

INNOVAZIONE Nuovo alleato nella gestione consapevole della risorsa idrica

di **Matteo Albéri***, Enrico Chiarelli, Andrea Maino, Fabio Mantovani, Michele Montuschi, **Kassandra Giulia Cristina Raptis**, Andrea Serafini, Virginia Strati

Tecnologie nucleari per un uso razionale e sostenibile dell'acqua

Attraverso la radioattività naturale del terreno si riesce a misurare in tempo reale l'umidità del suolo

I cambiamenti climatici hanno un impatto sempre più rilevante sul settore agricolo con effetti significativi che tenderanno ad accentuarsi nel prossimo futuro. L'innalzamento delle temperature combinato alla riduzione delle precipitazioni provoca l'aumento della quantità d'acqua necessaria all'agricoltura. L'ottimizzazione di questa importante risorsa diviene quindi requisito necessario per garantirne l'uso efficiente nell'ottica di un'agricoltura sostenibile. Una nuova tecnologia sviluppata dal Laboratorio di Tecnologie Nucleari Applicate all'Ambiente (Laboratorio Terra Acqua&Tech dell'Università di Ferrara) è ora a servizio dell'agricoltura: attraverso la misura della radioattività naturale emessa dal terreno, una stazione di spettroscopia gamma au-

tomatizzata consente di ricavare in tempo reale e in continuo l'umidità del suolo a scala di campo (0,2 ettari).

Questa tecnica supera i limiti degli strumenti attualmente a disposizione che indagano con misure puntuali solo una porzione limitata di terreno.

Il dispositivo (**foto 1**), validato con successo nell'ambito del progetto Aladin (Agroalimentare idrointelligente), è stato perfezionato con il progetto Positive (Protocolli operativi scalabili per l'agricoltura di precisione finanziato dal Bando Por-Fesr 2014-2020 Emilia-Romagna). Integrato con altri sensori di prossimità, si presenta come un nuovo alleato nella gestione razionale e consapevole della risorsa idrica.

Il funzionamento dei sensori

Il funzionamento del sensore è basato sulla rivelazione della radioattività presente naturalmente nell'ambiente che ci circonda.

La maggior parte degli atomi che compongono la materia sono stabili, ovvero rimangono immutati anche quando sono coinvolti in reazioni chimiche che li trasformano in composti.

Una parte di essi è invece instabile e si trasforma spontaneamente e irreversibilmente mediante un processo chiamato decadimento radioattivo. Questi atomi sono detti radionuclidi e ognuno di loro è contraddistinto da un tempo di dimezzamento che rappresenta il tempo necessario affinché una popolazione di questi atomi si dimezzi. Alcuni radionuclidi naturali decadono emettendo raggi gamma simili a quelli che compongono la luce visibile (fotoni) ma dotati di energia superiore e invisibili all'occhio umano. Per poter "catturare" questi fotoni si utilizzano rivelatori a scintillazione costituiti da un cristallo di ioduro di sodio. Quando i

Foto 1 - Il rivelatore di radioattività posizionato in campo, protetto da un box di acciaio e alimentato da un pannello solare (a destra) affiancato a una stazione agrometeorologica (a sinistra)



fotoni gamma colpiscono il cristallo, esso emette una luce blu che viene raccolta e convertita in un impulso elettrico. Un apposito apparato elettronico integrato con il rivelatore analizza l'informazione, la digitalizza e produce un istogramma degli eventi registrati (conteggi al secondo) classificandoli rispetto alla loro energia. La spettroscopia gamma permette di analizzare gli istogrammi in modo da riconoscere e quantificare i radionuclidi presenti in base all'energia della radiazione emessa.

Tra i radionuclidi naturalmente presenti in natura troviamo il potassio-40 (^{40}K), un isotopo che rappresenta circa lo 0,01% del potassio totale. Ciò significa che abbiamo circa un atomo di ^{40}K radioattivo ogni diecimila atomi di K e che in un grammo di potassio si verificano circa 31 decadimenti al secondo (31 becquerel). Grazie alla sua diffusione, il ^{40}K si presta molto bene allo studio della radioattività naturale per il monitoraggio dell'umidità del suolo. Il potassio, infatti, è tra gli elementi più abbondanti in natura: i terreni (soprattutto quelli argillosi) sono generalmente ricchi di questo elemento nutritivo che è presente principalmente sottoforma di ossido.

Quando si verifica un evento di precipitazione o irrigazione i pori del terreno si riempiono d'acqua. La radiazione prodotta dal decadimento del ^{40}K viene così attenuata dall'acqua che assorbe parte dei fotoni emessi. Il segnale acquisito dal rivelatore è quindi inversamente proporzionale al contenuto d'acqua. Misurando l'attenuazione del segnale è possibile quindi stimare il contenuto idrico nel suolo.

Questa tecnologia consente quindi di effettuare un monitoraggio non distruttivo e continuativo delle condizioni idriche della regione di interesse, con lo scopo di ottimizzare l'uso dell'acqua e pianificare razionalmente le irrigazioni.

Tecnologia adatta a ogni coltura

Questa nuova tecnologia è stata testata in due campagne di misura, condotte in uno dei campi di sperimentazione di Acqua Campus, il centro di ricerca del distretto irriguo del Canale Emiliano-Romagnolo (CER). Il sistema è stato collaudato con successo su due differenti colture chiave per l'economia agricola dell'Emilia-Romagna: pomodoro e mais.

La stazione di spettroscopia gamma, fissata in campo a 2,3 m di altezza, riceve la radiazione emessa dai primi 25 cm di suolo da un'area circolare di 25 metri di raggio



Foto 2 - Rappresentazione schematica del campo di visione della stazione di spettroscopia gamma. Il 95% del segnale proviene da un'area di circa 25 m di raggio
Foto 3 - La stazione di spettroscopia gamma durante la coltura del pomodoro del 2017 (in alto) e durante la coltura del mais del 2020 (in basso)

(0,2 ettari) (**foto 2**). Il prototipo sviluppato è indipendente dal punto di vista energetico grazie ad un pannello solare e ad una batteria tampone ed è in grado di operare in totale autonomia. Il sistema è dotato di un microcomputer con connessione 4G che consente il controllo remoto del dispositivo e la trasmissione in tempo reale dei dati acquisiti dal rivelatore.

I dati vengono elaborati per ricavare con cadenza oraria il contenuto idrico gravimetrico (kg/kg) e volumetrico (m^3/m^3) ed un sistema sviluppato per il progetto Positive li trasmette alla piattaforma Irrinet. I dati vengono poi integrati nel modello di bilancio idrico Irriframe per la gestione dell'irrigazione.

I dati del contenuto idrico del suolo sono stati acquisiti durante due diversi cicli colturali: tra aprile e novembre 2017 (pomodoro) e tra marzo e agosto 2020 (mais), rispettivamente nell'ambito del progetto Aladin e Positive (**foto 3**).

Durante la prima campagna di misure lo strumento è stato calibrato attraverso misure gravimetriche del contenuto d'acqua su campioni di suolo raccolti omogeneamente attorno al rivelatore.

L'andamento nel tempo del contenuto idrico volumetrico del suolo acquisito durante i due periodi rivela la capacità della stazione di registrare in modo affidabile le fasi di inumidimento ed essiccamento del terreno in seguito a eventi piovosi ed irrigui. Nelle fasi di essiccazione ha permesso, grazie ai modelli di bilancio idrico di Irriframe, di elaborare tempestivamente consigli di intervento irriguo, con volumetrie adeguate, contribuendo ad una produzione di qualità e allo stesso tempo ad un risparmio delle risorse idriche.

Il progetto Positive ha dimostrato la maturità di questa tecnologia, pronta per il mercato, e ha consentito di raccogliere le impressioni e i consigli degli utilizzatori finali nell'ottica di miglioramenti futuri.

Il Laboratorio di Tecnologie Nucleari Applicate all'Ambiente dell'Università di Ferrara è aperto a future collaborazioni in nuovi contesti colturali come viticoltura, frutticoltura, coltivazione di piante erbacee stolonifere (es. fragole) e asteracee (es. lattuga e radicchio), prodotti ampiamente diffusi sul mercato italiano ed esposti alle fragilità introdotte dal cambiamento climatico. ■