

MIGLIORARE IL CONTENUTO IDRICO DEL SUOLO IN UN PESCHETO IN AMBIENTE MEDITERRANEO CON L'APPLICAZIONE DI UN AMMENDANTE COMPOSTATO MISTO

IMPROVE SOIL WATER CONTENT IN A PEACH ORCHARD IN A MEDITERRANEAN ENVIRONMENT WITH THE APPLICATION OF A MIXED COMPOSED AMENDMENTS

Onofrio Cappelluti^{1*}, Maria Roberta Bruno², Anna Francesca Modugno², Rossana Monica Ferrara², Liliana Gaeta², Gabriele De Carolis², and Pasquale Campi^{2*}

¹ University of Bari Aldo Moro - Department of Soil, Plant and Food Sciences (Di.S.S.P.A.), Via Giovanni Amendola, 165/a, 70126 Bari (BA)

² Research Centre for Agriculture and Environment, CREA-Council for Agricultural Research and Economics, Via Celso Ulpiani, 5, 70125 Bari (BA)

*pasquale.campi@crea.gov.it; onofrio.cappelluti@uniba.it

Abstract

The reduction in water availability imposes the agronomic issues of increasing soil storage capacity and improving the use of rainwater or irrigation water. A field experiment was conducted in 2021 in a Mediterranean environment in a 5-year-old peach orchard to study the effect of soil amendment, applied in different amounts, on soil water status dynamics. Water balance was monitored during the vegetative-reproductive cycle of peach trees on a daily scale. Three treatments were compared: A0, control; A1, with amendment (10 t ha⁻¹); A2, with half dose of amendment (5 t ha⁻¹). On a seasonal scale, soil water content increased by 27 percent and 33 percent in A1 and A2 compared with A0, while relative extractable water ranged between 0.41 (A0) and 0.65 (A1 and A2). Both soil water balance indicators show that storage capacity increases with the addition of amendments. Improved soil storage capacity was associated with higher values of stem water potential (throughout the growing season) and stomatal conductance (at the end of the season).

Parole chiave

relative extractable water; potenziale idrico dello stelo, variabili agro-climatiche, stoccaggio acqua nel suolo

Keywords

relative extractable water; stem water potential, agro-climatic variables, soil water storage

Introduzione

La riduzione osservata della disponibilità di acqua (Bleu *et al.*, 2009) impone il risparmio idrico in ogni attività umana e in ogni settore produttivo. I cambiamenti climatici hanno portato a un aumento delle temperature di +1,5 °C (Change, 2014) e a una diminuzione delle precipitazioni totali annue (Madsen *et al.*, 2014, Fiori *et al.*, 2014), con un aumento, in generale, dell'intensità degli eventi piovosi (Fahad *et al.*, 2015). Le precipitazioni molto intense ma di breve durata non consentono ai suoli di immagazzinare l'acqua (Findell *et al.*, 1997) e il 40-50% delle precipitazioni si perde attraverso il ruscellamento (Wang *et al.*, 2020).

Negli ultimi decenni, nella regione mediterranea si sono verificati eventi estremi di precipitazione e aumenti dei periodi di siccità (Stocker *et al.*, 2013, Rashid *et al.*, 2004, Fernández *et al.*, 2009). Diversi studi (Campi *et al.*, 2020, Zhang *et al.*, 2011) hanno dimostrato come l'utilizzo di tecniche agronomiche sostenibili quale l'aggiunta di sostanza organica può migliorare la struttura del suolo, l'infiltrazione dell'acqua e la porosità del suolo (Rawls *et al.*, 2004). L'aumento della quantità di sostanza organica nel suolo può essere ottenuto utilizzando ammendamenti organici; in particolare, gli ammendamenti misti, composti da diversi materiali organici come letame animale e residui vegetali, contribuiscono a migliorare le proprietà fisiche,

chimiche e biologiche del suolo (Dos Santos *et al.*, 2003). Inoltre l'applicazione di ammendanti al suolo, consentono una riduzione della perdita di acqua per evaporazione (Taban *et al.*, 2006).

L'effetto dell'apporto di ammendanti sullo stato idrico del suolo può essere valutato considerando sia un indice di stress da siccità, il Relative Extractable soil Water (REW), che descrive la riserva idrica del suolo in termini di valore relativo, sia un insieme a indici basati sulle piante, come il potenziale idrico del fusto e la conduttanza stomatica (Zhang *et al.*, 2013, Gaeta *et al.*, 2017).

L'ipotesi formulata in questo studio riguarda l'aggiunta di due diverse quantità di ammendamenti misti, senza l'aggiunta di fertilizzanti chimici/organici, in un pescheto situato in un'area mediterranea al fine di verificare (i) l'aumento dell'accumulo di acqua lungo il profilo del suolo e (ii) il miglioramento delle prestazioni del pescheto.

Materiali e Metodi

Metodologia sperimentale

Lo studio è stato condotto durante la stagione vegetativa 2021, da maggio a settembre, a Rutigliano (BA) nell'azienda sperimentale M.E. Venezian Scarascia del Consiglio per la Ricerca e l'Economia Agricola (CREA), in un peschetto di 5

anni a maturazione tardiva (cv. Redcall), coltivato a vaso tradizionale e innestato su portainnesto GF677, con una distanza di 5,0 m × 5,0 m e gestito secondo le pratiche agricole convenzionali. Il sistema di irrigazione a goccia, mediante due gocciolatori per albero con un flusso di 16 L h⁻¹ per gocciolatore ha permesso una giusta programmazione irrigua, effettuata con l'approccio FAO56. Nel suolo l'apparato radicale non si sviluppa al di sotto di 0,5 m, pertanto, la riserva idrica apportata (116,48 mm) è stata moderata ma sufficiente a ripristinare il 100% dell'evapotraspirazione della coltura.

Per le prove in campo, al suolo è stato distribuito un ammendante compostato misto (fornito dall'azienda, Fertileva srl, Evainfruit) con le seguenti principali caratteristiche: umidità 32%, pH 7,5, carbonio organico 36%, azoto organico 3%, rapporto C/N 13.

All'interno del pescheto sono state disposte con un disegno con tre repliche a blocchi randomizzati per le prove: A0: controllo, non è stato distribuito ACM, A1: ACM distribuito alla dose di 10 t ha⁻¹, A2: ACM distribuito alla dose 5 t ha⁻¹, A0: controllo, non è stato distribuito ACM.

La distribuzione dell'ammendante è avvenuta il 12 aprile 2021, successivamente è stato interrato manualmente nei primi 10 centimetri di terreno.

I dati meteorologici sono stati raccolti tramite sensori meteo standard, misurati in continuo con un intervallo di 10s su un prato di festuca (*Festuca arundinacea* Schreb.) distante 350 m dal campo sperimentale e registrati ogni ora da una stazione meteorologica automatica (Campbell Sci., USA). Il contenuto idrico nel suolo (swc) è stato misurato utilizzando sonde capacitivie (TEROS11, Decagon Devices Inc., USA) a partire dal 1° maggio in entrambi gli anni. Il contenuto giornaliero di acqua nel suolo è stato determinato misurando il contenuto di acqua per volume utilizzando sonde collegate a un data-logger (TE-CR1000, Campbell, USA) e i dati sono stati trasmessi a un server web tramite modalità LAN o GSM. Il Relative extractable soil water (REW) descrive la riserva idrica del suolo in termini di valore relativo (Granier *et al.*, 1999). Il REW descrive in modo esauriente la disponibilità di acqua nel suolo nella zona radicale, in quanto deriva da dati stimati attraverso sonde posizionate nel suolo nella zona radicale. Viene spesso utilizzato come semplice indice di stress da siccità, in quanto il REW può essere calcolato dal contenuto idrico del suolo nella zona radicale in un determinato momento, come segue:

$$REW = \frac{SWC_{day} - SWC_{min}}{SWC_{max} - SWC_{min}}$$

SWC_{day} è il contenuto idrico giornaliero del suolo (m³ m⁻³), SWC_{min} (m³ m⁻³) è il contenuto idrico minimo rilevato, mentre SWC_{max} (m³ m⁻³) è il contenuto idrico massimo consumato dalle piante in tutta la zona radicale durante la stagione irrigua, o capacità del campo idrico. Il REW varia da 1,0 (contenuto idrico massimo del suolo) a 0 (contenuto idrico minimo del suolo). I valori giornalieri di REW per gli esperimenti sono stati calcolati dalle misurazioni giornaliere di SWC.

Poiché non era disponibile un valore critico, specifico per il sito, del potenziale matriciale per valutare i deficit idrici del suolo, si è ipotizzato che lo stress idrico si verifici quando REW scende al di sotto della soglia di 0,4 (REW_c): innescando la regolazione stomatica (Granier *et al.*, 1999, Granier *et al.*, 2000, Zhang *et al.*, 2021), la soglia REW < 0,4 è comunemente utilizzata in vari ecosistemi (Tognetti *et al.*, 2009).

Potenziale idrico dello stelo e conduttanza stomatica

Il potenziale idrico del fusto è il parametro ecofisiologico direttamente correlato allo stato idrico del suolo. Lo stato idrico delle piante è stato caratterizzato per ogni trattamento dal potenziale idrico del fusto (Ψ_{st}, MPa) e dalla conduttanza stomatica (gs, mmol m⁻² s⁻¹) misurata a mezzogiorno, poiché il potenziale idrico del fusto e la conduttanza stomatica sono più strettamente correlati allo stato idrico delle foglie a mezzogiorno (Zhang *et al.*, 2013). Il potenziale idrico del fusto è stato misurato con la tecnica della camera a pressione (camera a pressione di Scholander) una o due volte al mese su sei piante per trattamento, selezionando due foglie per pianta. Secondo Gaeta *et al.* (2017), in una cultivar di pesco a maturazione tardiva come Redcal il potenziale idrico del fusto non è completamente informativo sullo stato idrico della pianta in quanto la pianta tende ad avere un comportamento conservativo o isoidrico.

Analisi statistiche

I dati sono stati analizzati considerando un'ANOVA a una via (A0, A1 e A2) per stagione (2021). Le differenze in ciascun trattamento sono state valutate utilizzando il test HSD (honestly significant difference) di Tukey.

I limiti di confidenza utilizzati in questo studio erano basati sul 95% (p<0,05). Le analisi statistiche sono state calcolate utilizzando il software statistico R (R Development Core Team, <http://www.r-project.org>).

Risultati e Discussione

La Figura 1 mostra l'evoluzione dei valori giornalieri di temperatura dell'aria (°C) (media, minima e massima) delle precipitazioni giornaliere (mm d⁻¹) e irrigazioni (mm d⁻¹) durante il periodo di osservazione dall'apertura delle gemme (1° maggio 2021) alla fine della stagione produttiva (30 settembre 2021). La temperatura media dell'aria durante il periodo di osservazione era di 23°C. La temperatura minima è scesa sotto i 10°C solo cinque volte, all'inizio della stagione vegetativa (9 maggio 2021), durante la prima fase della seconda fruttificazione (3 giugno 2021) e alla fine del ciclo vegetativo (24 settembre 2021), il che non ha influito sulla produttività del pesco. La temperatura massima ha raggiunto valori compresi tra 35 e 40°C diverse volte durante la stagione di crescita, tra il 20 giugno e il 20 agosto. Il calo al di sotto dei 10°C per cinque volte, come già detto, non ha influito sulla produttività del pesco, in quanto non comporta alcuno stress significativo o danno da gelo (Liu *et al.*, 2018). Le precipitazioni registrate durante il periodo di osservazione sono state pari a 124 mm. I valori medi

giornalieri del deficit di pressione di vapore (VPD) variavano da 1 a 1,5 kPa (dati non mostrati).

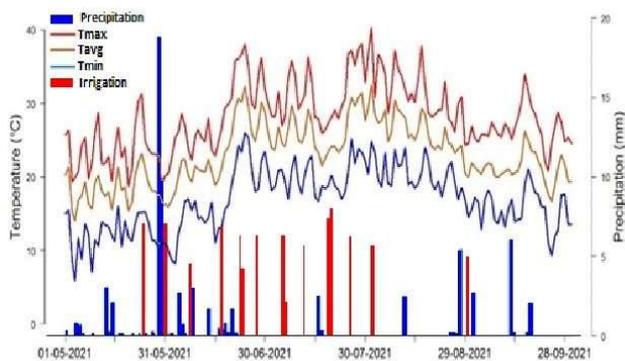


Fig.1 - Valori giornalieri della temperatura dell'aria (media, minima e massima), delle precipitazioni totali e delle irrigazioni totali.

Fig.1- Daily air temperature values (average, minimum and maximum) total precipitation and total irrigation.

I valori di SWC dei tre trattamenti erano generalmente compresi tra il punto di appassimento (prima dell'irrigazione) e la capacità del campo (dopo l'irrigazione). La programmazione dell'irrigazione ha impedito di superare la capacità del campo e non ha mai permesso al suolo di raggiungere il punto di appassimento, nonostante un andamento meteorologico che ha portato a livelli elevati di evapotraspirazione. Valori di contenuto idrico del suolo prossimi al punto di appassimento sono stati osservati solo nel caso del trattamento A0 (senza modifiche del suolo). Il valore più vicino al punto di appassimento era di circa $0,25 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ nel trattamento A0 alla fine del ciclo produttivo, dopo la sospensione dell'irrigazione. Il comportamento dei due trattamenti che hanno ricevuto l'ammendante (indipendentemente dalla quantità di ammendante) è diverso da quello del trattamento senza ammendante. I valori stagionali del contenuto idrico del suolo per A1 e A2 sono sistematicamente +13,8% e +11,4% più alti rispetto ad A0, rispettivamente.

La Figura 2 riassume, su scala stagionale, il contenuto idrico medio del suolo per i tre trattamenti, con differenze significative tra tutte le prove. La Figura 2 mostra, inoltre, che la variabilità dei dati sull'umidità del suolo durante la stagione di crescita del pesco è significativamente più alta nel trattamento senza ammendante rispetto ai due trattamenti che hanno ricevuto ammendante. Si osserva che l'aggiunta di ammendanti al suolo, non solo aumenta i valori di umidità del suolo misurati, ma riduce anche le fluttuazioni intorno al valore medio stagionale. Ciò significa che, dove non è stato aggiunto l'ammendante al terreno, la coltura risulta più esposta a fluttuazioni potenzialmente pericolose dell'umidità del suolo durante il ciclo di crescita.

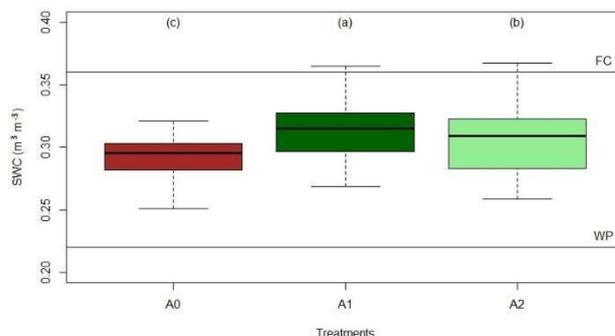


Fig.2 - Contenuto idrico del suolo medio nella stagione di crescita del pesco. Le lettere diverse indicano una differenza significativa ($p\text{-value} < 0,05$). A0 = controllo; A1 = dosaggio completo di ammendante; A2 = metà dosaggio di ammendante; WP = punto di appassimento, FC = capacità di campo.

Fig.2- Soil water content averaged on the peach tree growing season. Different letters indicate a significant difference ($p\text{-value} < 0.05$). A0 = control; A1 = complete dosage of soil amendment; A2 = half dosage of soil amendment; WP = wilting point, FC = field capacity.

Considerando la soglia dell'indice di stress da siccità 0,4 (Sadras *et al.*, 1996, Rahmati *et al.*, 2015), i valori stagionali di REW per A0 erano vicini alla soglia, il che potrebbe indicare un rischio di stress idrico del suolo. I due trattamenti che hanno beneficiato dell'ACM (dosaggio completo A1 o metà dosaggio A2) hanno avuto valori di REW lontani dalla soglia critica di stress durante l'intera stagione di crescita del pesco. L'analisi statistica (HSD di Tukey) ha mostrato che i valori di REW medio per A1 (0,66) e A2 (0,61) erano significativamente diversi da A0 (0,50). L'analisi dei valori di REW su scala settimanale (Fig. 3) rivela che il pescheto subisce uno stress idrico del suolo (in particolare quando l'approvvigionamento idrico regolare viene interrotto, ad esempio a settembre) se la coltura non beneficia dell'ACM. Il rischio di stress del suolo non si verifica quando il suolo riceve una dose completa di ammendante (A1) e si mostra solo alla fine del ciclo, a settembre (Fig. 3), nel caso di un apporto ridotto di ammendante (A2).

I valori medi massimi e minimi di REW sono stati rispettivamente 0,72 e 0,22 per A0, 1,00 e 0,35 per A1 e 1,00 e 0,28 per A2. In particolare, il REW per A0 scende al di sotto della soglia di 0,4 nel 20% dei giorni di agosto e nel 68% di settembre. Il trattamento A2 subisce uno stress idrico nel 16% dei giorni di agosto e nel 67% di settembre; mentre nel trattamento A1 lo stress idrico del suolo non si è verificato in nessun giorno, tranne che a settembre (35% dei giorni del mese). È stato possibile comprendere meglio il contributo dei trattamenti con ammendamenti organici, rispetto ad A0, a dimostrazione del fatto che un apporto di sostanza organica a dose piena (A1), garantisce una migliore ritenzione idrica del suolo tale da non generare stress idrico, o quasi, in nessun giorno della stagione.

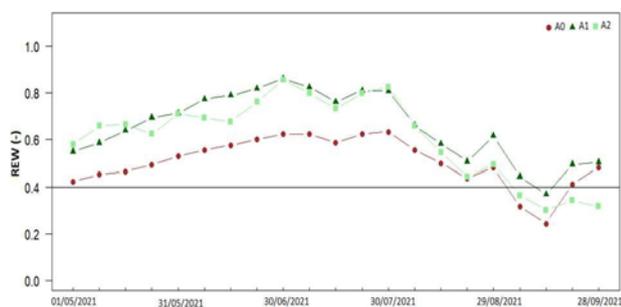


Fig.3 - Valori REW su scala settimanale. A0 = controllo; A1 = dose completa di ammendante; A2 = metà dose di ammendante.

Fig.3 - REW values on a weekly scale. A0 = control; A1 = complete dosage of soil amendment; A2 = half dosage of soil amendment.

La Figura 4 mostra l'evoluzione del potenziale idrico del fusto durante la stagione di crescita del pesco. Le tendenze della SWC descritte precedentemente sono in accordo con l'andamento del potenziale idrico del fusto. Durante l'intero ciclo colturale, i valori più alti di potenziale del fusto sono stati osservati nel trattamento A1, in cui l'ammendante è stato fornito in dose completa. I valori di potenziale più bassi sono stati misurati nel trattamento senza ammendante.

Le differenze nei valori di potenziale idrico del fusto tra i trattamenti non sono state significative (Fig. 4) nel corso della stagione, tranne il 9 settembre, quando Ψ_{st} è stato pari a -1,37, -1,59 e -2,10 MPa rispettivamente per A1, A2 e A0. Secondo Rahmati et al. (Rahmati *et al.*, 2015), un valore di Ψ_{st} pari a -1,5 MPa potrebbe essere considerato una soglia per lo stress idrico del pesco. In base a questi risultati, i rischi di stress idrico dovrebbero presentarsi all'inizio di settembre, nel trattamento A0. I valori del potenziale idrico del fusto confermano quanto osservato anche per il REW. Solo a settembre i valori di potenziale idrico del fusto misurati nel trattamento senza modifiche erano statisticamente inferiori a quelli misurati nei due trattamenti con modifiche. Il programma di irrigazione previsto dal protocollo dell'esperimento ha garantito l'apertura stomatica e, di conseguenza gli scambi gassosi durante l'intero periodo vegetativo del pesco. Nel nostro studio, i dati sul potenziale idrico del fusto non hanno mostrato differenze significative tra i trattamenti, tranne che in alcuni momenti; questo perché l'apertura degli stomi è determinata dal potenziale idrico del fusto, ma anche dai livelli di PAR, dalla richiesta di evapotraspirazione e dalla concentrazione di CO₂ all'interno delle camere sub-stomatali.

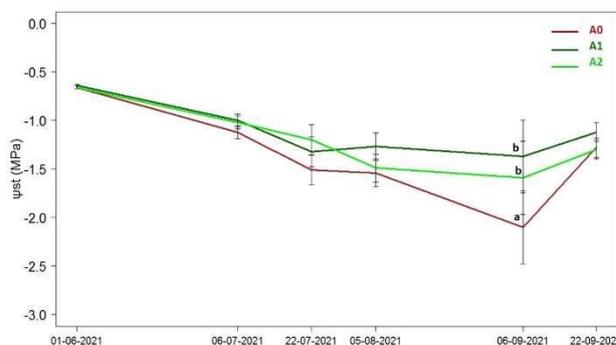


Fig.4 - Potenziale idrico a mezzogiorno del fusto (Ψ_{st}): lettere diverse indicano una differenza significativa (p -value<0.05). A0 = controllo; A1 = dose completa di ammendante; A2 = metà dose di ammendante.

Fig.4 - Stem midday water potential (Ψ_{st}): different letters indicate a significant difference (p -value<0.05). A0 = control; A1 = complete dosage of soil amendment; A2 = half dosage of soil amendment.

Conclusioni

Questo studio dimostra che l'aggiunta di ACM al suolo all'inizio della stagione irrigua aumenta il contenuto idrico giornaliero del suolo sia con il dosaggio completo (A1) che con quello dimezzato (A2), con una performance leggermente migliore per A1 in termini di contenuto idrico del suolo. Questi risultati sono stati meglio evidenziati dall'uso dell'indice di stress idrico REW. L'aumento del contenuto idrico del suolo ha portato a un incremento dei valori di Ψ_{st} (potenziale idrico del fusto), al di sopra o vicino alla soglia di stress idrico (-1,5 MPa). Nelle cultivar di pesco a maturazione tardiva con comportamento conservativo, è importante considerare il giusto indice per rilevare lo stato idrico della pianta. Infatti, in condizioni di leggero stress idrico, il potenziale idrico del fusto ha confermato la sua affidabilità come indice basato sulla pianta. Considerando che la dose dell'ammendante non ha influenzato la variabilità dei parametri del suolo e dell'acqua e le prestazioni della pianta in generale, sarebbe auspicabile utilizzare la dose dimezzata per ridurre i costi di gestione. Ulteriori studi dovrebbero approfondire la relazione ammendante-suolo-pianta, dopo applicazioni annuali, per evidenziare gli effetti a medio-lungo termine sull'immagazzinamento dell'acqua nel suolo e sul miglioramento della produzione vegetale. Nel prossimo futuro per l'agricoltura, sarà essenziale fornire metodi sostenibili per trattenere quanta più acqua possibile all'interno del suolo, limitandone al contempo l'evaporazione.

Bibliografia

- Bleu, U. UNEP/MAP-Plan Bleu: State of the Environment and Development in the Mediterranean. Athens 2009.
- Change, I.P.O.C. Ipc. Climate change 2014.
- Madsen, H.; Lawrence, D.; Lang, M.; Martinkova, M.; Kjeldsen, T. Review of trend analysis and climate change projections of extreme precipitation and floods in Europe. *Journal of Hydrology* 2014, 519, 3634-3650.
- Fiori, E.; Comellas, A.; Molini, L.; Rebora, N.; Siccardi, F.; Gochis, D.; Tanelli, S.; Parodi, A. Analysis and hindcast simulations of an extreme rainfall event in the Mediterranean area: The Genoa 2011 case. *Atmospheric Research* 2014, 138, 13-29.
- Fahad, S.; Hussain, S.; Saud, S.; Tanveer, M.; Bajwa, A.A.; Hassan, S.; Shah, A.N.; Ullah, A.; Wu, C.; Khan, F.A. A biochar application protects rice pollen from high-temperature stress. *Plant Physiology and Biochemistry* 2015, 96, 281-287.
- Findell, K.L.; Eltahir, E.A. An analysis of the soil moisture-rainfall feedback, based on direct observations from Illinois. *Water Resources Research* 1997, 33, 725-735.
- Wang, S.; Wang, H.; Hafeez, M.B.; Zhang, Q.; Yu, Q.; Wang, R.; Wang, X.; Li, J. No-tillage and subsoiling increased maize yields and soil water storage under varied rainfall distribution: A 9-year site-specific study in a semi-arid environment. *Field Crops Research* 2020, 255, 107867.
- Stocker, T.F. Climate Change 2013: The Physical Science Basis: Summary for Policymakers, a Report of Working Group I of the IPCC, Technical Summary, a Report Accepted by Working Group I of the IPCC But Not Approved in Detail and Frequently Asked Questions: Part of the Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change; Intergovernmental Panel on Climate Change: 2013.
- Rashid, A.; Ryan, J. Micronutrient constraints to crop production in soils with Mediterranean-type characteristics: a review. *Journal of Plant Nutrition* 2004, 27, 959-975.
- Fernández, J.M.; Plaza, C.; García-Gil, J.C.; Polo, A. Biochemical properties and barley yield in a semi-arid Mediterranean soil amended with two kinds of sewage sludge. *Applied soil ecology* 2009, 42, 18-24.
- Campi, P.; Gaeta, L.; Mastrorilli, M.; Losciale, P. Innovative soil management and micro-climate modulation for saving water in peach orchards. *Frontiers in Plant Science* 2020, 11, 1052.
- Zhang, S.; Li, P.; Yang, X.; Wang, Z.; Chen, X. Effects of tillage and plastic mulch on soil water, growth and yield of spring-sown maize. *Soil and Tillage Research* 2011, 112.
- Rawls, W.; Nemes, A.; Pachepsky, Y.J.D.i.s.s. Effect of soil organic carbon on soil hydraulic properties. 2004, 30, 95-114
- Dos Santos, I.; Bettiol, W. Effect of sewage sludge on the rot and seedling damping-off of bean plants caused by *Sclerotium rolfsii*. *Crop protection* 2003, 22, 1093-1097.
- Taban, M.; Movahedi Naeini, S.J.C.i.s.s.; analysis, p. Effect of aquasorb and organic compost amendments on soil water retention and evaporation with different evaporation potentials and soil textures. 2006, 37, 2031-2055
- Zhang, Y.J.; Meinzer, F.C.; Qi, J.H.; Goldstein, G.; CAO, K.F. Midday stomatal conductance is more related to stem rather than leaf water status in subtropical deciduous and evergreen broadleaf trees. *Plant, cell & environment* 2013, 36, 149-158.
- Gaeta, L.; Amendolagine, A.; Di Gennaro, D.; Navarro, A.; Tarricone, L.; Campi, P.; Stellacci, A.; Losciale, P. Managing orchard floor for saving water in a late ripening peach cultivar: a preliminary result. In *Proceedings of the IX International Peach Symposium* 1304, 2017; pp. 207-214.
- Campi, P.; Palumbo, A.; Mastrorilli, M. Effects of tree windbreak on microclimate and wheat productivity in a Mediterranean environment. *European Journal of Agronomy* 2009, 30, 220-227.
- Katerji, N.; Mastrorilli, M.; Rana, G. Water use efficiency of crops cultivated in the Mediterranean region: Review and analysis. *European Journal of Agronomy* 2008, 28, 493-507.
- Granier, A.; Breda, N.; Biron, P.; Villetto, S. A lumped water balance model to evaluate duration and intensity of drought constraints in forest stands. *Ecological modelling* 1999, 116, 269-283.
- Granier, A.; Bréda, N.; Biron, P.; Villetto, S.J.E.m. A lumped water balance model to evaluate duration and intensity of drought constraints in forest stands. 1999, 116, 269-283.
- Zhang, R.; Wang, D.; Sun, H.; Wei, C.; Wang, L.J.H.S.J. Comparison of transpiration of differently aged apple orchards on the Loess Plateau of China at multiple temporal scales. 2021, 66, 979-990.
- Tognetti, R.; Giovannelli, A.; Lavini, A.; Morelli, G.; Fragnito, F.; d'Andria, R.J.A.; Meteorology, F. Assessing environmental controls over conductances through the soil-plant-atmosphere continuum in an experimental olive tree plantation of southern Italy. 2009, 149, 1229-1243.
- Campi, P.; Gaeta, L.; Mastrorilli, M.; Losciale, P.J.F.i.P.S. Innovative soil management and micro-climate modulation for saving water in peach orchards. 2020, 11, 1052.
- Lordan, J.; Pascual, M.; Fonseca, F.; Villar, J.; Rufat, J.J.S.; Research, T. Use of rice husk to enhance peach tree performance in soils with limiting physical properties. 2013, 129, 19-22.
- Liu, Q.; Piao, S.; Janssens, I.A.; Fu, Y.; Peng, S.; Lian, X.; Ciais, P.; Myneni, R.B.; Peñuelas, J.; Wang, T. Extension of the growing season increases vegetation exposure to frost. *Nature communications* 2018, 9, 426.
- Sadras, V.; Milroy, S. Soil-water thresholds for the responses of leaf expansion and gas exchange: A review. *Field crops research* 1996, 47, 253-266.
- Rahmati, M.; Davarynejad, G.H.; Génard, M.; Bannayan, M.; Azizi, M.; Vercambre, G. Peach water relations, gas exchange, growth and shoot mortality under water deficit in semi-arid weather conditions. *PLoS One* 2015, 10.