

PRODOTTO 4.1.2 - SOLUZIONI DI RICERCA APPLICATA CLIMA

Soluzioni di ricerca applicata con il progetto Alpimed CLIMA

“Riduzione e controllo del consumo idrico riferito a specie tipiche dell’areale transfrontaliero – casi studio”

INDICE

PRESENTAZIONE CASI STUDIO.....	pag. 2
CASO STUDIO 1.....	pag. 4
Irrigazione in deficit o deficit idrico controllato.....	pag. 4
Tensiometro.....	pag. 8
Sensori a matrice granulare (Watermark).....	pag. 12
Sonda a neutroni.....	pag.16
Dendrometri.....	pag.20
CASO STUDIO 2.....	pag. 25
Analisi rapida in loco dei nutrienti.....	pag. 25

CASO STUDIO 1

OTTIMIZZAZIONE DELLA RISORSA IDRICA NELL'IRRIGAZIONE DELL'OLIVO

1. Introduzione

- ✓ L'**olivo** è una specie efficiente: è in grado di assorbire acqua dal suolo a potenziali idrici quasi doppi rispetto ad altre specie (potenziale matriciale «più negativo»)
- ✓ Vantaggi dell'irrigazione:
 - Aumento numero infiorescenze
 - Minore incidenza aborto ovario
 - Aumento percentuale di allegagione
 - Riduzione cascola
 - Aumento pezzatura dei frutti
 - In generale mitiga l'alternanza produttiva (carica e scarica tipica della specie)
- ✓ Il **calcolo del fabbisogno idrico** (quanta acqua occorre reintegrare affinché la pianta svolga correttamente le sue funzioni) è legato al bilancio tra gli apporti naturali (pioggia) e le perdite

2. Elementi chiave per il calcolo dei fabbisogni idrici

- ✓ **Evapotraspirazione** - descritta dalla seguente formula:
 - $ET_c = ET_0 * K_c * K_r$
 - Dove:
 - ET_0 evaporazione di riferimento (di norma su base storica in funzione della specie)
 - K_c coefficiente colturale in funzione di specie, età, LAI, fase fenologica,...
 - K_r coefficiente di copertura del suolo (%)
 - Evapotraspirazione è la somma di perdite di acqua:
 - Evaporazione: dal suolo – f (LAI; potatura; modalità irrigazione;...)
 - Traspirazione: dagli stomi (per l'olivo da 2,3 a 6,9 l/m² al giorno)
- ✓ **Stato idrico** (terreno e foglie): fondamentale per determinare l'inizio della stagione irrigua, di solito determinata in modo empirico

3. Innovazioni «pronte all'uso» applicabili al settore olivicolo – (schede di dettaglio da pag. 5)

- ✓ **Irrigazione in deficit o deficit idrico controllato:**
 - Apporto idrico ridotto e/o sospeso nelle fasi fenologiche meno sensibili
 - Max sensibilità: fioritura, allegagione, accrescimento del frutto
 - Min sensibilità: durante indurimento del nocciolo (40-50 gg)
- ✓ **Stima diretta della traspirazione** attraverso la misura del flusso xilematico (si utilizza il «calore» come tracciante)
- ✓ **Verifica dello stato idrico del suolo – sistemi differenti**

- **Tensiometri:** misurano la depressione che si crea in un tubo saturato d'acqua al cui interno si trova materiale ceramico quando vi è richiesta di acqua da parte della pianta, alterando l'iniziale equilibrio con la soluzione del suolo;
- **Sensori a matrice granulare:** il principio di funzionamento è analogo ai tensiometri ma all'interno di questo tipo di sensori è presente una matrice granulare accoppiata al materiale ceramico o al gesso tipico dei tensiometri;
- **Sonde a neutroni:** emettono neutroni (fonte radioattiva) ad alta velocità all'interno del suolo che collidono con gli atomi di H perdendo velocità ed essendo così rilevabili da un sensore;
- **Dendrometri:** misurano incremento diametro di fusto/rami (correlato allo stato idrico della pianta)

CASO STUDIO 2

OTTIMIZZAZIONE DELLA FERTIRRIGAZIONE IN SERRA

1. Introduzione

Per fertirrigazione si intende una tecnica che permette la distribuzione di fertilizzanti insieme all'acqua di irrigazione, in questo modo migliorando l'assorbimento delle sostanze nutritive da parte delle piante. Metodi di irrigazione basati sulla distribuzione di volumi di acqua ridotti nell'unità di tempo (micro portata o irrigazione a goccia) sono quelli più diffusi per l'applicazione della fertirrigazione e permettono al contempo un significativo risparmio di acqua.

Qui di seguito sono presentate due soluzioni di facile applicazione all'interno di aziende che impiegano la fertirrigazione al fine di ottimizzare la formulazione e la composizione della soluzione nutritiva distribuita.

2. Utilizzo di elettrodi selettivi per una rapida analisi dei nutrienti in azienda e dispositivi basati sulla colorimetria

Gli elettrodi ionoselettivi sono sensori che rispondono selettivamente a uno ione presente in una soluzione, consentendo la misura della sua concentrazione. Spesso misurano solo uno ione, ma alcune apparecchiature possono misurare diversi nutrienti contemporaneamente.

La soluzione può essere una soluzione nutritiva, drenaggio, soluzione del suolo o linfa delle piante. La determinazione è rapida e semplice, il che rende possibile effettuare la misurazione direttamente in azienda. Di conseguenza, non è necessario inviare il campione a un laboratorio di analisi. Ciò consente un rapido processo decisionale e riduce il costo dell'analisi. I dispositivi colorimetrici utilizzano strisce impregnate in un reagente specifico che poi reagisce con il composto da misurare. L'intensità del colore che si sviluppa nelle strisce di prova è correlata alla concentrazione del composto. Sono disponibili diversi misuratori che misurano quantitativamente l'intensità del colore della striscia di prova come il Merck RQ Reflectoquant.

CASO STUDIO 1

Irrigazione in deficit o deficit idrico controllato

Utilizzato per

- Un utilizzo più efficiente dell'acqua

Colture per le quali è utilizzata

- Alberi da frutto e vite
- Ortaggi

Tipo di coltivazione

- In suolo
- Protetta
- Pieno campo

Descrizione della tecnologia

Fine/scopo della tecnologia

Il metodo consiste nell'imporre uno stress idrico nelle fasi chiave dello sviluppo vegetazionale e dello sviluppo dei frutti per limitare il consumo di acqua senza influire sulla resa potenziale.

Principio di funzionamento

Il deficit di irrigazione (DI) consiste nell'applicazione di acqua al di sotto del livello di piena evapotraspirazione della coltura o al di sotto dell'effettivo bisogno di acqua. Il DI è una strategia di irrigazione che può essere applicata attraverso diversi tipi di metodi di irrigazione.

La corretta applicazione del DI richiede una conoscenza approfondita di come la resa della coltura risponde all'acqua (sensibilità delle colture allo stress da siccità) e dell'impatto economico derivanti dalla riduzione delle rese.

Nell'irrigazione a deficit, l'intera zona radicale viene irrigata (diversa con irrigazione parziale delle radici). È necessario determinare l'ETc per ciascuna coltura (noto per le erbacee, più complicato per le colture arboree e la vite). Per l'irrigazione a deficit, ci possono essere due situazioni. O la riduzione del volume di irrigazione è compensata dall'acqua immagazzinata nelle riserve del suolo o l'approvvigionamento idrico del suolo è insufficiente e il potenziale massimo di ET è ridotto.

Due tecniche principali si basano sulla conoscenza della risposta delle colture allo stress idrico: la RDI, irrigazione a deficit regolamentato, e la PDI, l'irrigazione a deficit parziale, anche chiamata essiccazione parziale della zona radicale (PRD), dove solo metà dell'apparato radicale è irrigato.

Il meccanismo è il seguente: la siccità viene rilevata al livello delle radici da un aumento di acido abscisico (ABA) all'interno dello xilema, un segnale chimico anti-stress della radice. Questo segnale limita la conduttanza stomatica, che riduce l'apertura stomatica e l'evapotraspirazione.

Nella letteratura scientifica, ci sono variazioni sostanziali in termini della definizione di "deficit idrico" per le colture agricole. Per facilitare l'analisi e la sintesi dei risultati delle ricerche pubblicate, definiamo il deficit idrico secondo i seguenti 5 livelli:

1. Deficit idrico grave – l'acqua del suolo è inferiore al 50% della capacità del campo
2. Deficit idrico moderato – l'acqua del suolo è tra il 50 e il 60% della capacità del campo
3. Deficit idrico lieve – l'acqua del suolo è tra il 60 e il 70% della capacità del campo
4. Nessun deficit o irrigazione completa – l'acqua del suolo è generalmente maggiore del 70% della capacità di campo durante il periodo chiave di crescita della pianta
5. Sovra-irrigazione – la quantità di acqua irrigata può essere maggiore di quanto le piante richiederebbero per una crescita ottimale.

L'irrigazione a stadi deficitari è definita come RDI applicata a differenti stadi dello sviluppo della pianta, con l'acqua applicata per soddisfare la piena evapotraspirazione delle piante (ET) nelle fasi critiche di crescita e applicata di meno nelle fasi non critiche di crescita. Il principio alla base di questo approccio è che la risposta delle piante allo stress idrico indotto RDI varia con le fasi di crescita e che una minore irrigazione applicata alle piante in stadi non critici potrebbe non causare impatti significativamente negativi sulla produttività delle piante, anche se potrebbe ridurre la normale crescita delle piante.

Per applicare questo approccio in maniera efficace, è necessario predeterminare gli stadi critici di crescita per una specifica specie di colture e cultivar, e valutare la sensibilità relativa delle piante coltivate al deficit idrico nei vari stadi del loro ciclo vita.

L'applicazione della RDI migliora la resa per unità di irrigazione (resa per unità di irrigazione è comunemente nota come efficienza di utilizzo dell'acqua). Nell'ambito della RDI è stato osservato ad esempio un aumento di produzione di pesche da conserva da 4,9 a 8.0 t/ha (Figura 1). L'aumento dell'efficienza di utilizzo dell'acqua è dovuto in larga parte alla riduzione della traspirazione, che può arrivare fino al 50%.

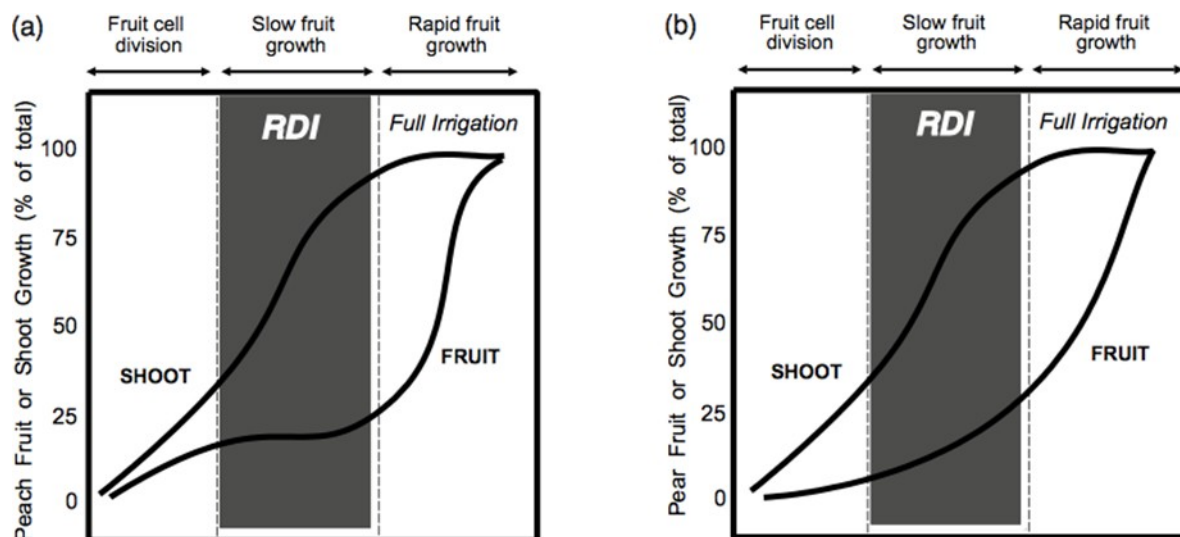


Figura 1. Modello tipico di crescita di germogli e frutti per (a) pesche e (b) pere europee, dalle pratiche di irrigazione a deficit (FAO.org).

Condizioni operative

Strategie di irrigazione deficitarie sono state sviluppate per frutteti ad alta densità (melo, pero, pesco) e per bilanciare la crescita vegetativa e riproduttiva. La tolleranza delle piante alla siccità è diversa nei diversi stadi di crescita. Pertanto, l'irrigazione deficitaria si basa sulle fasi di crescita delle piante e l'irrigazione completa viene applicata durante lo stabilimento e la fioritura per evitare effetti negativi sul potenziale di rendimento.

Per prevedere i tempi di re-irrigazione, possono essere utilizzati modelli predittivi. I modelli sono basati sulla modellazione dell'ABA prodotto a livello radicale e sulla modellazione suolo-pianta-atmosfera, ma questi modelli (DAISY) devono migliorare per essere utilizzati nella pratica. È anche possibile utilizzare modelli SVAT, come AquaCrop.

La RDI è stata studiata principalmente su colture perenni, ma dovrebbero portare beneficio anche ad alcune colture annuali.

La RDI è stata testata in molte colture arboree e vitigni con risultati generalmente buoni, in particolare per quanto riguarda la qualità del prodotto.

Si è scoperto che la RDI controlla la crescita vegetativa, aumenta la fruttificazione e aumenta la precocità e la quantità di solidi solubili nei frutti.

La chiave per il successo della RDI è un buon controllo di tutte le acque (irrigazione o pioggia) e dell'acqua che deve essere disponibile per l'intera stagione di crescita.

Il controllo del volume dell'acqua del suolo è reso possibile da due fattori, la capacità pratica di ottenere regimi di irrigazione ad alta frequenza e la capacità di limitare attentamente l'acqua del suolo controllando la quantità di applicazione e la dimensione del volume bagnato del suolo disponibile per le radici.

Implementare la tecnologia in molte aree può essere una pratica difficile perché tutti i risparmi d'acqua si hanno tipicamente all'inizio della stagione, quando l'acqua è di solito più abbondante.

Criticità di tipo tecnologico

In un ambiente caldo e secco (a sud della regione mediterranea), non è raro avere temperature estremamente elevate.

Per gli ortaggi, le piante alle quali si applica l'irrigazione a deficit sono significativamente stressate durante i brevi periodi di ondate di calore. In questo caso, è necessario sospendere temporaneamente l'irrigazione a deficit e sostituirla con una irrigazione completa. Nella pratica, impostare l'irrigazione a deficit è difficoltoso perché richiede il mantenimento di uno stato dell'acqua delle piante entro limiti ristretti.

Benefici per il coltivatore

Vantaggi

- Risparmiare acqua durante l'irrigazione (perdite dovute a evapotraspirazione dal suolo e perdite legate alla distribuzione alla terra.
- Migliorare l'efficienza nell'uso dei nitrati
- Ridurre al minimo la lisciviazione dei nutrienti
- Migliorare la qualità del frutto (aumento del peso secco del frutto, dei solidi solubili totali, dell'intensità del colore, del contenuto di zuccheri, dell'acidità totale e del contenuto totale di antiossidanti)

Svantaggi

- Rischio di una diminuzione della resa dei frutti (aumento dei frutti non commercializzabili e dei frutti

di piccole dimensioni)

- Rischio di aborto dei fiori e difficoltà di allegagione
- Rischio di aumento della salinità del suolo

Sistema di supporto richiesto

I modelli sono necessari per determinare meglio il periodo di re-irrigazione. La calibrazione è stata effettuata solamente per pochi terreni. È necessario un forte supporto tecnico per impostare la tecnica.

Fase di sviluppo

Prove di campo

Commercializzato

Brevettati

Non brevettata, queste tecniche sono state sviluppate in centri di ricerca.

La tecnologia è trasferibile ad altre colture/climi/sistemi di coltivazione?

Per trasferire l'irrigazione deficitaria, si raccomanda di fare più studi su diversi tipi di colture in diverse condizioni ambientali.

TENSIOMETRO

Utilizzato per

- Un utilizzo più efficiente dell'acqua

Colture per le quali è utilizzata

- I tensiometri sono utilizzati in una grande varietà di colture ortofrutticole.

Tipo di coltivazione

- In terra
- Protetta
- Pieno campo

Descrizione della tecnologia

Fine/scopo della tecnologia

Lo scopo di un tensiometro è misurare direttamente il potenziale della matrice dell'acqua del suolo, che consiste nella forza che gli apparati radicali devono sviluppare per estrarre l'acqua dal suolo. Questa è una misura affidabile della disponibilità di acqua per le piante.

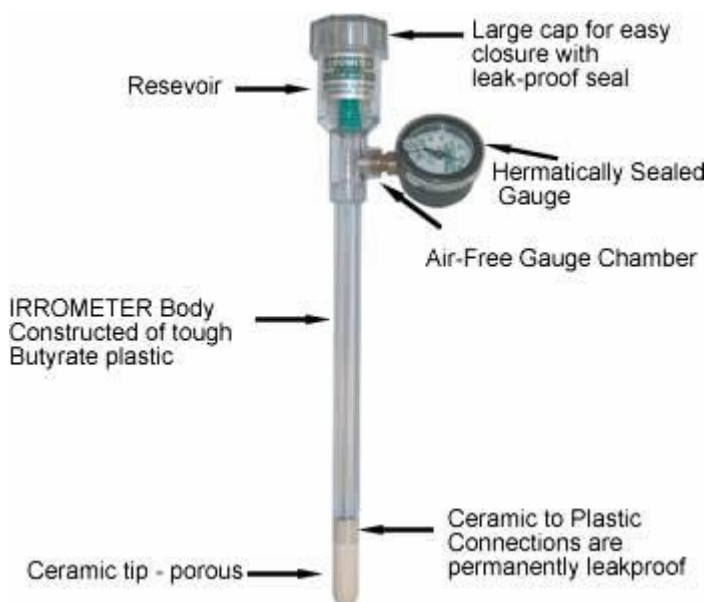


Figura 2. Descrizione delle parti di un tensiometro

Principio di funzionamento

Un tensiometro è un tubo sigillato riempito d'acqua con una punta realizzata in materiale ceramico poroso a contatto con il suolo ad una estremità (Figura 2). L'acqua nel tubo è in equilibrio con la soluzione del suolo. Quando le piante attraverso l'evapotraspirazione (ETP) rimuovono l'acqua dal suolo, l'acqua viene prelevata

dalla punta in ceramica, creando una depressione nel tubo. Questa depressione può essere misurata con un manometro o un indicatore di pressione collegato a un datalogger. È direttamente collegato al potenziale della matrice dell'acqua del suolo (SMP) ed espresso in centibar (cbar) o chilopascal (kPa).

Condizioni operative

I tensiometri del suolo forniscono una misura della tensione della matrice dell'acqua del suolo da 0 a 85 cbar. I tensiometri misurano la tensione dell'acqua in un punto della parcella agricola (pochi centimetri intorno alla sonda porosa).

Pertanto, per avere una buona misura della disponibilità di acqua nel terreno, è necessario installare differenti tensiometri a diversa profondità del suolo (ad es. 20cm, 40cm e 60cm) in forma ripetuta. Per la gestione dell'irrigazione, l'ubicazione dei tensiometri deve tenere conto dell'eterogeneità del suolo: le misurazioni in un punto umido possono indurre deficit di irrigazione in un punto asciutto della stessa coltura.

Generalmente, questo strumento fornisce una misura utile della disponibilità di acqua del suolo per le piante. La gestione dell'irrigazione con tensiometri si basa sull'irrigazione quando la tensione della matrice dell'acqua del suolo raggiunge un limite inferiore (valore "più secco") o un valore soglia. Sono previste soglie per le colture orticole in pieno campo e in serra (Tabella 1).

Tali limiti variano a seconda delle specie vegetali, dello stadio di sviluppo delle colture, della struttura del suolo e delle condizioni di evaporazione.

Coltivazione	Campo aperto	Serra
Peperone	40-50	58
Melone	30-40	35
Pomodoro	40-60	60 (in condizioni di bassa evaporazione: $ET_0 \approx 0.8$ mm/giorno) 40 (in condizioni di evaporazione più elevata: $ET_0 \approx 2-3$ mm/day)

Tabella 1. Valori soglia del potenziale di matrice idrica del suolo (in cbar) per le colture orticole in pieno campo e in serra (Thompson et al., 2007).

Costi

Per installazione di 6 tensiometri rispettivamente con

- raccolta dati manuale: € 300-400
- raccolta dati automatizzata: € 600-1000
- raccolta dati automatizzata e trasmissione dati remota: € 1400-3000

E' necessaria una manutenzione settimanale o giornaliera per controllare il livello dell'acqua nel tubo, per controllare il buon contatto tra il suolo e il puntale poroso e per mantenere l'acqua all'interno della colonna d'acqua libera da aria disciolta.

Criticità tecnologiche

I tensiometri sono strumenti che necessitano di manutenzione e devono essere rimossi dopo alcuni utilizzi. Quando la punta ceramica è immersa in acqua, potrebbe indicare 0 cbar (saturazione) ma dopo diverse installazioni, viene notificato un alert e i tensiometri devono essere cambiati.

I collegamenti elettrici spesso si rompono o il data logger diventa carente ed è necessario un nuovo investimento.

C'è il rischio di uno scarico d'acqua nelle coltivazioni non irrigate con elevata frequenza quando la domanda evaporativa è alta.

Di conseguenza, non è uno strumento utile per gestire l'irrigazione se il fabbisogno idrico delle colture non è soddisfatto.

Benefici per il coltivatore

Vantaggi

- Buon rapporto qualità/prezzo
- Misurazioni continue
- Disponibilità di trasmissione remota dei dati
- Soglie per l'avvio dell'irrigazione disponibili per numerose colture e tipologie di suolo
- Facile da installare

Svantaggi

- Richiede manutenzione
- Facilmente frangibile durante l'installazione e le pratiche culturali
- Isteresi

Fase di sviluppo

In commercio

Chi fornisce la tecnologia

Fornitori diversi, di facile reperibilità

Brevettato o no

Non brevettato

La tecnologia è trasferibile ad altre colture/climi/sistemi di coltivazione?

Sì, la tecnologia è facilmente trasferibile.

Esistenza di criticità normative

Nessuna

Esistenza di criticità socioeconomiche

La conoscenza della tecnologia e dei costi e la mancanza di consulenza per un buon uso dello strumento possono essere i principali ostacoli socioeconomici. Inoltre, la necessità in specifici casi di dover effettuare misurazioni in assenza di data logger può costituire una criticità.

SENSORI A MATRICE GRANULARE (WATERMARK)

Utilizzati per

- Un utilizzo più efficiente dell'acqua
- Minimizzare l'impatto sull'ambiente dello scarico di nutrienti

Colture per le quali è utilizzata

- Colture arboree
- Colture annuali

Tipo di coltivazione

- Tutti i tipi di coltivazione

Descrizione della tecnologia

Scopo della tecnologia

Un sensore a matrice granulare (GMS) fornisce informazioni sulla quantità di acqua da applicare in un frutteto durante un certo periodo.

Principio di funzionamento dell'operazione

La tecnologia del sensore a matrice granulare riduce i problemi inerenti ai blocchi di gesso (cioè, la perdita di contatto con il suolo mediante dissoluzione e la distribuzione incoerente delle dimensioni dei pori) utilizzando una matrice granulare contenuta in una custodia metallica.

I sensori a matrice granulare funzionano in base allo stesso principio di resistenza elettrica dei blocchi di gesso e contengono un wafer di gesso incorporato nella matrice granulare.

Gli elettrodi all'interno del GMS sono incorporati nel materiale di riempimento granulare sopra il wafer di gesso. Il wafer di gesso si dissolve lentamente, per tamponare l'effetto della salinità della soluzione del suolo sulla resistenza elettrica tra gli elettrodi.

I GMS sono simili a tensiometri in quanto sono costituiti di un materiale poroso che raggiunge l'equilibrio con l'umidità del suolo. La resistenza elettrica tra elettrodi incorporati in un mezzo poroso è proporzionale al suo contenuto d'acqua, che è correlato al potenziale della matrice dell'acqua del suolo circostante. La resistenza elettrica aumenta man mano che il suolo e il blocco perdono acqua.

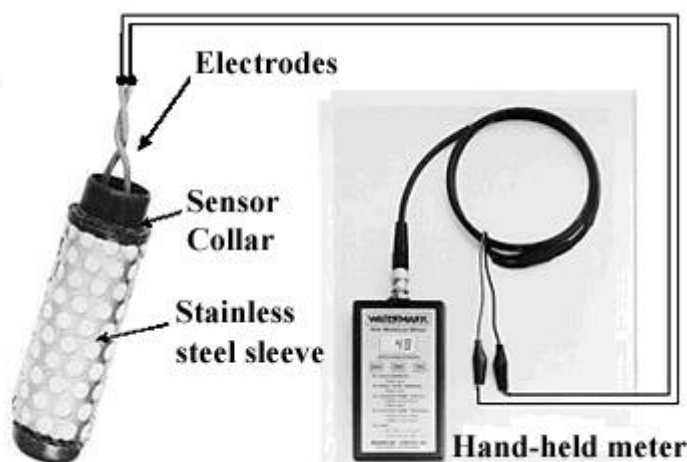


Figura 3. Sensore Watermark (<http://cropwatch.unl.edu/measuring-soil-water-status-using-watermark-sensors>)

Condizioni operative

La preparazione e installazione corretta dei GMS è essenziale per il loro funzionamento.

I sensori devono essere immersi durante la notte e installati bagnati. Se il tempo lo permette, condizionare il sensore con più cicli bagnato/asciutto: immergere il sensore in acqua di irrigazione durante la notte, lasciarlo ad asciugare all'aria per un giorno o due, poi reimmergerlo durante la notte.

Per installare il sensore, deve essere fatto un foro di accesso alla profondità desiderata utilizzando una lunghezza di $\frac{1}{2}$ o $\frac{3}{4}$ di tubo in PVC. Riempire il foro d'accesso con l'acqua, quindi posizionare saldamente il sensore al fondo del foro d'accesso utilizzando un tubo in PVC. Riempire il foro con il terreno e tamponare saldamente ma evitare di compattare il terreno.

Adatto per condizioni di terreno asciutto o terreni argillosi, dove di solito il potenziale della matrice del suolo è alto. I GMS sono convenienti per rilevare il potenziale di acqua del suolo per avviare automaticamente una irrigazione perché non richiedono manutenzione periodica la stagione di crescita. Il GMS ha limitazioni nel leggere il potenziale dell'acqua del suolo in terreni più umidi di -10 centibar.

Per quanto riguarda le soglie e i valori di riferimento per l'irrigazione, dipende dal tipo di coltura, dal tipo di suolo (texture e struttura) e anche dal sistema di irrigazione, in modo che i valori seguenti possano essere presi come riferimento generale:

- 0 – 10 centibar = terreno saturo (capacità del campo)
- 10 – 20 centibar = il suolo è adeguatamente umido (ad eccezione delle sabbie grossolane, che iniziano a perdere acqua)
- 30 – 60 centibar = range usuale per l'irrigazione (ad eccezione dei terreni argillosi pesanti)
- 60 – 100 centibar = range usuale per l'irrigazione in terreni argillosi pesanti
- 100 – 200 centibar = il terreno sta diventando pericolosamente secco per la massima produzione

Nelle applicazioni commerciali di questi sensori, la procedura più semplice si basa sulla determinazione dei valori relativi della capacità di campo da un episodio di saturazione, come una forte pioggia. Con questi valori, e prendendo in considerazione le tendenze del contenuto di umidità del suolo nei precedenti 4-5 giorni, vengono stabiliti opportuni programmi di irrigazione.

Dati di costo

I sensori a matrice granulare hanno il vantaggio di avere un costo unitario basso e procedure di installazione semplici, simili a quelli per i tensiometri. I costi annuali vanno dai 40€ ai 200€, a seconda della società e della frequenza di caricamento.

Criticità di tipo tecnologico

Variabilità, installazione corretta, interpretazione delle informazioni, software facile da usare, vita relativamente breve dei sensori.

Benefici per il coltivatore

Vantaggi

- Risparmio di acqua/fertilizzanti
- Basso costo dell'attrezzatura
- Facile manutenzione
- Informazioni intuitive fornite

Svantaggi

- In molti casi è necessario un aiuto per l'installazione e l'interpretazione
- Breve vita dei sensori
- Relativa lentezza nella risposta ai cambiamenti di umidità del suolo
- Recensione di coltivatori con esperienza
- Soddisfatti dei risultati

Sistemi di supporto richiesti

Valutazione tecnica durante i primi periodi di utilizzo

Fase di sviluppo

In commercio

Chi fornisce la tecnologia

Es. Irrrometer

Brevettato o no

Un sensore a matrice granulare per la misurazione elettronica dell'acqua del suolo è stato brevettato (Larson, 1985; Hawkins, 1993) ed è commercializzato come sensore di umidità del suolo Watermark (Irrrometer Co., Riverside, CA).

Quali tecnologie sono in concorrenza con questa

Sensori dell'impianto, telerilevamento, sensori di umidità del suolo.

La tecnologia è trasferibile ad altre colture/climi/sistemi di coltivazione?

Sì

Descrizione delle strozzature normative

Nessuna

Tecniche risultanti da questa tecnologia

La maggior parte delle strategie di irrigazione possono essere integrate e controllate utilizzando questi dispositivi, come ad esempio l'irrigazione a deficit controllato.

SONDA A NEUTRONI

Utilizzata per

- Preparazione dell'acqua di irrigazione
- Utilizzo più efficiente dell'acqua
- Minimizzare l'impatto sull'ambiente tramite lo scarico di nutrienti

Colture nelle quali è utilizzata

- Frutta
- Ortaggi

Tipo di coltura

- In suolo
- Protette
- All'aria aperta

Descrizione della tecnologia

Fine/scopo della tecnologia

Una sonda a neutroni è utilizzata per determinare il contenuto in volume di umidità e il contenuto di acqua in un profilo di suolo. Aiuta il coltivatore a prendere decisioni riguardo l'irrigazione per la coltura.

Principio di funzionamento dell'operazione

La sonda a neutroni consiste in una fonte di radiazioni (pellet di americio e berillio), che produce neutroni veloci, un rilevatore di neutroni lenti e un contatore di impulsi. La sonda a neutroni lavora attraverso l'emissione di neutroni veloci nel suolo circostante, il quale si scontra con atomi di idrogeno nell'acqua contenuta nel suolo, risultando nella perdita di energia dei neutroni e nel loro rallentamento; i neutroni lenti sono rilevati da un rilevatore di neutroni lenti con successiva conversione in numero. Maggiore è il numero, più numerosi saranno i neutroni che sono stati rallentati e quindi maggiore l'umidità del suolo.

Per misurare l'umidità del suolo vengono inseriti verticalmente nel suolo dei tubi di accesso in alluminio attraverso fori guida, che hanno un diametro leggermente inferiore rispetto ai tubi di accesso per evitare vuoti d'aria. La profondità con la quale i tubi di accesso vengono inseriti dipenderà dalla profondità del suolo e/o della zona di radicazione, i tubi di accesso comunemente sono da 1,2m anche se possono essere utilizzati tubi più profondi o superficiali. Ogni tubo di accesso ha bisogno di una chiusura alla base per fermare l'entrata di acqua e un tappo da collocare in cima per evitare che l'acqua piovana entri nel tubo. Trasferimento di tecniche innovative per l'utilizzo sostenibile delle acque in campi fertirrigati.

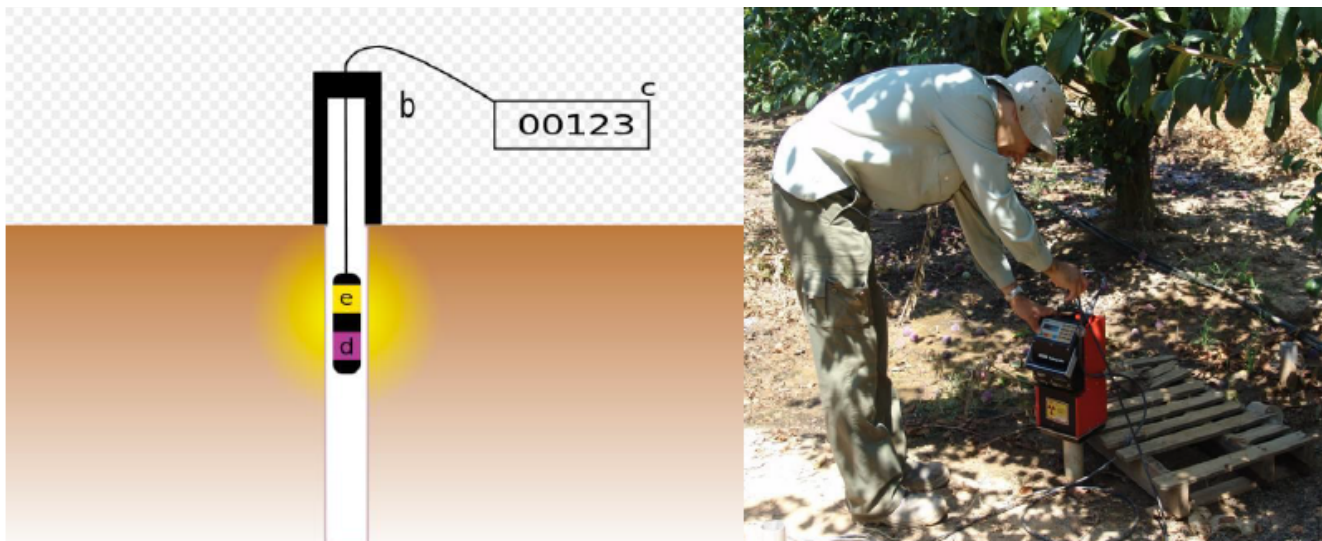


Figura 4. Sonda a neutroni (e=emettitore di neutroni -- d=rilevatore -- b=protezione -- c=contatore)
(https://en.wikipedia.org/wiki/Neutron_probe)

Una volta che i tubi di accesso sono stati installati per una coltura, vengono effettuate delle letture nella stessa posizione lungo tutta la durata della coltura. Per misurare il contenuto di umidità del suolo, la sonda a neutroni viene posizionata sopra al tubo di accesso e la sonda viene abbassata alla prima profondità richiesta, il rilevatore di conteggio viene attivato e il numero di neutroni viene visualizzato.

Il tempo per ciascuna misurazione può essere impostato dall'utente, comunemente servono 16 secondi per fornire risultati ragionevolmente accurati, anche se per una maggiore accuratezza può essere utilizzato un intervallo di tempo maggiore. Tali letture devono essere calibrate su campioni di terreno con contenuti di umidità noti per essere convertiti in contenuto di umidità del suolo. Per convertire le letture in contenuto volumetrico d'acqua viene applicata una curva di calibrazione per ciascun tipo di suolo.

La sonda viene quindi abbassata ulteriormente dentro il tubo di accesso per letture a profondità successive. Comunemente le letture vengono prese ogni 10-20cm. Le misurazioni ad ogni profondità sono utilizzate per determinare il contenuto totale di acqua nel suolo per la profondità misurata e per determinare a partire da quali profondità del suolo le colture estraggono l'acqua e, in definitiva, può essere calcolato il deficit idrico dalla capacità del campo.

Si può stimare l'utilizzo d'acqua giornaliero per la coltura. Si può determinare il deficit idrico (in mm) dalla capacità del suolo e la quantità di acqua necessaria da applicare per riportare il suolo alla capacità del campo oppure si può calcolare un deficit specifico.

È richiesta una misurazione quando il suolo è a capacità di campo per permettere una misurazione accurata del deficit idrico.

Condizioni operative

Richiede l'utilizzo di una fonte radioattiva.

Solo operatori autorizzati, che rispettano le regole e i regolamenti per l'utilizzo, il trasporto lo stoccaggio della fonte radioattiva possono utilizzare l'attrezzatura.

I contatori di neutroni richiedono poca manutenzione oltre al controllo per garantire il corretto funzionamento.

Il guasto più comune è un cavo rotto o usurato, che collega il tubo sorgente al dispositivo di lettura elettronico. Uno strumento riparato può anche richiedere la ricalibrazione. È richiesta la ricertificazione dell'operatore ogni due anni.

Dati sui costi

Dispositivo circa 11.000 €, formazione circa 2.500 €, autorizzazioni 200 €, monitor di radiazione 400 € o più per bunker, secondo la società di costruzioni.

Manutenzione annuale; tasse nazionali circa 2.500 €, esami medici 900 € per controllare i livelli di radiazione.

Installazione dei tubi di accesso.

Misurazioni effettuate e dati interpretati almeno settimanalmente durante la stagione vegetativa, di solito da consulenti specializzati in irrigazione.

Criticità di tipo tecnologico

Le sonde non possono essere lasciate in situ per misurare continuamente, quindi i dati non possono essere registrati in maniera continuativa.

Non può essere utilizzato in un sistema di irrigazione automatica.

È difficile ottenere letture accurate nei primi 10-15 cm di terreno poiché alcuni neutroni lasciano il terreno all'interfaccia suolo/aria. La calibrazione specifica del suolo a 10 cm può migliorare la precisione.

Solo gli operatori autorizzati possono utilizzare questo dispositivo, solitamente viene fornito da consulenti di irrigazione che forniscono la tecnologia della sonda a neutroni.

Benefici per il coltivatore

Vantaggi

- Aumenta l'efficienza di utilizzo dell'acqua e dei nutrienti
- Facile interpretazione dei dati
- Il contenuto totale di acqua nel suolo può essere calcolato insieme al deficit idrico
- Si può calcolare il consumo idrico giornaliero/settimanale della coltura
- Si possono determinare il contenuto di umidità volumetrica e i cambiamenti nel tempo a differenti profondità

- Letture accurate, la superficie del suolo misurata è relativamente grande. La accuratezza ottenibile in relazione agli altri sensori di umidità del suolo.

Svantaggi

- Costoso
- Utilizzo limitato
- Necessità di una licenza per l'uso di sostanze radioattive
- I dati ricavati da un paio di letture a settimana della sonda a neutroni non sono sufficienti per ottimizzare l'utilizzo efficiente dell'acqua
- I dati non sono disponibili istantaneamente
- E' difficile avere precisione nei primi 10-15 cm di profilo del suolo
- La sonda a neutroni non può misurare in maniera affidabile l'irrigazione e le precipitazioni in ingresso, l'input, con o senza una taratura specifica del campo sui climi temperati, il che ha implicazioni importanti sulla programmazione dell'irrigazione

Sistemi di supporto necessari

Nessuno

Fase di sviluppo

In commercio

Chi fornisce la tecnologia

Dispositivi a sonda neutronica forniti ad esempio da CPN (una società Instro Tek) che forniscono rh 503 Elite Hydroprobe; Troxler che fornisce i misuratori di umidità Troxler.

Brevettato o no

Non noto

Quali tecnologie sono in competizione con questa

Vari sensori di acqua del suolo, sonde di profilo, sensori di potenziale matriciale

La tecnologia è trasferibile ad altre colture/climi/sistemi di coltivazione? Sì.

Criticità normative

Varie normative che disciplinano l'uso, il trasporto e il deposito di sostanze radioattive, ad es. The Ionising Radiation Regulations 1999 (abbreviato IRR99), Accordo europeo sul trasporto di merci pericolose su strada 2009 (ADR).

DENDROMETRI

Utilizzati per

- Un utilizzo più efficiente dell'acqua

Colture per le quali è utilizzata

- Ortaggi
- Alberi da frutto
- Specie ornamentali

Tipo di coltivazione

- Tutti i tipi di coltivazione

Descrizione della tecnologia

Fine/scopo della tecnologia

I dendrometri, anche conosciuti come trasduttori lineari a spostamento variabile, misurano variazioni di diametro del fusto (o tronco) (SDV) con una risoluzione molto alta e sono indicatori molto sensibili dello stato idrico della pianta.

Utilizzando i protocolli adatti, i dendrometri possono essere utilizzati per determinare la sincronizzazione dell'irrigazione. Sembrano essere i più adatti per essere usati su vite e alberi da frutto.

Principio di funzionamento dell'operazione

I fusti o i tronchi delle piante vanno incontro a restringimento e rigonfiamento nell'arco di periodi di 24 ore, a causa di uno sfasamento tra la traspirazione e l'assorbimento dell'acqua. Man mano che la domanda evaporativa aumenta a partire dal sorgere del sole, le piante iniziano a traspirare utilizzando l'acqua immagazzinata nei tessuti, inclusi fusti/tronchi; questo risulta nella contrazione del fusto e, nell'arco giornaliero delle 24 ore, i diametri dei fusti hanno valori minimi intorno a mezzogiorno (Figura 5).

Nel pomeriggio e alla sera, l'assorbimento di acqua delle radici ha progressivamente più influenza sul diametro del gambo rispetto alla traspirazione e progressivamente si verifica una completa reidratazione di tutti i tessuti, raggiungendo un valore massimo appena prima dell'alba (Figura 5).

Una pianta in stress idrico ha una maggiore contrazione durante il giorno e un recupero inferiore durante la notte rispetto ad una pianta ben irrigata. Queste differenze tra piante in stress idrico e ben irrigate costituiscono la base dell'utilizzo dei dendrometri.

I dendrometri misurano continuamente il diametro del fusto/stelo e di conseguenza le variazioni di diametro dello stelo. I dendrometri sono connessi a dei data logger per permettere la raccolta automatica dei dati.

Tra i parametri derivati dalle variazioni di diametro del gambo o del tronco che vengono utilizzati nella pianificazione dell'irrigazione per gli alberi con una lenta crescita del tronco, il parametro più sensibile è spesso il restringimento massimo giornaliero, cioè la differenza tra il valore massimo di diametro del fusto prima dell'alba e il valore minimo verso circa mezzogiorno.

Per gli alberi giovani, il tasso di crescita del fusto (inteso come differenza tra il valore massimo di diametro del tronco tra due giorni consecutivi) è il parametro più sensibile perché le diminuzioni nella crescita del tronco avvengono rapidamente in risposta allo stress idrico.

I protocolli di irrigazione sono stati sviluppati per alcuni alberi da frutto maturi che includono:

- 1) selezionare il parametro derivato più adatto per una singola specie, lo stadio particolare di crescita e il carico produttivo e
- 2) correlare i parametri derivati ai valori di riferimento delle colture ben irrigate e normalizzarli per le condizioni climatiche come VPD (vapour pressure deficit), che è una misura dell'umidità dell'aria in relazione alla saturazione.

Nel caso della massima contrazione giornaliera, le equazioni per prevedere valori di riferimento dai dati meteorologici sono disponibili per diverse colture legnose.

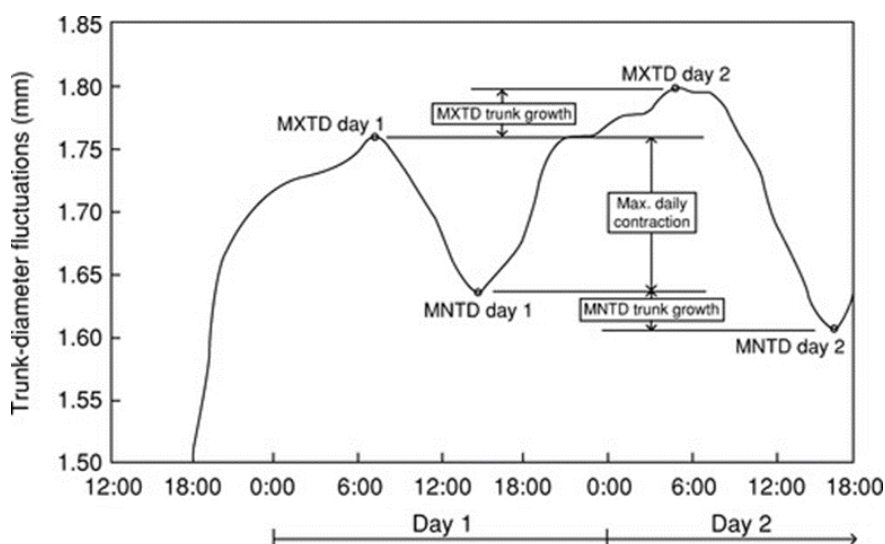


Figura 5. Parametri che si possono derivare dalle misurazioni del diametro del tronco, inclusa la massima contrazione giornaliera del tronco, e la crescita del tronco espressa come differenze giornaliere nei diametri massimi e minimi giornalieri del tronco (MXTD e MNTD, rispettivamente) (modificato da Goldhamer and Fereres, 2001)

Condizioni operative

I valori di variazione del diametro assoluto dello stelo (SDV), senza considerare la domanda evaporativa, possono essere difficili da interpretare. Per questa ragione, i valori di SDV sono generalmente normalizzati rispetto a quelli in condizioni idriche del suolo non limitanti con la stessa domanda evaporativa, cioè sono rapportati a condizioni relative a piante correttamente irrigate.

Altre considerazioni quando si utilizza questo metodo sono il numero di misurazioni ripetute richieste per tenere conto di un'elevata variabilità tra piante e altri stress biologici (ad esempio malattie, problemi nutrizionali) e stress abiotici (ad esempio alta e bassa temperatura) possono influire sulle misurazioni SDV.

Normalmente, la scala di riferimento dei valori è implementata a livello di campo all'interno di un frutteto.

Nei grandi frutteti con un'elevata variabilità nello stato idrico delle colture, le misurazioni SDV possono essere combinate con immagini aeree o satellitari.

Dati di costo

Un dendrometro può essere acquistato online con meno di 500 €. Tuttavia ci sono alternative con costi inferiori, per esempio, il sensore BEI 9605 è relativamente economico (circa 20€), nel cui caso il costo totale per un dendrometro automatico (punto e banda) sarà sotto i 30 €.

Il costo addizionale dei data logger per raccogliere e memorizzare i dati, le stazioni climatiche e i software per analizzare i dati aumentano il costo.

I nuovi utenti hanno bisogno di formazione e assistenza continua quando iniziano ad utilizzare questa tecnologia.

Generalmente, si raccomanda ai coltivatori di appaltare i servizi a società di consulenza che offrono l'installazione di sensori e l'interpretazione dei dati; l'interpretazione dei dati con i dendrometri è difficile per utenti inesperti.

Alcune considerazioni riguardo l'utilizzo dei dendrometri sono: cura durante l'installazione e una buona protezione del sensore con materiale riflettente isolante per minimizzare il riscaldamento e gli effetti della pioggia, entrambi i quali possono causare un rumore inaccettabile.

Anche il contatto involontario del sensore da parte dei lavoratori agricoli può causare errori nei dati.

È fortemente raccomandato che tecnici esperti conducano o assistano l'installazione del sensore e l'interpretazione dei dati per i nuovi utenti. Il costo di questi servizi si aggiungono al costo totale.

Criticità di tipo tecnologico

I valori assoluti di SDV devono essere normalizzati rispetto a quelli in condizioni idriche del suolo non limitanti ad uguale domanda evaporativa. I dati di SDV sono influenzati dal clima, dallo stadio di sviluppo delle colture, il carico di frutti e altri fattori che devono essere considerati quando si utilizzano per la pianificazione irrigua.

I dati SDV possono risultare difficili da interpretare quando ci sono condizioni meteorologiche nebbiose, piovose o nuvolose e quando c'è stato un contatto fisico del sensore o dei cavi con mezzi utilizzati per le attività agricole oppure animali, insetti, eccetera.

Questi effetti possono essere ridotti con l'utilizzo di adeguato riparo dei sensori.

Gli indici derivati da SDV, come il restringimento massimo giornaliero e il tasso di crescita del fusto/stelo sono influenzati non soltanto dallo stato idrico della pianta ma anche da altri fattori come lo stress nutrizionale della coltura, la salinità, ecc.

Bisogna avere cura nell'assicurarsi che nessun fattore, al di là dello stato idrico della coltura, influenzino i dati raccolti dal dendrometro.

Nelle piante che hanno una rapida crescita, come gli ortaggi o gli alberi giovani, i dendrometri potrebbero avere bisogno di essere riposizionati diverse volte durante la stagione di crescita.

Una limitazione è l'elevata variabilità tra le piante negli indici derivati. Di conseguenza, sono necessari molti sensori replicati.

Benefici per il coltivatore

Vantaggi

- sono affidabili e robusti
- forniscono un'integrazione della risposta della coltura per l'approvvigionamento idrico del suolo sia e per la domanda evaporativa atmosferica.

- Raccolta dati automatica
- rilevamento molto precoce dello stress idrico delle colture, anche quando lo stress è lieve
- molto adatto alle specie arboree

Svantaggi

- interpretazione dei dati e processo decisionale difficili
- oltre lo stato idrico della pianta, molteplici fattori possono influenzare i risultati
- normalizzazione dei dati richiesti
- è fondamentale la corretta installazione
- necessità di calibrazione prima dell'uso
- alta variabilità tra le specie

Sistemi di supporto richiesti

I dendrometri richiedono attrezzatura supplementare per la raccolta, la conservazione e la trasmissione di dati, che sono adatti al funzionamento sul campo. Si raccomanda inoltre di avere a disposizione i dati climatici relativi alla coltura in cui si trovano i sensori; questi dati climatici aiutano con l'interpretazione e l'implementazione dei protocolli di irrigazione.

Per le persone non addestrate e con poca conoscenza della tecnologia, è essenziale affidare i servizi di un servizio di consulenza specializzato per istruire l'utente con l'installazione, la gestione dei dati e in particolare con l'interpretazione dei dati per la pianificazione dell'irrigazione.

Fase di sviluppo

1. Ricerca: negli ultimi 15 anni sono state condotte molte ricerche per quanto riguarda lo sviluppo di nuovi sensori, sistemi di trasmissione e determinazione della sensibilità di vari indici SDV derivati per lo stress idrico per una serie di specie.

Inoltre, vi è stata una ricerca apprezzabile condotta durante questo periodo per sviluppare protocolli di pianificazione dell'irrigazione basati su misure SDV.

2. Commercializzato: Ci sono diverse aziende che producono diversi tipi di dendrometri. Ci sono altre aziende che forniscono i servizi in cui i dendrometri sono utilizzati per la programmazione dell'irrigazione.

Chi fornisce la tecnologia

Diverse compagnie forniscono i servizi in cui i dendrometri sono utilizzati per la programmazione di irrigazione. Tra questi la società francese Agro-Tecnologie (<http://www.agro-technologies.com/>) che commercializza il sistema Pepista, la società spagnola Verdtech (<http://www.verdtech.es/>), la società israeliana Phytech (<http://www.phytech.com/>) e la società belga Phyto-sense (<http://www.phytosense.net/forgrowers.html>) che ha sviluppato sistemi di monitoraggio automatico con diversi sensori vegetali, pedologici e climatici, compresi i dendrometri.

Queste aziende forniscono sistemi completi che forniscono registrazioni continue delle variabili del suolo, delle piante e delle condizioni atmosferiche, fornite in un formato user-friendly per l'individuazione precoce dello stress idrico e una pianificazione dell'irrigazione più razionale.

Queste società offrono servizi e consulenza per la vendita dei sensori, l'installazione dei sensori, la calibrazione e l'interpretazione dei dati.

Alcuni ricercatori finanziati con fondi pubblici sono anche coinvolti nello sviluppo di società (società spin-off) come il centro di ricerca spagnolo CEBAS (del CSIC, il Consiglio nazionale delle ricerche spagnolo) e il Laboratorio di ecologia vegetale dell'Università di Gand, Belgio.

Brevetto

Presumibilmente, parte della tecnologia è brevettata e il software utilizzato per l'analisi dei dati è registrato.

Quali tecnologie sono in concorrenza con questa

Questa tecnologia potrebbe essere utilizzata al posto o in combinazione con altre procedure di programmazione dell'irrigazione come l'uso del metodo del bilancio idrico, l'uso di sensori di umidità del suolo (tensiometri, Watermark, sensori di capacità) o altri approcci di monitoraggio degli impianti, come l'uso di sensori a infrarossi.

La tecnologia è trasferibile ad altre colture/climi/sistemi di coltivazione?

La tecnologia è commercialmente utilizzata in vigneti e frutteti. In alcuni casi, in Israele e Belgio, i dendrometri sono utilizzati in combinazione con altri sensori in applicazioni commerciali per la programmazione dell'irrigazione e il controllo climatico delle colture coltivate in serra.

Descrizione delle strozzature normative

Nessun ostacolo normativo a questo livello.

Breve descrizione delle strozzature socioeconomiche

Le principali strozzature socioeconomiche sono i costi di acquisto o di noleggio dei sensori e di attrezzature associate e di affidamento dei servizi di una società di consulenza per aiutare con l'installazione del sensore, calibrazione e interpretazione dei dati.

Inoltre, questi sensori saranno percepiti come un approccio ad alta tecnologia.

I costi e la percezione delle tecnologie avanzate ne limiteranno l'utilizzo ai coltivatori con un interesse nell'alta tecnologia e con colture di alto valore per le quali sono necessarie informazioni sensibili sullo stato idrico delle colture.

CASO STUDIO 2

ANALISI RAPIDA IN LOCO DEI NUTRIENTI

Utilizzato per

- Minimizzare l'impatto sull'ambiente per lo scarico di nutrienti.

Colture per le quali è utilizzata

- Tutte le colture orticole, frutticole e ornamentali.

Tipo di coltivazione

- Tutti i tipi di coltivazione

Descrizione della tecnologia

Questa tecnologia consente la determinazione in loco e rapida di una o più concentrazioni di ioni in una soluzione, che può essere una soluzione nutritiva, di drenaggio, soluzione del suolo o linfa, che rende possibile fare immediatamente la misurazione in azienda, non essendo necessario inviare il campione al laboratorio.

Principio di funzionamento dell'operazione

Esistono due diverse tecniche di analisi rapida in loco, vale a dire: 1) misuratori di ioni selettivi portatili e 2) apparecchiature portatili basate sulla colorimetria, entrambe basate su differenti principi di funzionamento.

Misuratori iono-selettivi portatili

Questi dispositivi (chiamati anche elettrodi ionoselettivi, ISE) rispondono selettivamente ad uno ione presente nella soluzione. Spesso misurano solo uno ione, ma alcune apparecchiature possono misurare più nutrienti contemporaneamente. Questi misuratori di ioni di solito hanno una membrana sottile che separa il campione da misurare e l'interno del misuratore di ioni, dove c'è una soluzione con una concentrazione nota dello ione da determinare. In questo modo viene stabilita una differenza di potenziale attraverso la membrana, che è correlata alla differenza nella concentrazione all'esterno e all'interno della membrana, consentendo la determinazione della concentrazione dello ione di interesse nel campione.

Un approccio modificato consiste nell'applicare un campo elettrico equivalente alla concentrazione di riferimento; questo approccio è meno influenzato da diversi fenomeni di superficie che possono influenzare la differenza di potenziale. Ciò consente di ottenere risultati più esatti quando si misurano soluzioni con altri ioni presenti. Questa tecnologia viene applicata, ad esempio, nei misuratori di ioni selettivi individuali LaquaTwin che possono essere utilizzati con soluzioni nutritive applicate mediante fertirrigazione, soluzione di suolo estratta da ventose e persino campioni di linfa vegetale (Fig. 6).



Figura 6. Misuratori di ioni selettivi individuali LaquaTwin

Esistono anche misuratori ionici multicanale, che sono dispositivi portatili basati sulla misurazione con una sonda multi-ioni che misura contemporaneamente fino a sette ioni diversi (ammonio, calcio, cloruro, nitrato, potassio, sodio e magnesio) (Fig. 7). Sono costituiti da composti nanocarbonici, che consentono la produzione di ionometri molto piccoli che sono montati insieme nella stessa sonda. Esempi sono il sensore CleanGrowNutrient Analyzer e il sensore NT Multi Ion Sonda.



Figura 7. Sonda di un misuratore di ioni multicanale

Dispositivi basati sulla colorimetria

Questi dispositivi utilizzano strisce impregnate in un reagente specifico che poi reagisce con il composto da misurare (Fig. 8). L'intensità del colore che si sviluppa nelle strisce di prova è correlata alla concentrazione del composto. Sono disponibili diversi misuratori che misurano quantitativamente l'intensità del colore della striscia di prova come il Merck RQ Reflectoquant. Un altro formato meno tecnico e rigoroso è l'uso di semplici strisce di colore che vengono confrontate visivamente con una scala di colore di riferimento.



Figura 8. Dispositivo di analisi rapida basato su colorimetria e strisce reattive

Un'applicazione specifica è rappresentata da lettori ottici per determinare la concentrazione dell'azoto nella soluzione del terreno. Il nitrato (NO_3^-) è un elemento solubile e mobile nel suolo. Quindi, è possibile misurare la concentrazione di nitrato nella soluzione del suolo per determinare la quantità disponibile per la nutrizione della pianta.

La misurazione dei nitrati nella soluzione del suolo è uno strumento affidabile per gestire la fertilizzazione azotata nelle colture fertilizzate nel suolo.

Strumenti semplici e facili da usare, come il kit Nitratest, sono in grado di misurare in modo rapido e preciso il contenuto di nitrati nel suolo. Il kit Nitratest è composto da strisce reattive e un lettore ottico (Nitracheck, Fig. 9).

Le strisce reattive vengono utilizzate per misurare la concentrazione di nitrati nella soluzione del suolo. Un reagente colorato sulla striscia è sensibile alla concentrazione di nitrati. Il cambio di colore viene letto con il lettore ottico per avere una misura precisa.

Il primo passo per misurare il contenuto di nitrati nella soluzione del suolo è prelevare un campione di suolo dal campo per monitorarlo. È necessario realizzare almeno 8 campionamenti, al massimo 12, per avere un campione rappresentativo.



Figura 9. Dispositivo Nitracheck e relativa striscia reattiva Nitratest

Condizioni operative

Esistono misuratori ione-selettivi individuali per la determinazione di diversi ioni (nitrato, potassio, calcio, sodio, ecc.). Vengono calibrati rapidamente utilizzando una o due soluzioni standard di calibrazione; la seconda opzione fornisce misurazioni più accurate. Il campo di misurazione è spesso ampio (1-100 mmol/L nel caso ad esempio del sensore nitrato Horiba LaquaTwin) ed è ben adattato alle soluzioni nutritive gestite in orticoltura, in modo che la misurazione possa essere effettuata direttamente utilizzando il campione non diluito. Confrontando le letture offerte dai misuratori di ioni LaquaTwin con il metodo di laboratorio, sono stati ottenuti coefficienti di determinazione vicini a 0,9, con il sensore di calcio che mostra la deviazione più alta rispetto alla linea 1:1. Le misurazioni possono essere effettuate immergendo direttamente il sensore nel campione o aggiungendo alcune gocce di soluzione per coprire la superficie del misuratore di ioni, come mostrato nella figura 10.



Figura 10. Methodi di misurazione con il sistema ione-selettivo LaquaTwin

Per quanto riguarda le sonde multicanale, vengono comunemente utilizzate una soluzione di condizionamento pre-calibrazione e tre soluzioni standard di calibrazione. Ragionevolmente buoni risultati sono stati ottenuti con questo sensore per la misura in soluzioni nutritive chiare; i migliori risultati sono stati ottenuti con il sensore di potassio e il peggiore con il sensore di ammonio (Figura 11). L'accuratezza dei sensori di calcio e cloruro tendeva a migliorare con l'aumento della concentrazione di nutrienti. Tuttavia, è stato osservato che le misurazioni possono essere influenzate dalla presenza di materiale organico. I misuratori con sonde multicanale sono relativamente nuovi e sono necessarie ulteriori valutazioni scientifiche indipendenti.

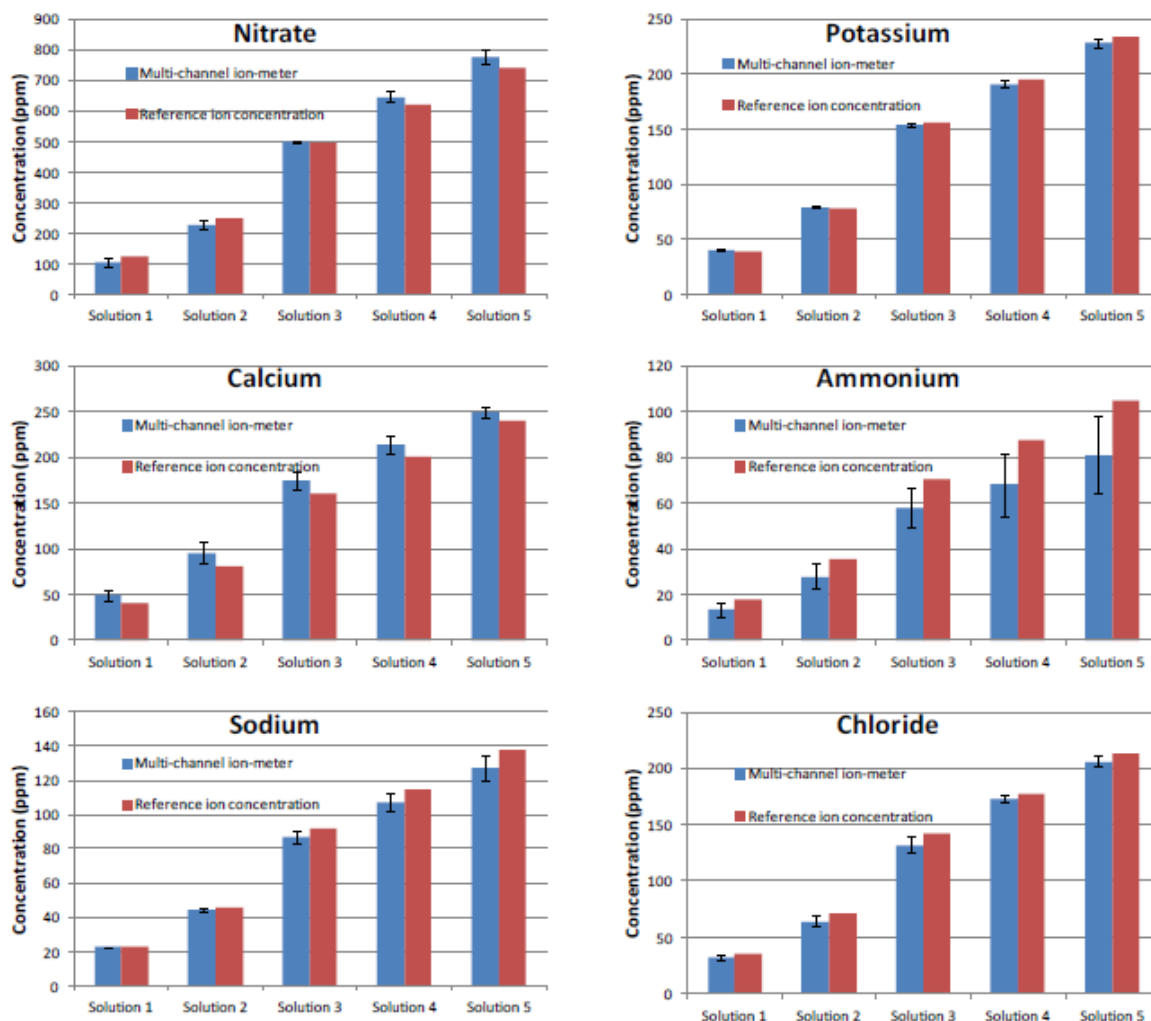


Figura 11. Confronto delle misure ottenute dal contatore ionico multicanale rispetto alle diverse concentrazioni di riferimento preparate in laboratorio. Le barre corrispondono alla deviazione standard (Fundación Cajamar)

Un inconveniente di alcuni dispositivi di misurazione è il limitato intervallo di misura; ad esempio, il sistema Merck RQ Flex Reflectoquant ha una gamma di 1-3,6 mmol/L per la misurazione del nitrato. Un intervallo limitato richiede che la misura sia condotta su diluizioni della soluzione realizzate con molta attenzione per evitare errori. I dispositivi nei quali l'intervallo di misura è un problema per l'uso con orticoltura fertirrigata, come il Merck RQ Flex Reflectoquant generalmente sono stati progettati per l'uso con acque naturali, dove le concentrazioni di nutrienti sono più diluite rispetto alle applicazioni orticole. RQ Flex Reflectoquant è uno strumento versatile che può essere utilizzato per misurare le concentrazioni di potassio, calcio, magnesio, ammonio, nitrati, fosfati e ferro. Alcune determinazioni richiedono l'aggiunta di reagenti e periodi di attesa prima della misurazione. A volte, i colloidi che colorano il campione possono influenzare la misurazione.

Un'alimentazione elettrica di rete di solito non è necessaria per l'uso di apparecchiature di analisi rapida; la maggior parte lavora con batterie.

Costi

Il prezzo di un misuratore di ioni selettivi LaquaTwin è di circa 500 €, mentre per il misuratore di ioni multicanale è di circa 1.500-2.000 € e per l'apparecchiatura basata sulla colorimetro RQ Flex Reflectoquant è di circa 900 €.

Manutenzione annuale o input necessari

Per i sistemi di elettrodi ionoselettivi, sia a canale singolo che multicanale, i produttori raccomandano di sostituire gli elettrodi ionoselettivi dopo circa 1000 misurazioni. Nella pratica, in alcuni casi, è stato necessario cambiare gli elettrodi dopo 500 misurazioni. Per alcuni sistemi, il costo di ogni elettrodo di ricambio è di circa 180-200 €. Il costo totale per determinazione con un sistema LaquaTwin è stimato a circa 0,65 €.

Criticità di tipo tecnologico

Le apparecchiature basate sulla colorazione, come il Merck RQ Flex Reflectoquant, richiedono l'effettuazione della diluizione dei campioni come precedentemente accennato per una misurazione affidabile. Questo è uno svantaggio quando le misurazioni sono condotte a livello aziendale e non esistono infrastrutture idonee per questo tipo di operazione.

Benefici per il coltivatore

Vantaggi

- Dispositivi portatili
- Consentono misurazioni a livello aziendale
- Risultati rapidi, consentendo così risposte rapide nella gestione dei nutrienti
- In generale, l'operazione è semplice, in particolare per l'analisi di un singolo nutriente
- Il loro uso evita l'invio di campioni a un laboratorio di analisi, che comporta la preparazione di pacchi, costi di spedizione e soprattutto un tempo di ritardo

Svantaggi

- La precisione delle apparecchiature è inferiore a quella ottenuta in laboratorio
- Alcuni misuratori ionici selettivi sono significativamente influenzati da diversi fenomeni di superficie, ad esempio interferenze causate dalla presenza di soluzioni colloidali
- La diluizione del campione è necessaria quando si utilizzano apparecchiature a base colorimetrica

Sistema di supporto richiesto

Soluzioni standard per la calibrazione dei dispositivi

Materiale di laboratorio per la misurazione dei volumi

Acqua distillata o deionizzata, per diluire i campioni prima della misurazione, se necessario

Fase di sviluppo

In commercio

Chi fornisce la tecnologia

Diverse compagnie producono questa tecnologia:

- Horiba produce la gamma LaquaTwin (<http://www.horiba.com/laquatwin/en/index.html>), che sono gli ioni selettivi più noti. Hanna Instruments (ises per nitrati, potassio, calcio, cloruro, sodio, ecc.; <http://hannainst.com/hi4113-nitrate-combination-ion-selective-electrode.html>)
- HACH (AN-ISE, sensore combinato per ammonio e nitrati; <http://www.hach.com/an-ise-sc-combination-sensor-for-ammonium-and-nitrate/product-details?id=9296230750>)
- METTLER TOLEDO (perfectiON™, è adatto per potassio, calcio, sodio e cloruri (<https://www.mt.com/us/en/home/perm-lp/product-organizations/ana/perfectiON.html>))
- NT Sensors produce lo iono-metro Multi-ION (<http://www.ntsensors.com/en/products/productslab.html>)
- CleanGrow produce l'analizzatore di nutrienti multicanale (<http://www.cleangrow.com/product/nutrient-analyzer>)
- Merck vende il dispositivo RQ Flex Reflectoquant per l'analisi colorimetrica (http://www.merckmillipore.com/ES/es/products/analytics-sample-prep/test-kits-and-photometric-methods/instrumental-test-systems-for-quantitative-analyses/reflectoquant-system/reflectometer-accessories/iUeb.qB.m1UAAAE_EPR3.Lxi.nav)
- Eijkelkamp vende il riflettometro Nitracheck per l'analisi colorimetrica del nitrato (<https://en.eijkelkamp.com/products/field-measurement-equipment/nitracheck-reflectometer.html>)

Brevetto

I diversi dispositivi sono brevettati