienda agricola Marco Carmazzi, utilizza il suo smartphone per monitorare lo sviluppo della chioma delle piante di peperoncino mediante l'app Canopeo

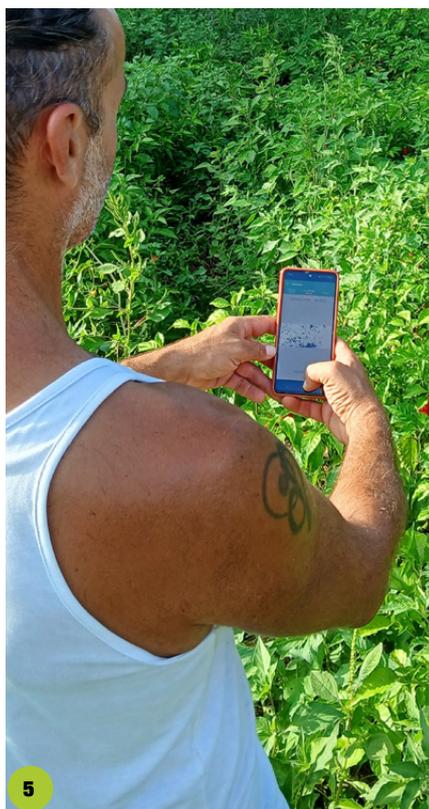
inquinamento da azoto su acque, suoli e atmosfera [1].

L'azoto stimola la fotosintesi e la crescita, ma l'apporto eccessivo di questo nutriente può portare a una minore efficienza d'uso dello stesso da parte della pianta, all'accumulo di nitrati e a un vigore elevato che può generare a sua volta una maggiore sensibilità alle malattie fungine e agli attacchi di insetti. Inoltre, condizioni di elevate concentrazioni di azoto possono avere effetti negativi sia sulla quantità sia

sulla qualità delle produzioni agricole. Ad esempio, in presenza di eccesso di azoto, la specie di peperoncino *Capsicum chinense* Jacq. riduce il tasso di assimilazione della CO_2 e il peso dei frutti [2], nella specie *Capsicum annuum* L. si verifica anche una riduzione del contenuto di capsaicina e quindi della piccantezza del frutto [3], mentre, in *Lactuca sativa* L., dosi elevate di azoto aumentano significativamente l'accumulo di nitrati dannosi per la salute [4].

La spettroscopia a servizio delle aziende

Al fine di minimizzare le conseguenze negative di un eccesso di azoto è necessario un approccio integrato e l'adozione di strategie volte a diminuirne le perdite per lisciviazione che si verificano soprattutto in terreni sabbiosi come quelli del litorale toscano del distretto rurale florovivaistico interprovinciale di Lucca - Pistoia, garantendo però al tempo stesso elevati standard produttivi. È questo il prin-

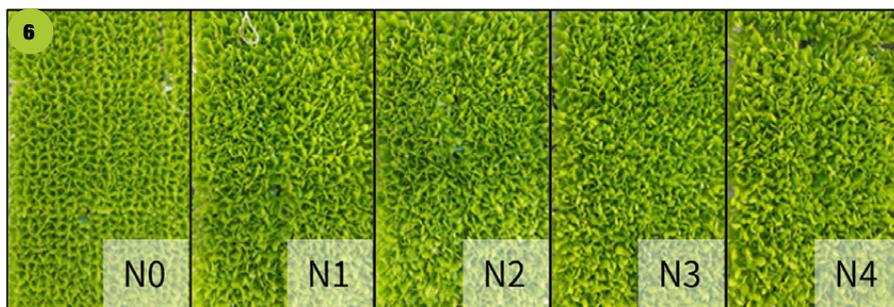


5

5 - Andrea Rovini, dipendente dell'azienda agricola Marco Carmazzi, utilizza il suo smartphone per monitorare lo sviluppo della chioma delle piante di peperoncino mediante l'app Canopeo

6 - Giovani piante di lattuga 'Salanova' Hawking RZ (*Lactuca sativa* L. var. capitata) seminata in vassoio da 120 fori e fertilizzata a dosaggi crescenti di azoto

principale obiettivo del progetto Moma, 'Metodi Ottici per il Monitoraggio dell'Azoto nelle colture ortofloricole', una recente sperimentazione finanziata con la misura 16.2 del Psr 2014 - 2020, annualità 2022 della Regione Toscana. Nell'ambito di questo progetto, un gruppo di ricercatori dell'Istituto di Fisica Applicata Nello Carrara (Ifac) e dell'Istituto di Ricerca sugli Ecosistemi Terrestri (Iret) del Consiglio Nazionale delle Ricerche (Cnr) e del Crea Centro di Ricerca Orticoltura e Florovivaismo, sede di Pescia, in col-



laborazione con la capofila Azienda agricola Marco Carmazzi e l'azienda partner Ortoflorovivaismo Malfatti & Mallegni SS, entrambe di Torre del Lago (Lu), sta collaudando una serie di tecniche innovative e strumenti ottici portatili, mettendoli a confronto sia in pieno campo che in coltura protetta fuori suolo, per la stima della crescita e la valutazione dello stato nutrizionale di peperoncino, broccolo e lattuga, come specie modello, al fine di mettere a punto un sistema di supporto per la fertilizzazione azotata di tali colture. Sulla base di differenti tipologie di interazione tra luce e pianta, sono stati utilizzati metodi di fluorescenza, riflettanza e Raman per monitorare in modo rapido e non distruttivo una serie di parametri ecofisiologici come vigoria, contenuto di clorofilla, azoto e metaboliti secondari.

La nutrizione azotata infatti è strettamente correlata con il contenuto di metaboliti secondari, quali glucosinolati, capsaicina o flavonoli, fondamentali a definire la qualità, sia dal punto di vista organolettico che nutraceutico delle produzioni orticole e florovivaistiche a duplice attitudine, come nel caso del peperoncino.

L'adeguatezza delle tecniche spettroscopiche come alternativa "verde" alle analisi chimiche di laboratorio è già stata dimostrata nell'ambito della

gestione della fertilizzazione dei tappeti erbosi, della coltivazione dei cereali, delle piante ornamentali e delle *Brassicaceae*, ma non è mai stata verificata e collaudata nel contesto regionale toscano, se non per specie ornamentali arbustive da esterno [5].

L'utilizzo, per esempio, di un indice di copertura vegetale (*green canopy cover*, Gcc) grazie a una app per smartphone [6], su peperoncino coltivato all'aperto, ha consentito di produrre una mappa dello sviluppo vegetativo delle piante e l'identificazione spaziale di punti rappresentativi di variabilità di crescita in cui effettuare un campionamento efficace per una stima diretta di produttività e stato di salute delle piante. Dal confronto tra i vari indici fisiologici forniti dai sensori è emerso che la combinazione di indici di fluorescenza e riflettanza può fornire una stima della crescita delle piante più precisa rispetto all'uso di un singolo metodo.

Un altro interessante risultato è emerso in test dedicati al settore del vivaismo orticolo, anch'esso caratterizzato da elevati input in termini di nutrizione azotata, legati alla necessità di massimizzare la produttività rispetto alle superfici investite tramite cicli brevi che consentano rapidi avvicendamenti culturali.

In test a dosi crescenti di fertilizzazio-



8,9 - Esposizione e dimostrazione pratica delle tecnologie collaudate nel progetto Moma all'open day organizzato presso la sede dell'azienda agricola Marco Carmazzi a Torre del lago Puccini di Viareggio (Lu)



ne azotata, effettuati su semenzali in vaso di lattuga, è emerso come uno degli indici vegetazionali più impiegati per le colture di pieno campo, ovvero l'Ndvi (*Normalized Difference Vegetation Index*), non sia in grado di distinguere piante trattate con fertilizzazione azotata diverse, mentre altri indici sono risultati estremamente efficaci e puntuali nel distinguere i diversi livelli di nutrizione azotata, come ad esempio quelli legati alla misura dei flavonoli. Più complessa invece è emersa l'individuazione degli indici più performanti su broccolo dove è emersa la necessità di una calibrazione più accurata degli strumenti tramite approfondite analisi di laboratorio dei tessuti vegetali.

Trasferimento tecnologico: un miraggio?

L'interesse delle aziende agricole per queste tematiche è elevato, specie quando si trovano in un ambiente

pedo-climatico ad alto rischio di lisciviazione dei nitrati come per i caratteristici terreni sabbiosi del litorale toscano; tuttavia, l'impiego di sensoristica in ambito produttivo richiede *know-how* specifico e la presenza di personale adeguatamente formato all'interno dell'azienda e questo rappresenta spesso un fattore limitante nella diffusione di sistemi tecnologici all'interno di aziende di piccole-medie dimensioni. Per questo motivo una parte integrante del progetto Moma è dedicato alla divulgazione e diffusione dei risultati mediante convegni, workshop e varie iniziative come l'open day organizzato a Torre del lago Puccini, Viareggio (Lu), presso la sede dell'azienda capofila, in cui sono state esposte le tecnologie collaudate nel progetto e ne è stata fatta una dimostrazione pratica.

Un altro fattore limitante l'uso di routine della sensoristica sia in serra che

in pieno campo è la necessità di calibrare tali sensori e fornire valori soglia ottimali di azoto in modo specifico per specie [7]. Il livello ottimale di azoto fogliare infatti varia da specie a specie sulla base di caratteristiche della zona radicale ed alle pratiche di coltivazione. Pertanto, deve essere definito separatamente per ciascuna. Come alternativa alla calibrazione, è possibile però anche utilizzare un approccio relativo usando dei plots di riferimento adeguatamente fertilizzati.

Tra terra e cielo, soluzioni per il futuro

In questo studio, i dati raccolti sia dai sensori ottici prossimali che da quelli ambientali andranno a costituire un database che sarà utilizzato per sviluppare modelli ad hoc per individuare i valori ottimali di azoto in funzione delle esigenze delle specie oggetto del progetto, delle caratteristiche del



10

10, 11 - Misure di calibrazione di sensori ottici di fluorescenza per la stima del contenuto di azoto fogliare del peperoncino



1

terreno e delle condizioni agro-meteorologiche in modo da favorire un uso consapevole ed una riduzione degli input chimici.

La bontà della metodologia offre un potenziale di utilizzo anche in combinazione con le informazioni provenienti dai sensori satellitari Sar come Sentinel-1 e multispettrali Sentinel-2 [8]. I dati di queste due costellazioni appartenenti al programma europeo di osservazione della terra Copernicus (<https://www.copernicus.eu/en>) sono gratuiti e consentono di avere un'informazione spazializzata sul vigore delle piante e sull'umidità del suolo ad ogni passaggio dei satelliti che avviene più volte la settimana. In questo modo sarà possibile aiutare in futuro

Bibliografia

- [1] Han, S., Zhu, X., Liu, D., Wang, L., Pei, D. (2021). Optimisation of the amount of nitrogen enhances quality and yield of pepper. *Plant, Soil and Environment*, 67(11), 643-652.
- [2] Tremblay, N., Wang, Z., Cerovic, Z. G. (2012). Sensing crop nitrogen status with fluorescence indicators. A review. *Agronomy for sustainable development*, 32(2), 451-464.
- [3] Dordas, C. (2009). Role of nutrients in controlling plant diseases in sustainable agriculture: a review, in *Sustainable Agriculture*. 2009, Springer. p. 443-460.
- [4] De Ávila Silva L., Condori-Apfata J.A., Marques Marcelino M., Azevedo Tavares A.C., Januário Raimundi S.C., Martino P.B., Araújo W.L., Zsögön A., Sulpice R., Nunes-Nesi A. (2019). Nitrogen differentially modulates photosynthesis, carbon allocation and yield related traits in two contrasting *Capsicum chinense* cultivars. *Plant Science*, 283, 224-237
- [5] Tuccio, L., Massa, D., Cacini, S., Iovieno, P., Agati, G. (2022). Monitoring nitrogen variability in two Mediterranean ornamental shrubs through proximal fluorescence-based sensors at leaf and canopy level. *Scientia Horticulturae*, 294, 110773.
- [6] Patrignani, A. and Ochsner, T.E. (2015). Canopeo: A powerful new tool for measuring fractional green canopy cover. *Agronomy Journal*, 107(6), 2312-2320.
- [7] Padilla F. M., Gallardo M., Peña-Fleitas M. T., De Souza R., Thompson R.B. (2018). Proximal optical sensors for nitrogen management of vegetable crops: A review, *Sensors*, 18(7), 2083.
- [8] Torres, R., Snoeij, P., Geudtner, D., Bibby, D., Davidson, M., Attema, E., Rostan, F. (2012). GMES Sentinel-1 mission. *Remote sensing of environment*, 120, 9-24.

gli operatori a monitorare le coltivazioni in modo sistematico e facilmente automatizzabile.

La promozione della sostenibilità delle coltivazioni ortoflorovivaistiche e il trasferimento di tecniche innovative e competenze ai coltivatori è di grande rilevanza e può portare vantaggi socioeconomici come la riduzione dell'inquinamento del suolo e delle acque e dei relativi potenziali rischi per la salute umana, la riduzione dei residui di agrochimici nelle giovani piante e una produzione di qualità superiore, con vantaggio per la commercializzazione. ●