

# Utilizzo sostenibile dell'acqua in agricoltura

Tra sperimentazione, modelli previsionali e sistemi di supporto alle decisioni



Valentino Volpe, Stefano Barbieri, Alessandra Carnio, Michele Fabro,  
Mariangela Sandra, Markus Daniele Castelluccio  
Servizio fitosanitario e chimico, ricerca, sperimentazione e assistenza tecnica

**Tenendo conto della sinergia che si viene a creare tra le sperimentazioni in campo e l'utilizzo di modelli matematici che stimino il bilancio idrico delle colture, ERSA pone l'attenzione su una tematica attuale e delicata e si impegna a fornire alle aziende agricole del territorio le conoscenze e gli strumenti necessari per utilizzare in maniera consapevole questa importante risorsa.**

Gli effetti dei cambiamenti climatici sulle attività umane sono notoriamente al centro dell'attenzione delle istituzioni internazionali. Le politiche messe in atto si sono orientate sia verso l'adozione di misure per la riduzione dei gas climalteranti, allo scopo di contenere l'aumento di temperatura globale, sia verso soluzioni volte a limitare gli effetti dei cambiamenti climatici in corso. Interessanti conclusioni sui possibili scenari di cambiamenti climatici ci giungono dallo studio conoscitivo condotto dall'ARPA (2018) del Friuli Venezia Giulia in collaborazione con altre istituzioni scientifiche ed Università. Il cosiddetto scenario "business as usual" evidenzia come nel lungo periodo il nostro territorio potrebbe andare incontro ad un significativo aumento di temperatura e ad un forte aumento di stress termico correlato al calore e al numero di notti calde. Le previsioni modellistiche riportate in questo studio evidenziano inoltre un generale aumento delle precipitazioni invernali ed un corrispondente au-

mento di eventi piovosi intensi, mentre d'estate le precipitazioni diminuirebbero fortemente.

A riguardo della disponibilità idrica, nel lungo periodo, lo studio di ARPA indicherebbe un generale aumento dell'apporto di acqua al suolo durante l'anno, ma con una distribuzione irregolare nel tempo, con un aumento della risorsa disponibile in inverno e un significativo calo in estate. L'innalzamento di temperatura media si tradurrebbe infine in una maggiore evapotraspirazione della vegetazione con un aumento del numero di giorni in cui le colture necessitano di un intervento irriguo a compensazione di tale stress. Da questo punto di vista lo studio sottolinea come l'approvvigionamento di acqua per l'agricoltura potrebbe andare incontro ad alcune difficoltà, in particolare per l'area agricola che viene servita grazie al prelievo dal fiume Tagliamento.

Per quanto questi scenari siano proiettati nel lungo periodo, i trend attuali sulle precipitazioni registrati da ARPA per la zona di Udine testimoniano che il cambiamento sarebbe già in atto. Nel decennio 1960-1969, infatti, i consumi per evapotraspirazione nella stagione estiva, prendendo come riferimento il prato, erano pari a 385 mm a fronte di precipitazioni pari a 500 mm, mentre nell'ultimo decennio i rapporti si sono invertiti con evapotraspirazione pari a 430 mm a fronte di soli 330 mm di piogge. Una volta esaurita la quantità d'acqua disponibile nel terreno, le esigenze delle colture possono essere soddisfatte solo attraverso la somministrazione di acqua irrigua.

Tali mutamenti negli scenari ci spingono ad esplorare diverse strategie sia a livello di ordina-

Figura 1:  
Dispositivi di consegna  
dotati di misuratori  
della quantità di acqua  
utilizzata.



mento colturale nelle aziende situate in aree non irrigue, sia di ottimizzazione dell'uso di acqua irrigua nelle aree servite.

L'ordinamento colturale aziendale in relazione alla disponibilità di acqua assume da diversi anni un aspetto di rilievo nella sperimentazione condotta da ERSa, come ad esempio nel caso delle prove varietali condotte su sorgo, o della valutazione delle strategie adottate dagli allevamenti di bovine da latte in aree non irrigue (Foletto *et al.* 2018, Foletto *et al.* 2019), dove viene posta maggiore attenzione verso le colture a ciclo autunno-primaverile per la produzione di alimenti per il bestiame o ancora alla coltivazione di sorgo in alternativa al mais. Nel tempo l'interesse di ERSa verso le tematiche irrigue è passato dagli aspetti strategici rispetto all'approvvigionamento dell'acqua da parte del sistema irriguo regionale ad un interesse più specifico ed agronomico rivolto allo studio del bilancio idrico delle colture con il ricorso ad applicazioni modellistiche ed ancora più in particolare alle tecniche irrigue ed alle soluzioni impiantistiche e tecnologiche.

#### **Il progetto SHARP e la collaborazione con i Consorzi irrigui del Friuli Venezia Giulia**

Nel recente passato l'interesse di ERSa verso i temi strategici dell'approvvigionamento di acqua irrigua per il territorio ha determinato la par-

tecipazione al progetto Interreg IVc "SHARP - Sustainable Hydro Assessment and Groundwater Recharge Projects" che si occupava dello scambio di esperienze e buone pratiche e che aveva, come tema centrale, l'ottimizzazione dell'utilizzo delle acque sotterranee in ambito civile, industriale ed agricolo. ERSa, in collaborazione con l'Associazione dei Consorzi di bonifica ed irrigazione del Friuli Venezia Giulia, si è dedicata alla valutazione delle caratteristiche dei suoli funzionalmente all'analisi delle loro esigenze idriche in vista della programmazione delle attività consorziali e concentrandosi, nell'ambito del partenariato del progetto, sull'uso dell'acqua irrigua.

Il progetto SHARP ha rappresentato, per ERSa, una interessante opportunità per avvicinarsi ulteriormente agli aspetti organizzativi della distribuzione della risorsa acqua, grazie alle esperienze di carattere tecnologico condotte in regione dall'Associazione dei Consorzi di irrigazione. Una delle soluzioni proposte a livello di strategia di *governance* della risorsa acqua riguarda, per esempio, lo sviluppo del concetto della distribuzione con modalità "a domanda" (l'azienda preleva l'acqua soltanto al momento del bisogno) rispetto a quello classico della modalità "turnata" (l'azienda accede all'acqua secondo un turno prestabilito). Alla seconda ipotesi è associata

anche una diversa "partecipazione" economica dell'azienda al costo di utilizzo della risorsa idrica: normalmente, nel caso della modalità "turnata", il canone viene pagato per unità di superficie, mentre nel caso della modalità "a domanda" viene applicata una tariffa binomia che ha come base una componente di costo fisso, legata alla compartecipazione dei costi strutturali e generali, ed una componente di costo variabile, legata invece agli effettivi volumi di acqua prelevati dall'azienda. L'adozione di un sistema di distribuzione dell'acqua a domanda presuppone naturalmente una specifica infrastruttura, dotando ogni appezzamento di "dispositivi di consegna" in grado di misurare la quantità di acqua utilizzata dall'azienda (Fig. 1).

La collaborazione con il partenariato di SHARP ha poi permesso di elaborare delle ipotesi su dei sistemi in grado di ottimizzare la quantità d'acqua distribuita facendo ricorso alle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ICT). Queste tecnologie possono essere applicate ad un sistema esperto in grado di elaborare i dati raccolti da una sensoristica specifica e dedicata alla valutazione del bilancio idrico colturale, nonché le informazioni sulla rete ed i flussi irrigui, integrandolo con un sistema di valvole controllate elettronicamente, che potrebbero intervenire ottimizzando la distribuzione dell'acqua nei diversi sub-comparti irrigui. In altre occasioni la collaborazione con i Consorzi si è estesa a prove congiunte di valutazione di tecnologie di irrigazione a più alta efficienza. Con il Consorzio irriguo della pianura isontina è stata allestita una prova di applicazione della tecnica di sub-irrigazione applicata ai seminativi. Questa tecnica prevede l'interramento delle ali gocciolanti ad una profondità di circa 40 cm: in questo caso i micro-gocciolatori distribuiscono l'acqua direttamente nell'area esplorata dalle radici (Fig. 2-3). In considerazione della disposizione delle ali gocciolanti negli strati superficiali del terreno, questa tecnica si adatta ad essere accoppiata con tecniche di minima lavorazione o di semina su sodo. I gocciolatori possono essere utilizzati anche per la fertirrigazione se il sistema irriguo è dotato di una centralina di questo tipo. La sperimentazione condotta con il Consorzio ha messo a confronto i risultati su tre diverse porzioni di un



medesimo appezzamento: senza irrigazione, con irrigazione tradizionale per asperzione e infine con sub-irrigazione. Le caratteristiche fisiche e strutturali del suolo delle tre porzioni sono state preventivamente investigate da ERSA e l'impianto di sub-irrigazione era provvisto di centralina per la fertirrigazione. La prova è stata condotta su mais di cui sono stati rilevati diversi parametri produttivi oltre che qualitativi, in particolare la presenza di micotossine nella granella con analisi effettuate presso i laboratori di ERSA.

Figure 2-3:  
Posizionamento  
alette gocciolanti per  
subirrigazione.

#### **Progetto AgriCS: modelli previsionali e sistemi di supporto alle decisioni per l'ottimizzazione del bilancio irriguo delle colture**

Ai fini del trasferimento delle conoscenze nel settore agricolo, la sperimentazione in campo può essere accompagnata dalla diffusione di strumenti di supporto alle decisioni che consentano alle aziende agricole di approfondire diversi aspetti tecnici e scientifici sulle tecniche e sulle scelte agronomiche da adottare. ERSA con il progetto AgriCS ("Agricoltura, Conoscenza, Sviluppo"), finanziato dalla misura 1.2 del PSR 2014-2020 della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, sta realizzando una piattaforma web con cui mettere a disposizione delle aziende agricole del territorio un insieme di modelli e strumenti di supporto alle decisioni dedi-



cati agli aspetti fitosanitari ed agronomici. Tra i modelli agronomici considerati rientra anche quello dedicato alla simulazione del bilancio idrico delle colture, attraverso il quale l'azienda agricola può rilevare l'andamento dello stato della singola coltivazione. Tale modello irriguo aziendale è alimentato sulla piattaforma web in automatico dai dati meteorologici forniti da ARPA – OSMER – Osservatorio meteorologico regionale, nonché da una serie di altri input con i quali l'azienda può caratterizzare la propria simulazione. Tra i dati che l'azienda può considerare per le proprie simulazioni vi è quello relativo alle caratteristiche del suolo dell'appezzamento scelto, la coltura considerata, la data di semina, gli interventi irrigui effettuati in termini di data e volumi di acqua somministrati. In tal modo il modello restituisce un bilancio idrico continuo del sistema pianta-suolo durante l'intero ciclo colturale, segnalando i momenti critici in cui la coltura va in stress e generando di conseguenza delle notifiche sulla necessità di applicare un intervento irriguo. Aspetti particolari del modello sono rappresentati dalla possibilità di indicare la tecnica di lavorazione adottata ed in particolare la quantità di residui colturali apportati dalla coltura precedente nel caso di adozione di minima lavorazione o non lavorazione; la presenza di residui colturali determina un effetto *mulching*,

impedendo l'evaporazione dell'acqua del terreno e assicurando una maggiore umidità del suolo che si rivela molto utile per la germinazione dei semi della coltura che segue, in particolare nel caso di successioni estive. Il modello di irrigazione aziendale è stato concettualizzato secondo l'impostazione FAO (Allen *et al.*, 1998) e contempla anche gli effetti sulla produzione della coltivazione conseguenti ad una riduzione nella disponibilità di acqua durante l'intero ciclo colturale, calcolata in base al rapporto tra evapotraspirazione effettiva ed evapotraspirazione massima (Doorenbos & Kassam, 1979).

Se il modello di irrigazione aziendale offre la possibilità all'utente di seguire l'evoluzione del bilancio idrico delle singole colture, questo andamento può essere valutato anche su base territoriale. Tale aspetto è stato considerato sulla piattaforma web di *AgriCS* esponendo i risultati del bilancio idrico territoriale calcolati da OSMER, tali rappresentazioni vengono denominate Scenari Agrometeorologici. In questo caso il bilancio idrico a livello territoriale viene visualizzato attraverso mappe tematiche ottenendo una rappresentazione generale dell'evento a scala regionale, che lo rende utile soprattutto per il decisore o per i soggetti che si occupano della *governance* dell'acqua in regione (ma in generale anche per chi è interessato ad avere

una informazione su di un areale territorialmente più vasto).

La possibile presenza di micotossine nel mais richiama l'attenzione sugli aspetti climatici e sulle situazioni di stress idrico della pianta. A tale scopo il modello irriguo aziendale è integrato da un calcolo del rischio di contaminazione da micotossine nella granella. È stato così sviluppato un indice specifico che combina gli effetti di temperatura e stato idrico del terreno sullo sviluppo di aflatossine e fumonisine, considerando gli effetti biologicamente diversi di questi fattori abiotici sui due tipi di micotossine. L'analisi del rischio prende in considerazione un periodo sensibile del ciclo colturale compreso tra fioritura e momento della raccolta del mais. L'azienda agricola può differenziare tale ciclo in base alla classe di maturità della varietà di mais coltivata, mentre lo stadio fenologico che individua il periodo sensibile per il calcolo dell'indice di rischio è calcolato automaticamente dal modello in funzione dei gradi giorno. L'azienda può contrastare il rischio di contaminazione da micotossine mettendo in atto delle strategie agronomiche quali i trattamenti contro la piralide o l'uso di funghi antagonisti; tali aspetti rappresentano due ulteriori input che l'azienda agricola può considerare nelle simulazioni ottenendo così un calcolo più preciso dell'indice di rischio. Utilizzando questo modello, quindi, l'azienda potrà stimare quotidianamente anche l'andamento dell'"indice micotossine"; ciò le consentirà, eventualmente, di adottare strategie appropriate che permettano il controllo di questa problematica, nonché di valutare con anticipo il grado di contaminazione della granella al momento della raccolta.

L'analisi del rischio sulle micotossine del mais può essere effettuata anche a livello territoriale grazie ad un'apposita funzionalità integrata nello Scenario Agrometeorologico dedicato al bilancio idrico.

Da ricordare infine che con il progetto *AgriCS* vengono realizzati anche un modello ed un sistema di supporto alle decisioni dedicati alla fertilizzazione delle colture. Considerata la stretta correlazione tra nutrizione delle piante e disponibilità di acqua, tale modello simula l'andamento dello sviluppo della pianta e l'assorbimento dei nutrienti tenendo conto del bilancio idrico della coltura e degli effetti degli interventi di irrigazione, ivi comprese le operazioni di fertirrigazione.

### La sperimentazione orientata dalla modellistica

Se un modello è concettualizzato correttamente allora può trovare la sua utilità addirittura anticipando la sperimentazione, cercando di testare delle ipotesi che poi possono essere tradotte in attività sperimentali con l'obiettivo di sviluppare nuove tecniche e nuove strategie. È sempre vero però che i modelli devono necessariamente essere validati e, se necessario, ricalibrati nei parametri; per diventare un utile supporto alle decisioni o un valido strumento previsionale essi devono, pertanto, essere innanzitutto testati in campo.

Ad esempio, il dato di bilancio idrico prodotto dal modello irriguo aziendale deve essere validato in campo investigando diverse situazioni di suoli con colture sia erbacee che arboree. A tale proposito ERSA si è dotata di tre centraline meteo e di un set di sensori dell'umidità del terreno da utilizzare in campo in diversi siti del territorio regionale; al momento sono già stati installati presso l'ex vivaio forestale di Verzegnis, in corrispondenza di un'area sperimentale allestita nei terreni a disposizione della sede di Pozzuolo del Friuli e si prevede di avviare ulteriori collaborazioni che consentano di testare il modello su altre colture ed altri sistemi irrigui.

Anche l'indice di rischio delle micotossine del modello irrigazione necessita di un processo di validazione per il quale è in corso una prima serie di test basata sulla raccolta di campioni di massa della granella al momento della raccolta in campo. Tale attività rappresenta un'ulteriore evoluzione delle metodologie di prelievo dei campioni che ERSA conduce in maniera sistematica dal 1996. È naturalmente intenzione dell'Agenzia riproporre tale validazione anche nel corso della stagione 2021, non soltanto con analoghe prove basate su dati di campo ma anche allestendo delle sperimentazioni *ad hoc*.

### Sperimentazioni e orientamenti futuri

L'interesse crescente di ERSA per gli aspetti riguardanti la sperimentazione ha portato inoltre ad una serie di investimenti in tecnologie ed impiantistica su sistemi irrigui dedicati sia ai seminativi che ai frutteti. Tali impianti sono in fase di allestimento nei due siti sperimentali già menzionati di Verzegnis e Pozzuolo e permetteranno di intervenire adottando schemi irrigui diversi nonché di utilizzare la fertirrigazione.

E in un futuro non troppo lontano? Grazie ad un aggiornamento continuo mediante visite tecniche e ricerche bibliografiche è stata avanzata, recentemente, l'ipotesi di utilizzare delle mappe di fotointerpretazione ad infrarossi per calibrare ed eventualmente correggere i dati del bilancio idrico della coltura. Tale approccio consentirebbe di dare informazioni puntuali sulla dinamica dell'acqua negli strati esplorabili dalle radici, in maniera più ampia di quanto dedotto classicamente con la sensoristica. Passare quindi a un metodo di calibrazione basata su mappe del bilancio idrico ricavate da immagini ad infrarossi può essere ambizioso (e impegnativo) ma, grazie al *know-how* già acquisito in altre realtà, consentirebbe di spostarsi su un livello di complessità molto prossimo a quello dell'agricoltura di precisione.

Ai fini della validazione del calcolo dell'indice di rischio di contaminazione da micotossine, è necessario in qualche modo "sfidare" il modello con situazioni di stress idrico estremo o di eccessiva umidità, situazioni che possono verificarsi in annualità particolari. Queste condizioni possono essere riproposte sperimentalmente in campo. In tale direzione ERSA sta progettando alcune soluzioni sperimentali, per imporre artificialmente delle condizioni di bilancio idrico sfavorevole per diverse classi FAO di ibridi di mais (300-400-600) che permetterebbe di osservare in maniera più specifica la dinamica di contaminazione da micotossine. La sperimentazione potrebbe essere condotta nei terreni presenti presso la sede di Pozzuolo del Friuli, dove è possibile avere il pieno controllo sia della quantità di acqua irrigua somministrata sia di tutte le condizioni sperimentali, rendendo più semplice la raccolta dei dati. Altro aspetto che sarebbe interessante considerare è la relazione tra interven-

ti di irrigazione e presenza di larve di piralide: in alcune sperimentazioni si è osservato, in maniera indiretta, che gli interventi di irrigazione ad aspersione disturberebbero l'attacco delle larve alle piante di mais e porterebbero, come ulteriore conseguenza, ad una più bassa presenza di micotossine. Questa ulteriore sperimentazione potrebbe essere anch'essa condotta nel sito di Pozzuolo del Friuli sia per aspetti logistici che per comodità di rilievo dei dati. In questo caso ci si avvantaggerebbe anche della previsione dell'andamento fenologico della piralide simulato dal relativo modello fitosanitario sviluppato con *AgriCS*.

### Considerazioni finali

Tra i compiti istituzionali di ERSA rientra l'organizzazione di eventi dimostrativi volti a promuovere la diffusione, presso le aziende, delle migliori e più efficienti tecniche irrigue nonché dei risultati delle sperimentazioni e delle simulazioni condotte. Per queste finalità, l'Agenzia può anche fare affidamento su ditte specializzate che possono collaborare nella ricerca delle soluzioni strumentali più funzionali per le diverse colture. Un altro punto di forza per l'Agenzia è la continua interazione con i portatori di interesse e con le strutture implicate nella *governance* dell'acqua irrigua: tutto ciò consente un costante aggiornamento sugli aspetti relativi alla gestione di questa risorsa a livello regionale. In tale ottica, infine, alcuni tecnici di ERSA faranno parte del costituendo tavolo tecnico per il servizio di irrigazione collettiva e consortile e la stima del fabbisogno irriguo, coordinato dall'Associazione dei Consorzi di bonifica del FVG.

Per approfondimenti: [infoagrics@ersa.fvg.it](mailto:infoagrics@ersa.fvg.it)

### BIBLIOGRAFIA

- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56. FAO, Rome.
- Doorenbos, J. and Kassam, A.H. (1979). Yield response to water. FAO irrigation and drainage Paper No. 33, FAO, Rome, Italy. 193 pp.
- "Studio conoscitivo dei cambiamenti climatici e di alcuni loro impatti in Friuli Venezia Giulia" - Primo report, marzo 2018. A cura dell'Agenzia regionale per la protezione dell'ambiente del Friuli Venezia Giulia. [https://www.meteo.fvg.it/clima/clima\\_fvg/03\\_cambiamenti\\_climatici/01\\_REPORT\\_cambiamenti\\_climatici\\_e\\_impatti\\_per\\_il\\_FVG/impattiCCinFVG\\_marzo2018.pdf](https://www.meteo.fvg.it/clima/clima_fvg/03_cambiamenti_climatici/01_REPORT_cambiamenti_climatici_e_impatti_per_il_FVG/impattiCCinFVG_marzo2018.pdf)
- Foletto V., Corazzin M., Giordano F., Saccà E., Sepulcri A., Piasentier E., Davanzo D., Volpe V., Barbieri S., 2018. Utilizzo di insilati di sorgo e d'erba nell'alimentazione della bovina da latte. Notiziario ERSA, n. 2/2018.
- Foletto V., Corazzin M., Saccà E., Sepulcri A., Piasentieri E., Davanzo D., Volpe V., Barbieri S., Venerus S., 2019. Allevamento della bovina da latte nelle aree non irrigue. Notiziario ERSA, n. 2/2019.