



Atti del XXV Convegno Nazionale di Agrometeorologia

L'Agrometeorologia per la gestione delle risorse e delle limitazioni ambientali in agricoltura

MATERA, 14 -16 Giugno 2023

A cura di Francesca Ventura, Gabriele Cola, Francesca Di Cesare

Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari

Università di Bologna



ISBN 9788854971127

DOI 10.6092/unibo/amsacta/7302

Comitato Scientifico

Francesca Ventura

Gabriele Cola

Filiberto Altobelli

Anna Dalla Marta

Chiara Epifani

Federica Rossi

Emanuele Scalcione

Danilo Tognetti

Comitato organizzatore

Emanuele Scalcione

Segreteria Organizzativa

Simone Falzoi

Tiziana La Iacona

Irene Vercellino

Bologna, 2023



XXV Convegno Nazionale di Agrometeorologia

**L'Agrometeorologia per la
gestione delle risorse e delle
limitazioni ambientali in
agricoltura**

MATERA, 14 -16 Giugno 2023

A cura di Francesca Ventura, Gabriele Cola, Francesca Di Cesare

Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari

Università di Bologna



IRRIGAZIONE DEFICITARIA DEL POMODORO DA INDUSTRIA NELL'AREALE VENETO: PRIMI RISULTATI

DEFICIT IRRIGATION OF PROCESSING TOMATO IN VENETO REGION: FIRST RESULTS

Francesco Morbidini, Silvia Locatelli*, Jenny Shrestha, Carlo Nicoletto, Carmelo Maucieri

Dipartimento di Agronomia Animali Alimenti Risorse naturali e Ambiente — DAFNAE, Università di Padova, Campus di Agripolis, Viale dell'Università 16, 35020 – Legnaro (PD). *silvia.locatelli@unipd.it

Abstract

The processing tomato is a globally widespread and high water-demanding crop. Climate change with the following water availability reduction and population growth with the following water demand increase make it necessary to reshape irrigation management to increase its efficiency. In addition, it is needed to reduce the use of chemical fertilizers to diminish the environmental impact. Therefore, an experiment was conducted on processing tomato to evaluate two irrigation levels based on crop evapotranspiration (ETc) (75% ETc and 100% ETc) and four fertilization management (unfertilized; chemical fertilization; not sieved compost; sieved compost < 2 mm). The obtained results showed higher transpiration level (+17.7%) and lower values of fluorescence and SPAD (-2.6% and -3.5% respectively) in the 100% ETc treatment compared with 75% ETc. The crop yield was not significantly affected by the experimental treatments. The irrigation level of 75% ETc significantly reduced the fruits soluble solids content whereas no significant effect was observed on the fruits juice electrical conductivity. Although further experimentations are needed to confirm in the next years the obtained results, these latter indicate that deficit irrigation and organic fertilization are efficient measures to maintain high yields while limiting environmental impact.

Parole chiave

Irrigazione deficitaria, Concimazione organica, Pomodoro da industria, Resa, Qualità dei frutti

Keywords

Deficit irrigation, Organic fertilization, Processing tomato, Yield, Fruit quality

Introduzione

Garantire la produzione di cibo è una delle sfide maggiori che l'agricoltura si trova ad affrontare in un contesto di cambiamento climatico con aumento delle temperature, riduzione delle risorse idriche disponibili e contemporanea crescita demografica mondiale (Hanjra and Qureshi, 2010; Wheeler and von Braun, 2013). A livello globale i terreni irrigui rappresentano il 20% della superficie coltivata, ma garantiscono il 40% della produzione (Molden et al., 2010; FAO, 2014). Da ciò emerge che l'irrigazione è una tecnica agronomica fondamentale per raggiungere rese elevate (Ahmad et al., 2021) e garantire sufficiente produzione di cibo nei prossimi decenni. Però, tenuto in considerazione che il settore agricolo da solo è responsabile di circa il 70% dei prelievi totali di acqua dolce (Massari et al., 2021), in presenza di carenza idrica, ad esso è richiesto uno degli sforzi maggiori per ridurre i volumi impiegati. Si rende necessaria quindi una migliore gestione della risorsa idrica per evitare una riduzione delle superfici irrigabili.

Il pomodoro, a livello globale, è coltivato su più di 5 milioni di ettari con una produttività di 36 Mg ha⁻¹ (FAOSTAT, 2021). È una delle colture più idroesigenti (Khapte et al., 2019) per cui la carenza idrica è il principale ostacolo alla sua produzione (Nangare et al., 2016). Per questo motivo, risulta necessario adottare delle strategie che aiutino a ridurre i volumi irrigui senza però compromettere la resa (Nangare

et al., 2016) andando quindi ad incrementare l'efficienza d'uso dell'acqua (WUE) (Khapte et al., 2019).

Le principali modalità per incrementare la WUE sono due e possono essere adottate anche contemporaneamente. La prima fa riferimento all'utilizzo di cultivar resistenti alla siccità che però non hanno ad oggi trovato un largo impiego in quanto di difficile selezione genetica. La seconda, invece, riguarda l'adozione di un'irrigazione più efficiente basata sia sull'utilizzo di sistemi di irrigazione a goccia, che permettono di ridurre il ruscellamento superficiale e le perdite per evaporazione (Khapte et al., 2019) che l'impiego di irrigazione deficitaria (DI) (Patanè et al., 2011).

La DI è una strategia di risparmio idrico che consiste nella somministrazione di un volume irriguo ridotto rispetto a quello necessario per soddisfare l'evapotraspirazione massima della coltura. Questa pratica riduce significativamente i volumi irrigui apportati, ma l'incremento della WUE si ha solo se la perdita di resa risulta non essere eccessiva. È per questo motivo che risulta molto importante conoscere il livello di stress da poter applicare e il comportamento della coltura nei diversi stadi di crescita (Costa et al., 2007; Patanè et al., 2011; Khapte et al., 2019; García-Vila et al., 2009). Oltre alla tempistica e alla fase in cui viene imposto lo stress, anche l'intensità di quest'ultimo influenza la WUE (Wang et al., 2011). Infatti, l'applicazione di un giusto livello di stress, oltre che ad un incremento della WUE dovuto ad una riduzione minima di resa determina un

miglioramento della qualità dei frutti (Patanè and Cosentino, 2010).

La produttività delle colture non è solo influenzata dall'acqua, ma anche dalla disponibilità di nutrienti (Wang and Xing, 2017). Tuttavia, un eccessivo utilizzo di fertilizzanti di sintesi ha determinato impatti negativi quali una progressiva diminuzione della sostanza organica nei terreni, un aumento della loro acidità, un peggioramento delle loro proprietà fisiche con una riduzione della capacità di ritenzione idrica, un aumento del *runoff* e dei fenomeni di erosione (Chandini et al., 2019). In questo contesto, va inoltre considerato che il regolamento UE 2019/1009 mira a promuovere l'implementazione dell'economia circolare promuovendo sul mercato interno i concimi derivati da materiali riciclati favorendo una progressiva sostituzione di quelli inorganici, così da ridurre in maniera quantitativa gli scarti a favore del riciclo.

Alla luce di quanto detto, l'obiettivo di questo studio è stato quello di valutare la risposta quali-quantitativa del pomodoro da industria gestito per tutto il ciclo colturale con due restituzioni idriche in combinazione con differenti gestioni della concimazione.

Materiali e Metodi

Lo studio è stato condotto in una serra-tunnel nel periodo giugno-settembre 2022 presso l'azienda agraria sperimentale "L. Toniolo" dell'Università di Padova (45°21'00" N, 11°57'02" E; 7 m. s.l.m). Il clima della zona è di tipo subumido e la temperatura media annua è di 13,5 °C. La precipitazione media annua (1994-2021) è di 830 mm, ma l'evapotraspirazione di solito supera le precipitazioni da aprile a settembre mediamente di circa 260 mm (Berti et al., 2014). Il suolo è classificato come Fluvi-Calcaric Cambisol (CMcf) con tessitura franco limosa (IUSS Working Group WRB, 2014), capacità di campo e punto di appassimento rispettivamente pari al 34% (v/v) e 13,5% (v/v), bulk density di 1,45 Mg m⁻³ e pH sub-alcalino (circa 8).

Per quanto riguarda le operazioni colturali: sono state effettuate due lavorazioni del terreno con zappatrice rotativa, tra le due lavorazioni è stata eseguita la concimazione, successivamente è stato installato l'impianto di micro-irrigazione ed è stato effettuato il trapianto. Quest'ultimo è avvenuto in data 14 giugno 2022 con densità di impianto pari a 2,5 piante m⁻². Il quantitativo di acqua da dover applicare con l'impianto di micro-irrigazione è stato determinato tramite l'utilizzo di sonde che misuravano l'umidità del terreno a tre diverse profondità (20 cm, 40 cm e 60 cm). L'irrigazione è stata eseguita al raggiungimento del punto critico colturale riportando il valore di umidità del terreno alla capacità idrica di campo. Tramite contaltri è stato misurato il volume irriguo stagionale. Dal 28 giugno al 6 settembre 2022, con cadenza settimanale, sono stati monitorati in 6 piante per parcella i principali parametri morfologici (altezza delle piante, diametro del fusto, numero delle foglie, presenza di fiori e frutti visibili, numero delle bacche mature) e fisiologici (traspirazione, conduttanza stomatica, fluorescenza della clorofilla). Il monitoraggio dei parametri fisiologici è stato effettuato con un porometro-

fluometro (Licor 600) in quattro diverse fasce orarie (06:00, 12:00, 18:00, 00:00). Inoltre, tramite l'utilizzo dello SPAD (alle ore 12:00) è stato misurato il contenuto di clorofilla. In data 13 settembre 2022 è stato effettuato un rilievo per la valutazione qualitativa delle bacche determinando il contenuto in sostanza secca (tramite essiccazione in stufa a 65 °C) e di solidi solubili (°Brix), la conducibilità elettrica e il pH della bacca. Il rilievo quantitativo per determinare la resa è stato invece eseguito il 27 settembre 2022.

Il disegno sperimentale adottato è stato uno split-plot con l'irrigazione come trattamento principale (parcellone 45 m x 4 m) (100% dell'evapotraspirazione colturale (ETc) vs. 75% ETc) e la fertilizzazione come trattamento secondario (parcelle 7.5 m x 4 m) (no concimazione, fertilizzazione minerale, compost tal quale e compost frazionato < 2mm). Il quantitativo di fertilizzanti è stato apportato per fornire alla coltura 150 kg N ha⁻¹, 100 kg P₂O₅ ha⁻¹ e 200 kg K₂O ha⁻¹. Le caratteristiche del compost impiegato per la sperimentazione sono riportate in tabella 1.

Tab. 1- Caratteristiche chimiche del compost utilizzato.

Tab. 1- Chemical properties of compost used.

Elemento	Contenuto
N totale	1.99 %
C totale	22.41 %
P	6373 mg kg ⁻¹
K	26549 mg kg ⁻¹
Cd	0.74 mg kg ⁻¹
Cr	36.96 mg kg ⁻¹
Cu	104.64 mg kg ⁻¹
Pb	37.37 mg kg ⁻¹
Zn	247.55 mg kg ⁻¹

L'analisi statistica dei dati è stata effettuata con Statgraphics 19 centurion (Statgraphics Technologies, Inc). La significatività dei fattori allo studio è stata valutata attraverso l'analisi della varianza (ANOVA) a due vie. Nel caso di effetto significativo, le medie sono state separate attraverso il test HSD di Tukey con $p \leq 0.05$.

Risultati e Discussione

Il quantitativo di acqua somministrata durante la stagione colturale è stato di circa 16 m³ per il parcellone gestito al 100% ETc e di 12 m³ per il parcellone gestito al 75% ETc.

Parametri morfologici

Per quanto riguarda l'altezza delle piante, l'irrigazione non ha portato a delle differenze statisticamente significative ad eccezione del 35° GDT (giorno dopo il trapianto) durante il quale è stato misurato un valore significativamente superiore nel trattamento 100% ETc. Ad ogni misurazione invece è stata registrata una differenza statisticamente significativa tra il trattamento non concimato e il compost tal quale (Fig. 1).

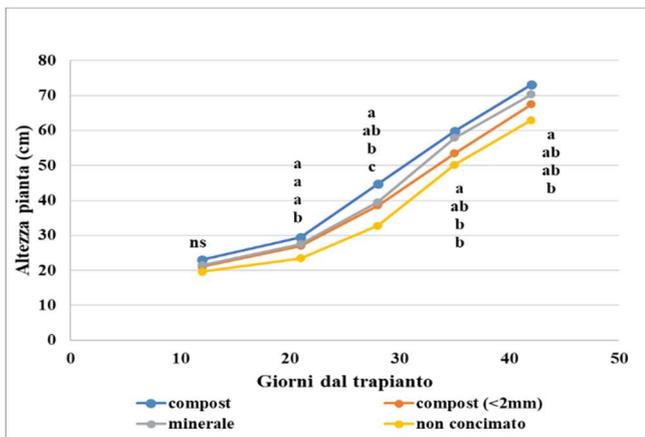


Fig.1 - Andamento dell'altezza delle piante di pomodoro. Lettere differenti indicano differenze significative tra i trattamenti ($p\text{-value} < 0,05$).

Fig.1 - Trends in the tomato plants' height. Different letters indicate significant differences between treatments ($p\text{-value} < 0,05$).

Per il diametro del fusto, al 35°, 42° e 56° GDT valori significativamente più elevati sono stati monitorati per la tesi 100% ETc rispetto a quella 75% ETc (Fig. 2). Con riferimento alle diverse tipologie di fertilizzazione, è stato osservato un diametro maggiore nel trattamento con compost tal quale rispetto a tutti gli altri trattamenti. L'interazione tra concimazione e irrigazione non ha determinato effetti significativi.

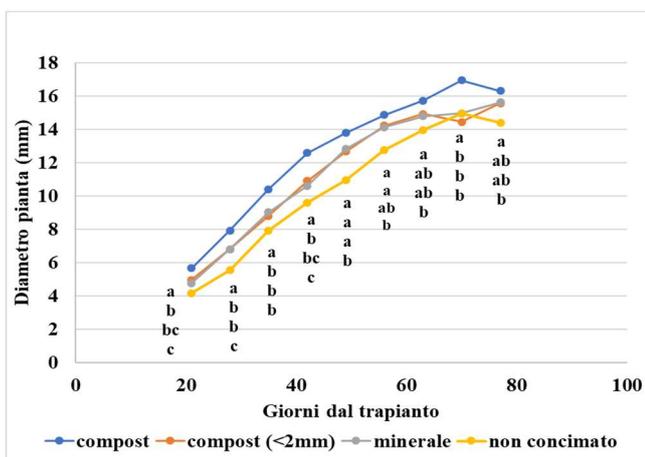


Fig.2 - Andamento del diametro delle piante di pomodoro. Lettere differenti indicano differenze significative tra i trattamenti ($p\text{-value} < 0,05$).

Fig.2 - Trends in the tomato plants' diameter. Different letters indicate significant differences between treatments ($p\text{-value} < 0,05$).

Parametri fisiologici

La traspirazione delle piante sottoposte ad irrigazione deficitaria è risultata essere significativamente inferiore rispetto a quelle irrigate con piena restituzione idrica ad eccezione del rilievo eseguito alle 06:00 (Tab. 2). Per quanto riguarda la concimazione, invece, non sono state osservate delle differenze tra i diversi trattamenti se non nel rilievo

eseguito alle 12:00 nel quale il trattamento con fertilizzazione minerale ha fatto registrare un valore significativamente più elevato (+12,5%) rispetto al compost frazionato ($7,4 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). L'interazione tra i due fattori non ha avuto un effetto significativo.

Tab.2 - Valori di traspirazione ($\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) nelle diverse fasce orarie per i due livelli di irrigazione nella media del ciclo colturale. Lettere differenti indicano differenze significative tra i trattamenti ($p\text{-value} < 0,05$).

Tab.2 - Transpiration values ($\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) at different time slots for the two irrigation levels, on the average of growing season. Different letters indicate significant differences between treatments ($p\text{-value} < 0,05$).

Irrigazione	Fascia oraria				Media giornaliera
	06:00	12:00	18:00	00:00	
75% ETc	1,3	7,3 b	6,3 b	0,5 b	3,8 b
100% ETc	1,3	8,5 a	7,8 a	0,6 a	4,5 a

Su base giornaliera, la conduttanza stomatica non è stata significativamente differente tra i due livelli irrigui. Con riferimento alle singole fasce orarie, invece, sono state osservate delle differenze significative per le misurazioni effettuate alle 06:00 e alle 00:00. In entrambi gli orari, il trattamento 100% ETc ha mostrato un valore più elevato (+18% alle 06:00 e +33% alle 00:00) rispetto al trattamento 75% ETc. In merito alla concimazione sono state registrate differenze significative sia nella media giornaliera che nelle misurazioni effettuate alle 12:00, alle 18:00 e alle 00:00. La fertilizzazione con compost, indipendentemente dalla granulometria, ha determinato un valore inferiore di conduttanza stomatica rispetto alle altre tesi di fertilizzazione sia su base giornaliera che per le singole fasce orarie. Nessuna interazione è stata osservata tra i due fattori allo studio.

Il valore medio giornaliero della fluorescenza è risultato significativamente più elevato del 3% nel trattamento 75% ETc rispetto al trattamento 100% ETc (Tab. 3). Considerando i rilievi su base oraria (Tab. 3), un valore più elevato per il trattamento 75% ETc rispetto al trattamento 100% ETc è stato osservato per i rilievi effettuati alle 06:00 e alle 18:00. La fertilizzazione non ha mostrato effetti significativi tranne che per il valore di fluorescenza misurato alle 06:00 quando il trattamento non concimato (0,80) ha mostrato valori più elevati dello 0,5% rispetto al trattamento con compost tal quale. Nessuna interazione è stata osservata tra i due fattori.

Tab. 3- Valori di fluorescenza (PhiPS2) nelle diverse fasce orarie dei due livelli di irrigazione. Lettere differenti indicano differenze significative tra i trattamenti (p -value<0,05).

Tab.3 - Fluorescence values (PhiPS2) at different time slots of the two irrigation levels. Different letters indicate significant differences between treatments (p -value<0.05).

Irrigazione	Fascia oraria				Media giornaliera
	06:00	12:00	18:00	00:00	
75% ETc	0,81 a	0,70	0,74 a	0,81	0,76 a
100% ETc	0,80 b	0,70	0,68 b	0,81	0,74 b

Il contenuto di clorofilla valutato come indice SPAD è risultato, nella media del ciclo colturale, significativamente più elevato (+3,4%) nel trattamento 75% ETc rispetto al trattamento 100% ETc (54,8). Questo risultato conferma quanto riportato da Nemeskéri et al. (2019) i quali hanno osservato dei valori più elevati di indice SPAD nelle piante non soggette ad irrigazione. Nessun effetto significativo è stato riscontrato, nella media del ciclo colturale, in risposta al tipo di fertilizzazione e all'interazione dei trattamenti irrigazione x concimazione.

Resa

La resa in bacche non è stata significativamente influenzata né dai singoli trattamenti, né dalla loro interazione mostrando una resa media di 48.6 Mg ha⁻¹. Risultati analoghi sono stati ottenuti da Patané et al. (2011) i quali con un risparmio idrico di circa il 30% e il 46% non hanno registrato differenze significative di resa.

Analisi qualitative

Il contenuto in sostanza secca delle bacche non è stato significativamente differente tra i trattamenti allo studio con un valore medio di 4,8%.

La gestione irrigua delle piante ha significativamente influenzato il contenuto di solidi solubili delle bacche. Mediamente, le tesi irrigate al 100% dell'ETc hanno presentato un quantitativo maggiore (+3,4%) di solidi solubili ad eccezione della tesi non concimata in cui la differenza è stata del 12,9%. La fertilizzazione e l'interazione fertilizzazione x irrigazione non hanno avuto un effetto significativo. A riguardo, tuttavia, risultati opposti sono stati ottenuti da Birhanu and Tilahun (2010), Patané et al. (2011) e Agbemafle et al. (2014).

Il pH della bacca è stato significativamente influenzato solo dal trattamento irriguo con valori significativamente maggiori nel trattamento 100% ETc (4,25) rispetto a 75% ETc (4,20).

La conducibilità elettrica del succo della bacca non ha mostrato differenze significative tra i livelli irrigui. Per la fertilizzazione, invece, il compost ha determinato un valore significativamente più elevato (+8,6%) rispetto al trattamento non concimato, in accordo con quanto riportato da Azarmi et al. (2008) in cui l'utilizzo di fertilizzante organico ha portato ad un aumento della conducibilità

elettrica. L'interazione dei trattamenti irrigazione x concimazione non ha mostrato effetti significativi.

Conclusioni

L'applicazione di un'irrigazione deficitaria ha determinato la variazione di alcuni parametri fisiologici della coltura, riducendo la capacità fotosintetica. Nonostante questo, non sono state osservate delle differenze in termini di resa. Un effetto significativo è stato invece osservato su alcuni aspetti qualitativi della bacca. La concimazione con compost ha avuto un comportamento analogo al fertilizzante di sintesi sia in termini di sviluppo della pianta che di produzione rappresentando quindi una valida alternativa. Sebbene ulteriori sperimentazioni siano necessarie per confermare nei prossimi anni i risultati ottenuti, questi ultimi indicano che l'irrigazione deficitaria e la concimazione organica sono misure efficaci per mantenere alte le rese limitando l'impatto ambientale.

Ringraziamenti

La sperimentazione è stata condotta all'interno del progetto "Deficit irrigation del pomodoro da industria nell'areale veneto" (prot. BIRD 227047) finanziato dall'Università degli Studi di Padova - Dipartimento di Agronomia Animali Alimenti Risorse naturali e Ambiente (DAFNAE).

Bibliografia

- Agbemafle, Owusu-Sekyere, Bart-Plange, Otchere, (2014). Effect of deficit irrigation and storage on physicochemical quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* mill. var. pechtoech). Food Science and Quality Management, 34: 113-120.
- Ahmad, Alvino, Marino, (2021). A review of crop water stress assessment using remote sensing. Remote Sensing, 13(20): 4155.
- Azarmi, Ziveh, Satari (2008). Effect of vermicompost on growth, yield and nutrition status of tomato (*Lycopersicon esculentum*). Pakistan journal of biological sciences, 11(14): 1797-1802.
- Berti, Tardivo, Chiaudani, Rech, Borin, (2014). Assessing reference evapotranspiration by the Hargreaves method in north-eastern Italy. Agriculture Water Management, 140: 20-5.
- Birhanu, Tilahun, (2010). Fruit yield and quality of drip-irrigated tomato under deficit irrigation. African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development, 10(2): 2139-2151.
- Chandini, Kumar, Prakash, (2019). The impact of chemical fertilizers on our environment and ecosystem. Research Trends in Environmental Science, pp. 69-86
- Costa, Ortuño, Chaves, (2007). Deficit irrigation as a strategy to save water: physiology and potential application to horticulture. Journal of integrative plant biology, 49(10): 1421-1434.
- FAO, (2014). Climate Change and Food Security: a Framework Document. FAO, Rome.
- García-Vila, Fereres, Mateos, Orgaz, Steduto, (2009). Deficit irrigation optimization of cotton with AquaCrop. Agronomy journal, 101(3): 477-487.
- Hanjra, Qureshi, (2010). Global water crisis and future food security in an era of climate change. Food Policy, 35: 365–377.
- IUSS Working Group, (2014). World reference base for soil resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps.
- Khapte, Kumar, Burman, Kumar, (2019). Deficit irrigation in tomato: Agronomical and physio-biochemical implications. Scientia Horticulturae, 248: 256-264.
- Mehdizadeh, Darbandi, Naseri-Rad, Tobeh, (2013). Growth and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) as influenced by different organic fertilizers. International journal of Agronomy and plant production, 4(4): 734-738.
- Molden, Oweis, Steduto, Bindraban, Hanjra, Kijne, (2010). Improving agricultural water productivity: between optimism and caution. Agriculture Water Management, 97: 528–535.
- Nangare, Singh, Kumar, Minhas, (2016). Growth, fruit yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) as affected by deficit irrigation regulated on phenological basis. Agriculture Water Management, 171: 73-79.
- Nemeskéri, Neményi, Böcs, Pék, Helyes, (2019). Physiological factors and their relationship with the productivity of processing tomato under different water supplies. Water, 11(3): 586.
- Patanè, Cosentino, (2010). Effects of soil water deficit on yield and quality of processing tomato under a Mediterranean climate. Agriculture Water Management, 97: 131–138.
- Patanè, Tringali, Sortino, (2011). Effects of deficit irrigation on biomass, yield, water productivity and fruit quality of processing tomato under semi-arid Mediterranean climate conditions. Scientia Horticulturae, 129(4): 590-596.
- Wang, Kang, Du, Li, Qiu, (2011). Determination of comprehensive quality index for tomato and its response to different irrigation treatments. Agriculture Water Management, 98: 1228–1238.
- Wang, Xing, (2017). Evaluation of the effects of irrigation and fertilization on tomato fruit yield and quality: a principal component analysis. Scientific reports, 7(1): 350.
- Wheeler, von Braun, (2013). Climate change impacts on global food security. Science 341: 508–513.