Frutticoltura di precisione: sensoristica di monitoraggio e automazione del frutteto

Luglio 12, 2026 · Mario



Possiamo definire la frutticoltura come quel ramo dell'agricoltura dedicato alla **coltivazione di alberi da frutto**. La frutticoltura di precisione, in particolare, si avvale di tecniche di agricoltura 3.0 e 4.0 integrando la collocazione geo-spaziale delle coltivazioni con il monitoraggio attraverso sensori che sfruttano un continuo scambio di dati e informazioni.

Nell'era dell'informazione l'agricoltore diventa, dunque, un esperto del campo, che utilizza le tecniche di monitoraggio per coltivare non solo il frutto perfetto ma anche un futuro più redditizio e soprattutto sostenibile. Le linee guida oggettive diventano lo strumento che permette di ottimizzare la coltivazione per restare al passo con le richieste di mercato.

La frutticoltura di precisione

L’agricoltura di precisione si sviluppa a partire degli anni ‘90 con l’introduzione di tecniche quali il monitoraggio e la geolocalizzazione come pratiche di analisi. Queste pratiche non sono solo metodologie, ma veri e propri dialoghi con il tempo e lo spazio, che permettono una gestione delle coltivazioni che risponde a condizioni specifiche. Ad essa segue cronologicamente lo sviluppo dell’agricoltura 4.0, o agricoltura digitale, che attraverso la comunicazione di strumenti quali dati, sensori e tecnologie di monitoraggio crea una comunicazione condivisa di informazioni.

La frutticoltura presenta delle peculiarità specifiche di coltivazione che la distinguono da altre tipologie di colture:

- presenta una **superficie vegetativa discontinua** – la forma della chioma fa sì che i diversi punti di essa non abbiano la stessa esposizione rispetto alla luce del sole;
- è una pianta **dotata di memoria** e ciò implica che gli interventi degli anni precedenti impattano sulla produzione attuale;
- **la raccolta di frutti può avvenire più volte** e/o in maniera parziale; ci si può interessare ad una sola parte della pianta.

A questo proposito, infatti, la frutticoltura di precisione considera come parametri di monitoraggio e analisi la chioma e il frutto di una pianta sfruttando i dati raccolti per agire sulle due zone di riferimento.

La frutticoltura di precisione fornisce informazioni grazie alle quali il frutticoltore può decidere di gestire una zona della coltivazione uniformando gli interventi per ottenere una coltura equilibrata – attuare quindi trattamenti più o meno intensamente a seconda che la pianta sia sana o meno sana – ; oppure potrà scegliere di potenziare le peculiarità di alcune zone – che rappresenta un fattore limitante, tuttavia significa tralasciare perlopiù tratti in cui non è possibile incrementare la produzione.

Per definire i parametri da considerare nell’applicazione della frutticoltura di precisione è possibile ricorrere all’ecofisiologia: una branca delle scienze della pianta che studia il funzionamento della pianta in sé e quali sono le relazioni pianta-suolo, pianta-atmosfera e pianta-suolo-atmosfera. Attraverso interventi mirati si ottiene una consapevolezza evolutiva del processo produttivo che abbraccia la sostenibilità in tutte le sue forme: economica,

ambientale ed etica. L’utilizzo del monitoraggio come strumento di predizione delle performance del frutteto, inoltre, permette di ottimizzare gli interventi attraverso un utilizzo razionale delle risorse per ottenere il massimo vantaggio dal frutto.

Frutticoltura di precisione e PMI

La frutticoltura di precisione è una tipologia di coltivazione che sembra presentare numerose difficoltà applicative. Tuttavia, la sempre più frequente e costante integrazione di pratiche di monitoraggio con la sensoristica 4.0 permette uno sviluppo determinante di questo tipo di coltivazione.

La frutticoltura di precisione non è solo una pratica agricola, è un impegno verso l’innovazione responsabile e la sostenibilità. Riuscire a bilanciare quantità e qualità di un frutto determina un valore aggiunto. In effetti, con le giuste misurazioni e il supporto professionale l’applicazione della frutticoltura di precisione può rappresentare un investimento vantaggioso per le PMI del territorio italiano.

Parametri di monitoraggio della chioma

La frutticoltura di precisione, come già detto, fa riferimento a **due parametri di monitoraggio** dello stato della pianta: la **chioma** e il **frutto**.Il monitoraggio della chioma è basato sullo studio delle funzionalità della foglia; la chioma di un albero è infatti un organo complesso che comunica con il mondo attraverso la fotosintesi e la conduttanza stomatica. Monitorare questi processi significa comprendere il linguaggio delle piante e rispondere con precisione alle loro esigenze. Per fare ciò bisogna conoscere e comprendere le attività che la foglia svolge nel processo di nutrimento delle piante.

immagine

I frutti si restringono e si allargano durante il giorno. Questi cambiamenti sono determinati dalla fisiologia di crescita specifica di quella specie da frutto in quel momento della stagione; dalle condizioni ambientali e dalle condizioni dell’albero. La crescita del frutto è una funzione data da tre componenti principali: floematica, xilematica e traspirativa.

Il floema dipende dall’assimilazione di CO_2. Il frutto è per la pianta un organo di riserva in cui vengono accumulati dei carboidrati. I meccanismi di accumulo dei carboidrati sono condizionati dalle quantità di floema trasportati all’interno dei frutti. Il trasporto dei

carboidrati si chiama caricamento floematico e avviene attraverso i fasci vascolari floematici.

Lo xilema, insieme ai potenziali idrici, determina il movimento dell'acqua in un frutto. C'è una competizione tra i diversi organi della pianta: in certi momenti della giornata il frutto compete con le foglie per trasportare verso di sé l'acqua che la pianta assorbe dal terreno. Le condizioni ambientali sono il principale driver di accrescimento del frutto.

La traspirazione rappresenta uno dei motori che guida la velocità di trasferimento di floema e xilema all'interno del frutto. Più il frutto traspira, più aumenta i suoi potenziali idrici o osmotici, più i flussi – floema e xilema – si muovono all'interno del frutto. La traspirazione, oltre a essere una componente genetica, è anche una componente legata alle condizioni ambientali che con pratiche di management è possibile gestire e modificare.

Il monitoraggio della crescita del frutto avviene in tre situazioni:

- **Situazione di controllo**: tutte le comunicazioni vascolari sono attive con il ramo principale, quindi floema, xilema e traspirazione vanno nelle loro direzioni naturali;
- **Situazione di analatura**: viene tolta la componente floematica e il frutto sfrutterà solo xilema e traspirazione;
- **Situazione staccata**: eliminiamo sia la componente xilematica e floematica e in questo caso si osserva solo una decrescita dovuta alla perdita di acqua.

Per monitorare un frutteto può essere utilizzato il *Wireless Sensor Network System* (WSN *System*). Rappresenta un'implementazione dei sensori che può essere collocata all'interno del frutteto. Il WSN *System* sfrutta una comunicazione via radio con un coordinatore principale. Su questo è montata anche una centralina meteorologica che trasmette via GPRS (*General Packet Radio Service*) i dati online. L'utilizzo del WSN *System* è un fattore che permette alla frutticoltura di avere un'osservazione oggettiva di quali siano gli stati fisiologici o le condizioni microclimatiche che poi possono dare un'indicazione delle pratiche di management da attuare.

Sensoristica per il frutto

Le tecniche di rilevamento dell'accrescimento dei frutti si dividono in due grosse categorie: i **sensori prossimali** e le **tecniche di visione**.

Tra i sensori prossimali ci sono i calibri che riescono a misurare con precisione la dimensione dei frutti. Indirettamente possono misurare anche la quantità di frutti per albero e di alberi per ettaro. Se i calibri sono dotati anche di *data logger* sono in grado di fornire delle statistiche sull'andamento dell'accrescimento utili ad un possibile modello previsionale con base statistica di resa per ettaro. Con l'utilizzo di questo sensore si possono anche suddividere i frutteti in zone e studiare la variabilità di quantità e qualità del frutteto tramite la creazione di mappe di prescrizione.

Le tecniche di visione sono costituite da più sensori di remote sensing che vengono utilizzati principalmente per la captazione della posizione e del numero di frutti. L'approccio di base è unire diverse operazioni per sfruttare al meglio le tecnologie 4.0. I sistemi di visione, inoltre, sono in grado di guidare i robot che si utilizzano all'interno di un frutteto in termini di direzionalità e movimentazione.Frutticoltura 4.0: il progetto S3O

Il progetto S3O – ***Smart Specialized and Sustainable Orchid*** – introduce le tecnologie 4.0 in frutticoltura con l'obiettivo di mostrare come l'applicazione di tali tecnologie innovative sia vantaggiosa per la filiera frutticola. L'idea di questo progetto è prendere delle tecnologie commerciali e implementarle all'interno di un frutteto, basandosi soltanto sulla conoscenza fisiologica di una specie. Le implementazioni sono di grosso impatto. Una era legata all'utilizzo di un rover elettrico che faceva i trattamenti all'interno del frutteto e che veniva ricaricato attraverso delle plastiche fotovoltaiche montate sopra all'impianto antigrandine. L'altra riguardava la riduzione dell'irrigazione attraverso un ombreggiamento che queste strutture fotovoltaiche provocano sulle piante sottostanti.

Immagine

È stato installato un sistema di distribuzione di prodotti fitosanitari fisso. Una parte di frutteto è tradizionale, coperta da una rete antigrandine nera. L'altra parte di frutteto, invece, è coperta con una rete polifunzionale. Dentro ognuno dei due frutteti sono state montate delle centraline meteorologiche con le quali creare il calcolo dell'evapotraspirazione delle piante specifico in relazione alle condizioni ambientali microclimatiche delle diverse coperture.

Come risultato non si sono osservate differenze in termini di fotosintesi e di conduttanza stomatica. Tuttavia, misurando la traspirazione si verifica una traspirazione molto più bassa per le piante ombreggiate da rete polifunzionale. Traspirazione molto più bassa, significa

minore richiesta di acqua. Anche dal punto di vista della produzione non si osservano differenze. Quindi dal punto di vista di sostenibilità ambientale per la riduzione si presenta un enorme vantaggio.

articolo a cura di Alessia Ciccarelli

Fonte: https://www.ruralhack.org/frutticoltura-di-precisione-sensoristica-di-monitoraggio-e-automazione-del-frutteto-2/