

Giornata di studio:  
La sostenibilità in orticoltura

17 marzo 2025

*Relatori*

Stefania De Pascale (coordinatore), Antonio Elia, Cristiano Carli,  
Alberto Pardossi, Silvio Fritegotto, Giuseppina Pennisi,  
Teresa Del Giudice, Vito Busillo, Paolo Paciello

## Sintesi

La giornata di studio, organizzata in collaborazione con il Collegio Nazionale degli Agrotecnici e degli Agrotecnici Laureati, rappresenta un'importante occasione di confronto sul futuro dell'orticoltura. L'urgenza di integrare innovazione tecnologica e sostenibilità è sempre più evidente per affrontare le sfide globali, come il cambiamento climatico, la perdita di biodiversità e la riduzione degli input chimici. L'incontro metterà in luce strategie innovative per migliorare la qualità e la produttività delle colture ortive, sia in pieno campo che in ambiente protetto, riducendo gli sprechi e minimizzando l'impatto ambientale. L'uso dell'intelligenza artificiale e delle tecnologie avanzate può svolgere un ruolo chiave nel rafforzare la resilienza degli agroecosistemi orticoli, ottimizzando l'uso delle risorse e promuovendo pratiche più sostenibili. Sarà inoltre affrontata la percezione dei consumatori riguardo alla sostenibilità dell'orticoltura e dell'agricoltura in generale. Comprendere le aspettative e le preoccupazioni dei consumatori è fondamentale per orientare il settore verso pratiche colturali più sostenibili e per educare il pubblico sull'importanza di un consumo consapevole per sostenere un'agricoltura responsabile e innovativa.

ANTONIO ELIA<sup>1</sup>

*Orticoltura in pieno campo nell'era dell'Agricoltura 4.0: tecnologie digitali e sistemi di supporto alle scelte aziendali*

<sup>1</sup> Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimenti, Risorse Naturali e Ingegneria, Università di Foggia

L'orticoltura in pieno campo sta attraversando un'importante fase di transizione grazie all'introduzione delle tecnologie digitali nell'ambito dell'Agricoltura

4.0. Questo approccio innovativo mira a migliorare la gestione delle risorse agricole attraverso strumenti avanzati di raccolta e analisi dei dati, con l'obiettivo di ottimizzare l'efficienza produttiva, ridurre gli sprechi e incrementare la sostenibilità delle pratiche agricole.

L'Agricoltura 4.0 rappresenta l'evoluzione dell'agricoltura di precisione e si basa sull'integrazione di tecnologie digitali, sistemi informativi e automazione. Questo approccio consente una gestione ottimale delle risorse agricole grazie alla raccolta di dati tramite sensori, droni, immagini satellitari e GPS, che monitorano parametri ambientali, caratteristiche del suolo e crescita delle colture. I dati raccolti vengono elaborati per supportare le decisioni agronomiche e gestire la variabilità spaziale, adattando le pratiche agronomiche o fitosanitarie alle specifiche esigenze delle diverse aree di un campo. Inoltre, sono necessari strumenti per l'applicazione mirata degli input, grazie a tecnologie che regolano l'irrigazione, la fertilizzazione e i trattamenti fitosanitari, riducendo sprechi e impatti ambientali.

L'intensificazione produttiva dell'orticoltura richiede elevate quantità di acqua e azoto per garantire rese elevate. Tuttavia, la crescente competizione per l'acqua dolce tra diversi settori (industriale, turistico, domestico) e l'aumento della domanda irrigua dovuto ai cambiamenti climatici rendono indispensabile un uso più efficiente delle risorse idriche e nutrizionali.

I *Decision Support Systems* (DSS) sono strumenti informatici progettati per supportare le decisioni agronomiche mediante l'elaborazione di grandi quantità di dati. Si distinguono in DSS basati su modelli, che utilizzano equazioni matematiche per prevedere il comportamento dei sistemi agricoli, DSS basati su sensori, che raccolgono dati in tempo reale da dispositivi installati nei campi e DSS integrati, che combinano entrambi gli approcci per una gestione più precisa e completa.

I DSS possono essere utilizzati per la gestione dell'irrigazione e fertirrigazione, consentendo di ottimizzare l'apporto idrico e nutrizionale, riducendo sprechi e perdite di nutrienti nell'ambiente. In alcuni casi, vengono impiegati anche per il monitoraggio delle fitopatologie, contribuendo a prevenire malattie e infestazioni attraverso l'analisi di dati climatici e colturali.

I DSS più diffusi sono i cosiddetti *process-based*, che suddividono il complesso sistema suolo-pianta-atmosfera in una serie di processi singoli. Questi determinano alcune variabili di stato in un dato momento ( $t_0$ ), quantificano gli effetti delle diverse variabili ambientali ed eventi in un determinato intervallo temporale (es. giorni, ore) e ricalcolano il valore delle variabili di stato al tempo successivo ( $t_1$ ), che diventa il nuovo  $t_0$ .

L'adozione dei DSS presenta diverse sfide, tra cui la necessità di aggiornamento continuo per riflettere le più recenti conoscenze agronomiche, la

modularità e scalabilità per adattarsi a diverse tipologie di colture e aziende e la facilità d'uso per incentivare l'adozione da parte degli agricoltori. Inoltre, è fondamentale garantire l'affidabilità dei modelli, che devono essere calibrati e validati per le specifiche condizioni operative. È importante che i dati utilizzati nella fase di validazione siano distinti da quelli impiegati per la calibrazione.

Infine, non si può prescindere dalla necessità di assistenza tecnica per favorire l'adozione di questi strumenti presso gli agricoltori.

Il telerilevamento satellitare (es.: Sentinel-2) fornisce immagini multispettrali per monitorare la salute delle colture e individuare variazioni di crescita attraverso l'uso degli indici vegetazionali. Un'applicazione di questi è rappresentata dall'uso di "mappe di prescrizione" elaborate da immagini satellitari e di spandiconcime a rateo variabile che consentono una distribuzione dei fertilizzanti in funzione dello stato di salute della coltura. Sensori multispettrali possono essere anche montati su spandiconcime a rateo variabile che distribuiscono il fertilizzante in funzione delle letture fatte in tempo reale durante la distribuzione.

Il *proximal sensing* permette di acquisire informazioni dirette sulle condizioni del suolo e delle piante tramite sensori prossimali, che misurano l'umidità e la temperatura del suolo, e sensori indossabili per le piante, in grado di monitorare parametri vitali e ottimizzare le pratiche agronomiche, migliorando la precisione della gestione irrigua e nutrizionale.

Uno dei principali ostacoli all'adozione dell'IoT in agricoltura è la carenza di connessioni dati affidabili nelle aree rurali. Le tecnologie LPWAN (Low Power Wide Area Network) offrono soluzioni con reti a lungo raggio e basso consumo, tra cui LoRaWAN, NB-IoT e Sigfox. In particolare, la tecnologia LoRaWAN consente comunicazioni wireless a bassa potenza, ideali per la trasmissione di piccoli pacchetti di dati in contesti agricoli.

L'automazione dei sistemi di irrigazione tramite IoT consente una gestione più efficiente delle risorse idriche. Un impianto di irrigazione intelligente è composto da un DSS per la gestione delle decisioni, sensori ambientali per monitorare umidità, temperatura e altre condizioni dell'impianto irriguo, nonché attuatori e valvole per la distribuzione mirata dell'acqua.

Un esempio è il sistema EcoFert, che utilizza la comunicazione LoRaWAN per connettere DSS, sensori e attuatori, ottimizzando in tempo reale il consumo idrico e nutrizionale.

In conclusione, l'orticoltura in pieno campo sta beneficiando delle innovazioni offerte dall'Agricoltura 4.0, migliorando l'efficienza produttiva e riducendo l'impatto ambientale. L'adozione di DSS, IoT e tecnologie di sensing consentono un uso più razionale delle risorse, affrontando le sfide legate alla sostenibilità e ai cambiamenti climatici. Tuttavia, la diffusione di queste tec-

nologie richiede investimenti, formazione, assistenza e adeguate infrastrutture digitali per massimizzarne l'efficacia.

CRISTIANO CARLI<sup>1</sup>

*Le attività della Fondazione Agrion per la gestione sostenibile delle colture orticole*

<sup>1</sup> Fondazione Agrion, Collegio Provinciale degli Agrotecnici e degli Agrotecnici Laureati di Cuneo

La Fondazione Agrion è il Centro regionale di ricerca e sperimentazione nato nel 2014 per volontà di Regione Piemonte e Unioncamere Piemonte. Le attività si focalizzano sui percorsi di sviluppo che garantiscono innovazione continua per il miglioramento dell'agricoltura, intesa in termini di sostenibilità ambientale ed economica, qualità sensoriale e sicurezza alimentare. In linea con i dettami statutari, la Fondazione svolge una funzione precisa, consistente nella ricerca applicata, quella parte più prossima a trasformarsi in innovazione senza sovrapporsi ad altri enti sul territorio regionale. Agrion si rapporta "a valle" raccogliendo le domande ed esigenze espresse dalle filiere e programma la sua attività. Grazie a questo collegamento, le attività sperimentali sono focalizzate sulle tematiche di maggior urgenza e attualità, ma anche in un contesto di visione strategica espresso dagli operatori del settore. La Fondazione opera utilizzando uno schema semplice ma efficace, che permette di raggruppare le migliori competenze tecnico-scientifiche che si concentrano in dedicati Gruppi Operativi (Università, CREA, CNR, Centri di ricerca regionali, nazionali e internazionali).

La sostenibilità ambientale riguarda anche la gestione della fertilizzazione. In prove realizzate in annate diverse su pomodoro cuor di bue è emerso come, in terreni ricchi di sostanza organica (3,5-4%), si possano ridurre gli apporti di fertilizzanti senza incidere negativamente su produttività e qualità delle stesse. I rilievi eseguiti hanno infatti evidenziato un livello produttivo sostanzialmente identico tra le tesi ed una limitata variazione della ripartizione della produzione nelle classi di calibro a vantaggio della fertilizzazione standard nel raggruppamento di calibro maggiore.

*Agrion is the regional research and experimentation center founded in 2014 by the will of the Piedmont Region and Unioncamere Piemonte. Agrion's activities focus on development paths that guarantee continuous innovation for the improvement of agriculture, understood in terms of environmental and economic sustainability, sensory and nutritional quality, food security. In line with the statutory dictates,*

*the Foundation performs a precise function, consisting in applied research, that part closest to turning into innovation and does not overlap with other entities on the regional territory. Agrion relates “downstream” by collecting the questions and needs expressed by the supply chains and starting it plans its activity. Thanks to this link, the experimental activities are focused on the most urgent and topical issues, but also in a context of strategic vision expressed by the operators in the sector. The Foundation operates using a simple but effective scheme, which allows to group the best technical-scientific skills that are concentrated in dedicated Operational Groups (Universities, CREA, CNR, Regional, National and International Research Centers).*

*Environmental sustainability also concerns fertilization management. In trials carried out in different years on fresh tomatoes emerged that, in soils rich in organic substance (3.5-4%), fertilizer can be reduced without negative impact on productivity and quality. The evaluations carried out had highlighted a substantially identical production level between the theses and a limited variation in the distribution of production in the size classes to the advantage of the standard fertilization thesis in the larger caliber grouping.*

ALBERTO PARDOSSI<sup>1</sup>

*Orticultura protetta: tecnologie e strategie sostenibili*

<sup>1</sup> Accademia dei Georgofili; Università di Pisa

Negli ultimi 60 anni, la coltivazione in ambiente protetto, in particolare quella di ortaggi, si è notevolmente diffusa in diversi Paesi, tra cui i Paesi Bassi, la Spagna, l'Italia, la Turchia, il Marocco, la Cina e, più recentemente in Russia e nei Balcani. Secondo alcune previsioni, il mercato globale dell'orticoltura in serra continuerà a espandersi nei prossimi dieci anni, con un tasso di crescita annuo superiore al 7%. Tra i principali fattori che guidano questa espansione si segnalano la crescente richiesta di prodotti freschi, di qualità elevata e sostenibili, l'impatto del cambiamento climatico sull'agricoltura tradizionale e la necessità di un uso più efficiente di risorse essenziali come acqua e suolo, particolarmente in aree in cui queste scarseggiano. L'adozione delle colture in serra ha portato significative trasformazioni nel settore agricolo dei Paesi coinvolti, con conseguenze sia positive che negative. Tra i vantaggi, si evidenziano il miglioramento della sicurezza alimentare, l'aumento di opportunità lavorative qualificate e l'innovazione tecnologica, in particolare nell'ambito della protezione biologica dai parassiti. Tuttavia, vi sono anche aspetti critici, come lo sfruttamento della manodopera, l'impatto ambientale e le modifica-

zioni del paesaggio rurale. Per garantire un futuro sostenibile alla serricoltura, è necessario affrontare le principali problematiche legate all'elevato consumo di acqua ed energia, all'impiego massiccio di coperture in plastica per serre e tunnel e all'uso eccessivo di fertilizzanti chimici, che possono causare la salinizzazione del suolo e la contaminazione delle falde acquifere.

*Over the last 60 years, greenhouse horticulture, particularly of vegetables, has seen significant growth in several countries, including the Netherlands, Spain, Italy, Turkey, Morocco, China, and more recently in Russia and the Balkans. The global greenhouse horticulture market is expected to continue to expand over the next decade, with an annual growth rate of more than 7%. The main drivers of this expansion include the growing demand for fresh, high-quality, sustainable produce, the impact of climate change on traditional agriculture, and the need for more efficient use of essential resources such as water and soil, particularly in areas where these are scarce. The adoption of greenhouse cultivation has led to significant transformations in the agricultural sector in the countries involved, with both positive and negative consequences. The benefits include improved food safety, increased skilled employment opportunities, and technological innovation, particularly in the field of biological pest control. However, there are also critical aspects, such as the exploitation of labor, environmental impact and changes in the rural landscape. To ensure a sustainable future for greenhouse cultivation, it is necessary to address the main issues related to the high consumption of water and energy, the massive use of plastic covers for greenhouses and tunnels and the excessive use of chemical fertilizers, which can cause soil salinization and contamination of aquifers.*

SILVIO FRITEGOTTO<sup>1</sup>

*Orticoltura in serra: luci e ombre*

<sup>1</sup> Collegio Provinciale degli Agrotecnici e degli Agrotecnici Laureati di Latina

Anche se il titolo dell'intervento farebbe pensare all'Illuminazione artificiale a LED per le "luci", nonché ai pannelli fotovoltaici per le "ombre", il filo conduttore dell'intervento è ben diverso. Vengono affrontati i vari aspetti tecnico/pratici che i professionisti del settore trattano spesso nella quotidianità del lavoro, in qualità di consulenti specializzati nelle colture orticole in serra, sia su suolo che in fuori suolo.

Per queste tipologie di coltivazioni, tante “luci” o vantaggi; infatti le colture in serra sono tra le coltivazioni più innovative e produttive, a partire dal vivaismo di giovani piante, fino alla produzione di ortaggi a frutto e a foglia. Purtroppo spesso si incontrano anche delle “ombre” o delle criticità, che molte volte stridono con tutte le belle parole di “Agricoltura sostenibile”, o di “Agricoltura 4.0 o 5.0”, ecc.

Questa dualità “Luci ed Ombre”, evidenzia alcuni aspetti pratici da migliorare, come per esempio l’uniformità di distribuzione dell’acqua irrigua e la migliore efficienza di utilizzo sia della risorsa acqua, sia di fertilizzante, attraverso l’utilizzo di una corretta progettazione, realizzazione e gestione dell’irrigazione a goccia e della fertirrigazione, partendo da analisi del terreno, dagli estratti acquosi del suolo e dalle analisi chimiche dell’acqua di irrigazione.

Per le strutture di protezione, non si può non mettere in evidenza la reale situazione della maggior parte delle serre in Italia e della criticità della loro gestione dovuta alle elevate temperature primaverili-estive.

*Although the title of the talk would make one think of LED artificial lighting for the ‘lights’, and photovoltaic panels for the ‘shadows’, the theme of the talk is quite different. It deals with the various technical/practical aspects that professionals in the sector often deal with in their daily work, as consultants specialising in horticultural crops in greenhouses, both on and above ground.*

*For these types of crops, there are many ‘lights’ or advantages; in fact, greenhouse crops are among the most innovative and productive crops, starting with the nursery cultivation of young plants and ending with the production of fruiting and leafy vegetables. Unfortunately, one often encounters ‘shadows’ or criticalities as well, which many times clash with all the fine words of ‘Sustainable Agriculture’, or ‘Agriculture 4.0 or 5.0’, etc.*

*This duality ‘Lights and Shadows’, highlights some practical aspects to be improved, such as the uniformity of irrigation water distribution and the better use efficiency of both water and fertiliser resources, through the use of correct design, implementation and management of drip irrigation and fertigation, starting from soil analysis, soil water extracts and chemical analysis of irrigation water.*

*For protective structures, we cannot fail to highlight the real situation of most greenhouses in Italy and the criticality of their management due to the high spring-summer temperatures.*

GIUSEPPINA PENNISI<sup>1</sup>

*Vertical farming: innovazione tecnologica per un'orticoltura urbana sostenibile*

<sup>1</sup> Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agroalimentari, Alma Mater Studiorum, Università di Bologna

Negli ultimi decenni, l'urbanizzazione crescente e la necessità di sistemi alimentari più sostenibili hanno spinto la ricerca verso nuove soluzioni per la produzione agricola. Il vertical farming, o agricoltura verticale, rappresenta una delle innovazioni più promettenti per l'orticoltura urbana, consentendo la produzione di alimenti in ambienti controllati, con un utilizzo ottimizzato di acqua, suolo ed energia. Grazie all'integrazione di tecnologie avanzate, come sistemi idroponici e aeroponici, illuminazione a LED e automazione, il vertical farming offre vantaggi significativi in termini di produttività e sostenibilità. Tuttavia, il settore presenta anche sfide, tra cui elevati costi di installazione e un consumo energetico rilevante. Questo intervento analizzerà i principali aspetti di questa tecnologia, con un focus sull'efficienza d'uso delle risorse e sulle prospettive future.

Il vertical farming offre numerosi benefici rispetto all'agricoltura tradizionale e alle serre convenzionali. Tra i principali vantaggi si annoverano: produzione continua (possibilità di coltivare tutto l'anno senza essere influenzati dalle stagioni o dalle condizioni climatiche esterne), efficienza nell'uso delle risorse (ad esempio, riduzione del consumo idrico fino al 90% rispetto ai sistemi tradizionali, eliminazione della necessità di suolo fertile e utilizzo mirato dei fertilizzanti), minori sprechi alimentari (raccolto più uniforme, assenza di impurità e possibilità di produzione vicino ai centri urbani, riducendo le perdite nella filiera logistica), e assenza di pesticidi (l'ambiente controllato aiuta a prevenire infestazioni e malattie, eliminando la necessità di trattamenti chimici dannosi).

Tuttavia, sussistono anche delle criticità che riguardano il sistema. Le più note sono le seguenti: costi elevati di installazione (la realizzazione di una vertical farm può richiedere investimenti da 3 a 10 volte superiori rispetto a una serra tradizionale), consumo energetico (l'illuminazione artificiale e i sistemi di controllo climatico aumentano i costi operativi e la dipendenza dall'energia elettrica), sostenibilità economica variabile (non tutte le colture sono adatte a questo sistema, quindi la selezione delle specie è cruciale per garantire redditività), e necessità di elevate competenze tecniche (la gestione di una vertical farm richiede conoscenze specifiche in ingegneria, agronomia e gestione energetica).

Come accennato in precedenza, uno degli aspetti più rilevanti del vertical farming è l'ottimizzazione delle risorse naturali. L'acqua è utilizzata in modo estremamente efficiente grazie a sistemi di ricircolo chiusi, che minimizzano

le perdite per evaporazione e drenaggio. L'assenza di suolo riduce l'erosione e il degrado del terreno, mentre la somministrazione mirata di nutrienti consente di evitare sprechi e contaminazioni ambientali. Per quanto riguarda l'energia, le strategie per migliorare l'efficienza includono: utilizzo di LED a basso consumo per massimizzare la fotosintesi con il minor impiego di elettricità, ottimizzazione del layout delle strutture per garantire una distribuzione uniforme della luce e ridurre il fabbisogno energetico per il riscaldamento o il raffreddamento, integrazione di fonti rinnovabili, come pannelli solari o sistemi di recupero del calore, per abbattere l'impatto ambientale.

Il successo economico del vertical farming dipende dalla scelta delle colture e dall'efficienza gestionale. Le specie più adatte sono quelle ad alto valore commerciale, con cicli colturali brevi e un'elevata resa per metro quadro, come lattuga, basilico e micro-ortaggi. Alcune aziende sperimentano anche colture più complesse, come il pomodoro nano o lo zafferano, ma la loro sostenibilità economica è ancora oggetto di studio. L'energia rappresenta una delle principali voci di costo. Studi recenti mostrano che il costo energetico per chilogrammo di prodotto varia a seconda della localizzazione geografica e del mix energetico utilizzato. Ad esempio, in alcuni paesi il prezzo dell'energia incide pesantemente sulla redditività del sistema, mentre in altri contesti l'adozione di energie rinnovabili può migliorare la sostenibilità economica.

L'uso di fonti energetiche rinnovabili è essenziale per ridurre l'impatto ambientale del vertical farming. Studi condotti su impianti in Svezia dimostrano che la scelta della fonte energetica può influenzare l'impronta di carbonio fino al 30%. L'integrazione con pannelli fotovoltaici, turbine eoliche o sistemi di cogenerazione può ridurre significativamente le emissioni di gas serra e rendere il vertical farming un'opzione ancora più sostenibile.

Il vertical farming rappresenta una rivoluzione per l'agricoltura urbana, offrendo un modello produttivo innovativo e altamente efficiente. Sebbene vi siano ancora sfide da affrontare, le continue innovazioni tecnologiche stanno migliorando la sostenibilità economica ed ambientale di questi sistemi. Il futuro del vertical farming dipenderà dalla capacità di integrare soluzioni energetiche sostenibili, ridurre i costi operativi e ampliare la gamma di colture economicamente vantaggiose.

Le prospettive includono lo sviluppo di impianti sempre più automatizzati, l'uso di intelligenza artificiale per l'ottimizzazione della produzione e la collaborazione tra ricerca accademica e industria per migliorare le prestazioni del settore. Con un'attenzione crescente verso l'autosufficienza alimentare e la riduzione dell'impatto ambientale, il vertical farming potrebbe diventare un pilastro della produzione agricola del futuro, garantendo cibo sano e sostenibile per le città di domani.