

Alagna V., M. Iovino, G. Provenzano* & G. Rallo

Dipartimento Scienze Agrarie e Forestali. Università degli Studi di Palermo,
Viale delle Scienze 13, 90128 – Palermo.

*Autore corrispondente: giuseppe.provenzano@unipa.it

Introduzione e Obiettivi - I modelli di simulazione agro-idrologica permettono la schematizzazione dei fenomeni che si manifestano nel sistema suolo-vegetazione-atmosfera (SVA) su un ampio range di scale spaziali e temporali. Ogni singolo comparto del sistema è caratterizzato da comportamenti complessi dovuti, ad esempio, alle strategie adattative della pianta in risposta a condizioni di deficit idrico del suolo. Con riferimento a quest'ultimo aspetto, nella stima degli attingimenti radicali e quindi dei consumi traspirativi effettivi, di cruciale importanza risulta la corretta schematizzazione della funzione di stress idrico, descritta in generale utilizzando coefficienti riduttivi della traspirazione potenziale in funzione del deficit idrico del suolo. La forma di tale funzione dipende, oltre che dalle proprietà idrauliche del suolo, anche dal tipo di risposta ecofisiologica della coltura al variare dello stato idrico del suolo.

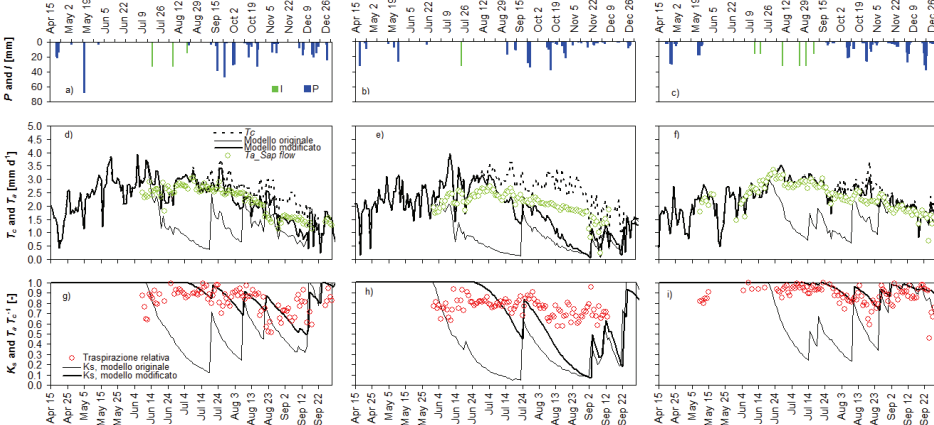
Il lavoro si propone di evidenziare come, per colture arido-resistenti quali l'olivo, la schematizzazione di una funzione di stress idrico di forma convessa (Rallo e Provenzano, 2013), può migliorare sensibilmente le stime dei flussi traspirativi ottenute con il modello di bilancio agro-idrologico proposto dalla FAO (Allen et al., 1998). D'altra parte, per la coltura dell'agrumo che non presenta particolari comportamenti eco-fisiologici in risposta allo stress idrico, viene verificato come l'uso della originaria funzione di stress idrico, proposta nel quaderno FAO-56, fornisca una schematizzazione idonea alla corretta stima dei flussi traspirativi.

Materiali e Metodi - La ricerca è stata condotta su un oliveto ed un agrumeto, localizzati rispettivamente nei territori di Castelvetrano (TP) e Villabate (PA). L'oliveto è coltivato su un suolo franco-sabbioso-argilloso, irrigato con quattro gocciolatori da 8,0 l h⁻¹ per pianta. L'agrumeto, coltivato su un suolo franco-argilloso, è invece irrigato mediante due spruzzatori per pianta con portata di 180 l h⁻¹ ciascuno. La determinazione delle costanti idrologiche dei due suoli richieste dal modello è stata effettuata in laboratorio, su campioni di suolo indisturbato; con riferimento alle caratteristiche bio-agronomiche invece, sono state seguite le indicazioni riportate in Rallo e Provenzano (2013) per la coltura dell'olivo ed utilizzati i parametri indicati dal quaderno FAO-56 per quella dell'agrumo. In entrambi i casi, il monitoraggio dei consumi traspirativi è stato effettuato attraverso la tecnica termoelettrica di Granier (1985). La validazione del modello è stata effettuata attraverso il confronto con i valori misurati dei flussi traspirativi nelle stagioni irrigue 2009, 2010 e 2011 per l'oliveto e 2012-2013 per l'agrumeto. In entrambi i casi, le simulazioni hanno avuto inizio dopo un periodo di abbondanti precipitazioni, il che ha permesso di assumere come condizione iniziale del contenuto idrico del suolo quella corrispondente alla capacità di campo.



Variabili	Agrumo		Oliveto	
	2012	2013	2009	2010
Contenuto idrico alla capacità di campo, θ_{cc} [m ³ /m ³]	0.28	0.28	0.33	0.33
Contenuto idrico al punto di appassimento, θ_{wp} [m ³ /m ³]	0.19	0.19	n.u.	n.u.
Contenuto idrico minimo stagionale, θ_{min} [m ³ /m ³]	n.u.	n.u.	0.07	0.07
Acqua disponibile, AW [mm/m]	90	90	n.u.	n.u.
Fattore di deplezione, ρ [%]	50	50	n.u.	n.u.
Acqua totale evaporabile, TEW [mm]	22.0	22.0	22.5	22.5
Acqua facilmente evaporabile, REW [mm]	8.0	8.0	11.0	11.0
Frazione di suolo umettata dopo l'irrigazione, θ_{u} [-]	0.5	0.5	0.11	0.11
Giorno dell'anno al momento della ripresa vegetativa, J_{res} [-]	2	2	105	105
Giorno dell'anno all'inizio del periodo di sviluppo, J_{dev} [-]	62	62	135	135
Giorno dell'anno all'inizio della fase stazionaria, J_{stat} [-]	152	152	225	225
Giorno dell'anno all'inizio della fase senescente, J_{sen} [-]	272	272	285	285
Giorno dell'anno al momento della raccolta, J_{har} [-]	367	367	375	375
Coefficiente culturale basale per la fase iniziale, $K_{cb,ini}$ [-]	0.65	0.65	0.55	0.55
Coefficiente culturale basale per la fase stazionaria, $K_{cb,stat}$ [-]	0.60	0.60	0.60	0.60
Coefficiente culturale basale per la fase senescente, $K_{cb,sen}$ [-]	0.65	0.65	0.60	0.60
Altezza massima della coltura, H [m]	2.0	2.0	3.0	3.0
Profondità minima radicale, Z_r [m]	0.80	0.80	0.75	0.75
Profondità massima radicale, Z_m [m]	0.80	0.80	0.75	0.75
Velocità media del vento durante la fase stazionaria, U_{med} [m s ⁻¹]	1.09	1.09	0.99	1.3
Umidità relativa media dell'aria durante fase stazionaria, RH _{med} [%]	45.0	45.0	52.6	52.2

Olivo - output delle simulazioni

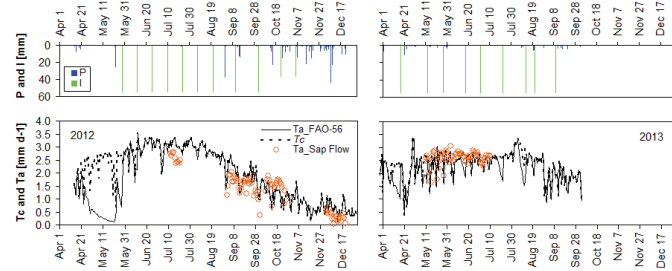


Risultati e Discussione

Con riferimento alla coltura dell'olivo, si riporta l'evoluzione temporale dei valori misurati e simulati della traspirazione effettiva (T_a) per le tre stagioni investigate, ottenuta considerando sia la versione originaria del modello che quella modificata attraverso l'implementazione di una funzione di stress idrico di forma convessa, caratteristica della coltura esaminata. Inoltre, è pure riportata l'entità degli apporti irrigui, I , e delle precipitazioni, P . Dall'analisi si osserva che il trend stagionale dei consumi traspirativi simulati, ottenuti utilizzando la versione modificata del modello meglio interpreta i corrispondenti valori misurati. D'altra parte, la rapida riduzione dei valori di traspirazione effettiva, simulati con la versione originaria del modello, consegue all'assunzione di una funzione di stress idrico di tipo lineare che poco si adatta alla coltura dell'olivo (Rallo et al., 2014). Nel 2010 si notano comunque delle discrepanze che possono essere attribuite al contributo della capacità della pianta (acqua immagazzinata negli organi assili e nei tessuti fogliari) al processo traspirativo, non implementato nel modello.

Al fine di valutare la potenzialità del modello nel predire condizioni di stress idrico della pianta, si riportano le dinamiche temporali della traspirazione relativa, ottenuta come rapporto tra i flussi traspirativi misurati, T_a , e quelli potenziali T_c , nonché i valori simulati del coefficiente di stress idrico, K_s , ottenuti utilizzando sia l'originaria funzione lineare, che la più realistica funzione di tipo convesso. I risultati ottenuti evidenziano che l'implementazione di quest'ultima funzione nel modello FAO-56 permette di spiegare meglio la dinamica della traspirazione relativa e consente una stima più accurata della condizione di stress idrico. Inoltre, a fronte di valori di traspirazione relativa osservati sempre superiori a 0.6, il modello originale simula valori poco realistici di K_s , che raggiungono addirittura un minimo di circa 0.1.

Agrumo - output delle simulazioni



Con riferimento alla coltura dell'agrumo, le simulazioni condotte usando il modello nella sua forma originaria hanno evidenziato un buon adattamento dei flussi traspirativi effettivi simulati rispetto ai corrispondenti misurati. Per la coltura in esame infatti, risultando gli apporti irrigui frequenti e complessivamente di entità non trascurabile nell'arco delle stagioni irrigue investigate, la funzione di stress idrico non assume un ruolo fondamentale nella schematizzazione degli attingimenti radicali. In effetti, sebbene la coltura dell'agrumo sia sensibile a condizioni di stress idrico, l'aver effettuato interventi irrigui idonei a mantenere lo stato idrico del suolo in condizioni non limitanti, ha reso non necessaria una specifica schematizzazione delle funzioni di attingimento radicale, come si è dimostrato invece indispensabile per la coltura dell'olivo, solitamente assoggettata ad una programmazione irrigua deficitaria.

Conclusioni - L'indagine condotta ha evidenziato che, nel caso di una coltura arido-resistente quale l'olivo, generalmente mantenuta in condizioni di stato idrico del suolo deficitario, l'uso del modello FAO-56 può consentire una stima accurata dei flussi traspirativi effettivi solo a seguito dell'implementazione di una più rispondente funzione di stress idrico di forma convessa. Per la coltura dell'agrumo in condizione di ordinaria gestione irrigua, la funzione di stress idrico non assume un ruolo fondamentale nella schematizzazione degli attingimenti radicali e pertanto, anche utilizzando l'originaria funzione di stress idrico di tipo lineare, il modello FAO-56 consente di restituire flussi traspirativi effettivi molto prossimi a quelli misurati.

Ricerca condotta nell'ambito dei progetti "Tristezza" (Responsabile prof. Iovino) finanziato dall'Assessorato regionale Agricoltura, Sviluppo Rurale e Pesca Mediterranea e PRIN 2010 (Responsabile prof. Provenzano) cofinanziato dal MIUR e dall'Università di Palermo.

Bibliografia essenziale
Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., and Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper (56), Rome, Italy.
Granier, A. (1985). Une nouvelle méthode pour la mesure du flux de sève brute dans le tronc des arbres. Ann. Forest Science, 42(2): 193-200.
Rallo, G., and Provenzano, G. (2013). Modelling eco-physiological response of table olive trees (Olea europaea, L.) to soil water deficit conditions. Agricultural Water Management, 120: 79-88.
Rallo, G., Balamonte, G., Manzano, J., and Provenzano, G. (2014). Improvement of FAO-56 Model to Estimate Transpiration Fluxes of Drought Tolerant Crops under Soil Water Deficit: An Application for Olive Groves. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. In press.

Modellistica agro-idrologica per la stima dei consumi traspirativi di colture Mediterranee e schematizzazione della funzione di stress idrico

Alagna V., M. Iovino, G. Provenzano & G. Rallo*

Dipartimento Scienze Agrarie e Forestali. Viale delle Scienze 13, 90128 - Palermo

* Autore corrispondente – e-mail: giuseppe.provenzano@unipa.it

SOMMARIO

I modelli di simulazione agro-idrologica permettono una schematizzazione dei fenomeni che si manifestano nel sistema suolo-vegetazione-atmosfera (SVA) su un ampio range di scale spaziali e temporali. Ogni singolo comparto del sistema è caratterizzato da comportamenti complessi dovuti, ad esempio, alle strategie adattative della pianta in risposta a condizioni di deficit idrico del suolo. In relazione a quest'ultimo fenomeno, di cruciale importanza, nella stima degli attingimenti radicali e quindi dei consumi traspirativi effettivi, risulta la corretta schematizzazione della funzione di stress idrico, descritta in generale utilizzando coefficienti riduttivi della traspirazione potenziale in funzione del deficit idrico del suolo. La forma di tale funzione dipende, oltre che dalle proprietà idrauliche del suolo, anche dal tipo di risposta eco-fisiologica della coltura al variare dello stato idrico del suolo.

Il presente contributo intende evidenziare come per colture arido-resistenti quali l'olivo, la schematizzazione della funzione di stress idrico proposta da Rallo e Provenzano (2013), può migliorare sensibilmente le capacità predittive dei flussi traspirativi stimati attraverso il modello di bilancio agro-idrologico proposto dalla FAO (Allen et al., 1998). D'altra parte, per la coltura dell'agrumo, che non presenta particolari comportamenti eco-fisiologici in risposta allo stress idrico, viene verificato come l'uso della originaria funzione di stress idrico, proposta nel quaderno FAO-56, fornisca una schematizzazione idonea alla corretta stima dei flussi traspirativi.

La ricerca è stata condotta su un oliveto ed un agrumeto, localizzati rispettivamente nei territori di Castelvetro (TP) e Villabate (PA). L'oliveto è coltivato su un suolo franco-sabbioso-argilloso, irrigato con quattro gocciolatori da $8,0 \text{ l h}^{-1}$ per pianta. L'agrumeto, coltivato su un suolo franco-argilloso, è invece irrigato mediante due spruzzatori per pianta con portata di 180 l h^{-1} ciascuno. Con riferimento alle costanti idrologiche del suolo, la parametrizzazione del modello ha tenuto conto delle misure effettuate in laboratorio su campioni di suolo indisturbato, mentre per quanto riguarda le caratteristiche bio-agronomiche, si sono eseguite le indicazioni riportate in Rallo e Provenzano (2013) per l'oliveto e dei parametri indicati sul quaderno FAO-56 per l'agrumo. Il monitoraggio dei consumi traspirativi è stato condotto misurando i flussi linfatici mediante la tecnica termoelettrica di Granier (1985). La validazione del modello è stata effettuata mediante il confronto dei valori stimati e misurati dei flussi traspirativi nelle stagioni irrigue 2009, 2010 e 2011 per l'oliveto e 2012-2013 per l'agrumeto. L'inizio delle simulazioni ha seguito una serie di eventi piovosi che ha permesso di considerare, quale valore del contenuto idrico iniziale, quello corrispondente alla capacità di campo del terreno.

La Figura 1d-f mostra, per la coltura dell'olivo, l'evoluzione temporale dei valori misurati e simulati della traspirazione effettiva per le tre stagioni investigate, ottenuta considerando sia la versione originaria del modello che quella modificata per tenere conto dell'effettiva funzione di stress che caratterizza la coltura esaminata. Nella stessa figura è pure riportata l'entità degli apporti irrigui e delle precipitazioni (Fig. 1a-c). Dall'analisi si osserva che il trend stagionale simulato dal modello modificato meglio interpreta i valori misurati della traspirazione effettiva (Fig. 1d-f).

D'altra parte, la rapida riduzione dei valori di traspirazione, simulati con la versione originaria del modello, è una diretta conseguenza dell'assunzione di una funzione di stress idrico di tipo lineare che poco si adatta alla coltura dell'olivo (Rallo e Provenzano, 2013). Tuttavia, le discrepanze osservate nella stagione irrigua 2010, possono essere attribuite al contributo della capacitanza della pianta (acqua immagazzinata negli organi assili e nei tessuti

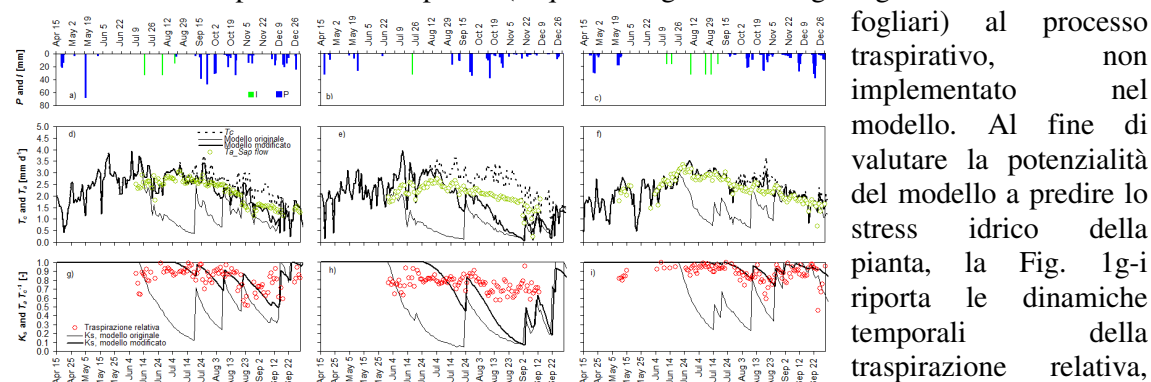


Figura 1. Confronto fra i risultati delle simulazioni e i valori misurati della traspirazione nell'oliveto.

misurata con la tecnica Granier, T_a e la traspirazione potenziale T_c , nonché i valori di K_s simulati utilizzando sia l'originaria funzione di stress idrico, che un più realistico modello di stress di tipo convesso. I risultati ottenuti evidenziano che il modello modificato permette di spiegare meglio la dinamica della traspirazione relativa e quindi una stima più accurata della condizione di stress idrico. Inoltre, a fronte di valori di traspirazione relativa osservati in campo sempre superiori a 0,6, il modello originale simula valori poco realistici di K_s , raggiungendo addirittura un minimo di circa 0,1.

Con riferimento all'agrumo invece, le simulazioni condotte usando il modello nella sua forma originaria, hanno evidenziato una buona rispondenza dei flussi traspirativi simulati rispetto a quelli misurati (Fig. 2c-d). Per tale coltura, per la quale gli apporti irrigui sono frequenti e di entità non trascurabile (53 mm stagionali), la funzione di stress idrico non assume un ruolo fondamentale nella schematizzazione degli attingimenti radicali. Pertanto, risultando la coltura in esame sensibile allo stress e gestita con una

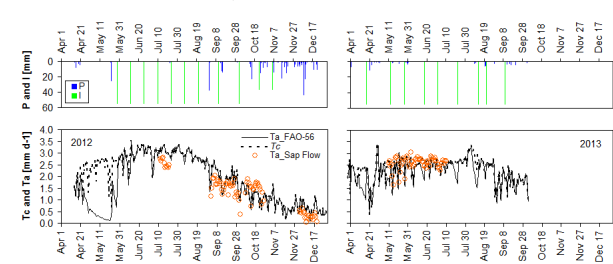


Figura 2. Confronto fra i risultati delle simulazioni e i valori misurati della traspirazione nell'agrumo.

programmazione degli interventi irrigui finalizzata a mantenere uno stato idrico del suolo in condizioni non limitanti, i modelli agro-idrologici non necessitano di una specifica schematizzazione delle funzioni di attingimento radicale, come si è dimostrato invece necessario per la coltura dell'olivo, solitamente soggetta ad una programmazione irrigua deficitaria.

Ricerca condotta nell'ambito dei progetti "Tristezza" (prof. Iovino) finanziato dall'Assessorato regionale Agricoltura, sviluppo rurale e pesca mediterranea e PRIN 2010 (prof. Provenzano) cofinanziato dal MIUR.

Riferimenti bibliografici

R. G., Allen, Pereira, L. S., Raes, D., and Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper (56), Rome, Italy.
 A., Granier. (1985). Une nouvelle méthode pour la mesure du flux de sève brute dans le tronc des arbres. Ann. Forest Science, 42(2): 193-200.
 G., Rallo, Provenzano, G. (2013). Modelling eco-physiological response of table olive trees (*Olea europaea* L.) to soil water deficit conditions, Agricultural Water Management. Vol. 120: 79–88.