

MIRKO SODINI È STATO PREMIATO PER LA MIGLIORE PRESENTAZIONE ORALE DEI GIOVANI RICERCATORI AL PRIMO CONVEGNO NAZIONALE DI ORTICOLTURA E FLORICOLTURA CHE SI È SVOLTO A PISA DAL 12 AL 14 GIUGNO 2022

POMODORO FUORI SUOLO, NUOVI MODELLI PER PREVEDERE IL CONSUMO IDRICO



di Mirko Sodini¹, Sonia Cacini¹, Silvia Traversari², Accursio Venezia³, Navarro Garcia Alejandra³, Daniele Massa³

¹Crea Centro di ricerca Orticoltura e Florovivaismo, Via dei Fiori 8, 51017, Pescia (Pt)

²National Research Council (Cnr), Via Moruzzi 1, I56124 Pisa, Italy

³Crea Centro di ricerca Orticoltura e Florovivaismo, Via Cavalleggeri 25, 84098, Pontecagnano Faiano (Sa)

Contributo realizzato a cura della sezione Ortoflorovivaismo della Soi

Pomodoro fuori suolo il contesto mediterraneo

Il pomodoro da mensa è la principale coltura coltivata fuori suolo a livello europeo e la diffusione di questa tecnica nella coltura è concentrata nei Paesi del nord Europa. Tuttavia, i principali produttori di pomodoro allevato su suolo in coltura protetta sono i paesi dell'areale del Mediterraneo.

In questa area geografica, dove l'acqua per l'irrigazione è spesso carente, sia da un punto di vista quantitativo che qualitativo (come nel caso delle acque saline), la coltivazione in fuori

suolo può rappresentare una valida alternativa per aumentare l'efficienza d'uso dell'acqua e dei fertilizzanti. In effetti, questa tecnica di coltivazione sta, negli ultimi anni, nuovamente aumentando dopo un periodo di rallentamento.

Rendere il fuori suolo una reale alternativa alla produzione su suolo richiede maggiori conoscenze per ottimizzare la gestione fertirrigua di queste colture. Ciò si raggiunge con la costruzione di modelli per la previsione del consumo idrico, l'assorbimento dei nutrienti e la produzione, a partire dai parametri climatici e ambientali caratteristici della zona mediterranea.

In tale contesto interviene il progetto iGuess-Med dal titolo "Innovative greenhouse support system in the mediterranean region: efficient fertigation and pest management through IoT based climate control". Il progetto è finanziato nell'ambito della Partnership for research and innovation in the mediterranean area implementation structure (Prima-Ia). Il coordinamento è affidato alla dr.ssa Alejandra Navarro Garcia del Crea - Centro di ricerca Orticoltura e Florovivaismo, insieme alla partecipazione di diversi Paesi (Spa-



Coltura di pomodoro in fuori suolo presso il Crea di Pescaia

dei principali fattori limitanti è rappresentato dalla loro scarsa qualità. Ad esempio, soprattutto nelle stagioni secche, l'intrusione delle acque marine nelle acque dolci porta a un incremento della salinità. Questo fenomeno del tutto naturale è destinato ad aggravarsi nei prossimi decenni a causa del cambiamento climatico e delle attività umane.

Nei sistemi produttivi a ciclo chiuso, l'utilizzo di acque saline porta a un progressivo accumulo del cloruro di sodio nella zona radicale, con un conseguente aumento della conducibilità elettrica (Ce).

Il pomodoro è una coltura moderatamente tollerante alla salinità e, a livello produttivo, l'utilizzo di acque contaminate da intrusione salina (Ce fino a 4 dS/m o anche maggiore nel caso di cultivar tipo ciliegino) viene sfruttato al fine di incrementare la qualità del prodotto.

Tuttavia, anche nel pomodoro un eccessivo accumulo di sali causa una ridotta crescita della pianta, una diminuzione della superficie fotosintetizzante, uno squilibrio nell'assorbimen-

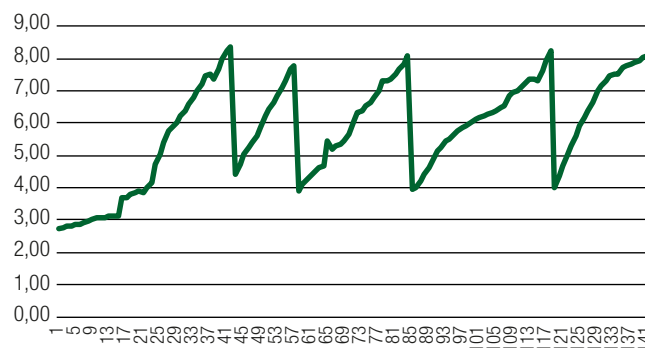
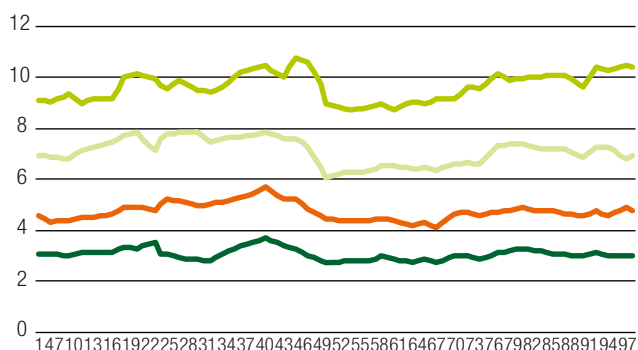
to (ad esempio, in Italia, Spagna, Turchia, e Tunisia). L'obiettivo è creare sistemi di supporto alle decisioni per la produzione di pomodoro in coltura protetta a servizio delle aziende per il controllo dei fitoparassiti, del fabbisogno irriguo e della gestione dei nutrienti. In particolare, le attività svolte presso il Crea Orticoltura e Florovivai-smo hanno avuto come obiettivo quel-

lo di ottimizzare la fertirrigazione con acque moderatamente saline nell'area mediterranea attraverso l'implementazione di modelli previsionali.

Il problema delle acque saline e la soluzione nel ciclo chiuso

Oltre alla scarsità di acque irrigue, uno

Grafici 1 e 2 - Andamento della conducibilità elettrica della soluzione nutritiva in pomodoro, nei due diversi sistemi di gestione della conducibilità elettrica



to dei nutrienti (ad esempio, minore assorbimento di potassio e nitrato) e una progressiva riduzione di qualità e quantità di prodotto finale.

Una possibile gestione della soluzione nutritiva nel ciclo chiuso utilizzando acque di scarsa qualità prevede lo scarico e il rinnovo della soluzione nutritiva circolante al superamento di una soglia.

Nel caso del pomodoro ciliegino, questa soglia può arrivare a C_e pari a 7-7,5 dS/m, anche se tale valore è strettamente dipendente da cv. e condizioni climatiche.

Prevedere il consumo idrico...

Nel corso di questo progetto il pomodoro "Genio" (cultivar ciliegino) è stato coltivato in tre diversi cicli produttivi, fino alla raccolta del sesto palco, in un sistema a ciclo chiuso su lana di roccia e con due diverse gestioni della C_e della soluzione circolante.

Nei primi due cicli, uno primaverile-estivo e uno autunnale, i pomodori sono stati trattati con soluzioni nutritive caratterizzate da diverse salinità. Queste erano mantenute fisse su quattro livelli (i.e., 3, 4,5, 6,5 e 9 dS/m) in triplicato. In un ultimo ciclo autunnale è stato previsto un unico trattamento, in quattro replicati, in cui la salinità della soluzione nutritiva circolante variava tra 3,5 e 7,5 dS/m (la C_e iniziale veniva ristabilita attraverso degli scarichi effettuati *ad hoc*), simulando le condizioni produttive tipiche delle aree mediterranee con acque di scarsa qualità.

Monitorando le condizioni climatiche nella serra, il consumo idrico e le condizioni fisiologiche delle piante è stato raccolto un dataset con il quale è stato possibile mettere a punto un modello previsionale per la stima del consumo



Coltura di pomodoro in fuori suolo presso il Crea di Pescaia

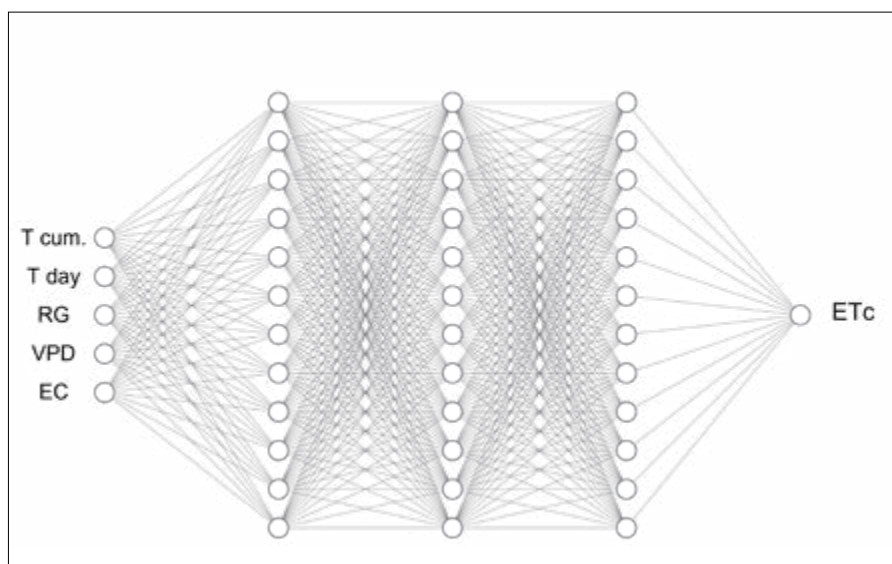
idrico basato su variabili ambientali e fisiologiche.

...con i modelli di evapotraspirazione

Un primo approccio per la previsione

del consumo idrico della coltura è stato condotto con dei modelli di evapotraspirazione classici. È stato utilizzato un modello di Penman-Monteith semplificato (da Baille² et al. 1994).

Il modello semplificato di Baille ha il



5 - Una rappresentazione grafica della rete neurale utilizzata nello studio della evapotraspirazione. Sulla sinistra le cinque variabili ambientali in ingresso, sulla destra la variabile in uscita: l'evapotraspirazione

vantaggio di ridurre le variabili necessarie a costruire il modello, soprattutto nella parte legata ai fattori climatici, richiedendo infatti, le sole misure di Vpd (deficit di pressione di vapore) e di radiazione globale, per la parte climatica, e del Lai (indice di area fogliare) per la parte associata alla coltura. Il Lai è stato stimato con delle misure dirette della superficie fogliare, che hanno richiesto dei campionamenti distruttivi di una parte della coltura durante i cicli produttivi.

Questo modello è stato poi adattato ai nostri dati, in funzione della salinità delle acque che, come detto, è un parametro che influenza molto le colture nel Mediterraneo.

I coefficienti di regressione A e B nell'equazione di Baille sono stati modellati in funzione della salinità presente nella zona delle radici. I risultati mostrano che il modello di Baille così ottimizzato è in grado di prevedere il consumo idrico con un errore contenuto ($R^2 = 0,82$).

Tuttavia, il limite principale di questo modello è legato alla necessità di dover stimare o misurare l'indice di area fogliare.

Prevedere l'evapotraspirazione con il *machine learning*

Negli ultimi anni gli algoritmi di *machine learning* (o apprendimento automatico, ndr) si sono diffusi ampiamente in molti settori, tra cui quello agricolo. In questo caso è stato utilizzato un modello basato sulle reti neurali.

L'algoritmo è stato ottimizzato per utilizzare i dati climatici e prevedere il consumo idrico. Questi modelli prendono le variabili fornite in ingresso e le modificano nei nodi successivi per restituire una variabile in uscita, come fosse una concatenazione di funzioni. Al valore in uscita viene quindi associato un errore rispetto al dato misurato; questo errore è utilizzato per modificare i parametri nei nodi della rete, e reiterare così il processo. Dopo una serie di questi

cicli si può ottenere un modello in grado di prevedere il parametro in uscita, nel nostro caso il consumo idrico del pomodoro.

Le variabili selezionate sono state: temperatura, radiazione globale, Vpd, temperatura cumulata, Ce nella zona radicale.

L'algoritmo da noi selezionato è stato in grado di prevedere il consumo idrico della coltura di pomodoro con un errore abbastanza limitato ($R^2=0,84$). Sebbene la capacità di prevedere il consumo idrico sia paragonabile al precedente approccio, la miglioria più evidente è che non è necessaria la misura/stima del Lai.

Questi modelli si dimostrano una promettente alternativa per stimare l'evapotraspirazione delle colture.

Tuttavia, per poter funzionare correttamente, questi algoritmi richiedono una quantità elevata di dati per la calibrazione e, inoltre, una calibrazione in condizioni simili a quelle in cui vengono testati.

A tal proposito, le sperimentazioni del progetto iGuessmed permetteranno di avere dati provenienti da diverse stagioni di crescita con diverse condizioni di Ce e clima. Condizioni comunque tipiche delle aree mediterranee. ●

Bibliografia

- Safi, A., Rachid, G., El-Fadel, M., Doummar, J., Najm, M. A., & Alameddine, I. (2018). Synergy of climate change and local pressures on saltwater intrusion in coastal urban areas: Effective adaptation for policy planning. *Water International*, 43(2), 145–164. <https://doi.org/10.1080/02508060.2018.1434957>
- Baille, M., Baille, A., & Laury, J. C. (1994). A simplified model for predicting evapotranspiration rate of nine ornamental species vs. Climate factors and leaf area. *Scientia Horticulturae*, 59(3), 217–232. [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(94\)90015-9](https://doi.org/10.1016/0304-4238(94)90015-9)