

Salinità del suolo e biostimolanti, uno studio svela le qualità antiossidanti del “miniplum”

il lavoro di ricerca è stato commissionato da Isvam - Agriscilia all'Università di Napoli e ha riguardato una varietà di pomodoro molto diffusa in Sicilia

di
**Tallarita Alessio¹, Vecchiotti Lorenzo²,
 Cozzolino Eugenio³, Sekara Agnieszka⁴,
 Mirabella Massimo⁵, Cuciniello Antonio³,
 Maiello R.¹, Cenvinzo Vincenzo¹,
 Leone Vincenzo³, Caruso Gianluca¹**

¹ Dipartimento di Agraria, Università degli Studi di Napoli “Federico II”, Portici (Napoli)

² Hydro Fert, Barletta

³ Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e in Economia (CREA) - Centro di Ricerca sui Cereali e le Colture Industriali, Caserta

⁴ Department of Horticulture, University of Agriculture, Krakow, Poland

⁵ Direttore della Rivista “Agriscilia”, Palermo

I biostimolanti consentono di esaltare la tolleranza a stress abiotici quali la salinità del suolo e, conseguentemente, migliorare il livello produttivo delle colture. La ricerca in oggetto, condotta in serra, è stata incentrata sulla valutazione degli effetti della combinazione fattoriale tra quattro livelli di conducibilità elettrica (CE) del suolo (1,5, 3,0, 4,5 6,0 mS·cm⁻¹) e tre durate del periodo di applicazione del formulato biostimolante Activeg (3, 6 o 9 somministrazioni a cadenza settimanale) in aggiunta ad un controllo non trattato, su produzione, qualità e attività antiossidante del pomodoro (*Solanum lycopersicum* L.) “miniplum” Proxy F₁, nel periodo autunno-invernale. Dai risultati ottenuti è emerso che la conducibilità del suolo pari a 4,5 mS·cm⁻¹ è stata la più efficace ai fini produttivi, sia in termini di numero di frutti per

pianta che del loro peso medio. L'applicazione del formulato biostimolante in 3 o 6 somministrazioni a cadenza settimanale ha determinato la produzione più elevata, in virtù dell'incremento del numero di frutti per pianta nel caso di 3 irrorazioni o del peso medio delle bacche in corrispondenza di 6 interventi. I due livelli di CE più elevati (4,5 e 6,0 mS·cm⁻¹) hanno migliorato la qualità dei frutti, in termini di solidi solubili e consistenza; l'applicazione del biostimolante reiterata 6 volte ha incrementato la consistenza dei frutti, nonché il loro contenuto di solidi solubili, di licopene e vitamina C. I risultati di questo studio hanno dimostrato che la biostimolazione delle piante di pomodoro, con un prodotto a base di estratti enzimatici di piante appartenenti alla famiglia delle Fabaceae, determina un miglioramento delle prestazioni produttive e della qualità dei frutti di pomodoro ‘miniplum’ raccolti nel periodo autunno-invernale, in condizioni di salinità del suolo diversificate.

Introduzione

La coltivazione del pomodoro a crescita indeterminata permette di soddisfare le esigenze del mercato in molti periodi dell'anno, compreso in autunno-inverno, e a tal riguardo la tipologia ‘miniplum’ produce frutti adatti al consumo fresco, dalla forma tondo-ovale e dal peso oscillante intorno a 25-30 g.



I fattori ambientali quali la temperatura e l'umidità dell'aria, nonché le tecniche di gestione colturale come l'irrigazione e la conducibilità elettrica (CE) della soluzione nutritiva, posso-



no influenzare la produzione e le caratteristiche nutrizionali delle bacche di pomodoro (*Solanum Lycopersicum* L.) (Rosales et al., 2011; Pinela et al., 2012; Martí et al., 2016; Anton et al., 2017). Nel periodo autunno-invernale, la biosintesi dei composti nutrizionali della bacca di pomodoro è meno favorita rispetto alla primavera-estate, in considerazione dei valori più bassi della temperatura e più elevati dell'umidità atmosferica (Anza et al., 2006). L'utilizzo dei biostimolanti in orticoltura permette alle piante di affrontare con maggiore efficienza vari stress biotici ed abiotici, in modo da fornire prodotti di qualità elevata in diversi periodi dell'anno (Rouphael et al.,

2017). Le diverse tipologie di biostimolanti, applicate al sistema colturale per via fogliare o radicale, consentono agli imprenditori agricoli di migliorare l'efficienza d'uso dei concimi minerali ed organici. L'uso di sostanze biostimolanti è ulteriormente valorizzato allorché è associato alla gestione controllata della salinità, poiché previene drastiche riduzioni dei frutti dovute all'immobilizzazione o l'insolubilizzazione dei nutrienti nella soluzione circolante o nel suolo, soprattutto in condizioni di basse temperature (Ertnani et al., 2013; Ortas et al., 2011; Shaked et al., 2004). Colla et al. (2017) hanno rilevato l'incremento della produzione totale del pomodoro in conseguenza dell'applicazione di biostimolanti, mentre Le Bot et al. (2009) il miglioramento della componente antiossidante dei frutti, dipendente anche dalla dotazione di nutrienti nel suolo. Dalla ricerca condotta da Tallarita et al. (2020) su pomodoro con diversi livelli di CE, è emerso che il trattamento con biostimolante ha migliorato la performance produttiva delle piante e l'aumento di sostanze nutraceutiche nei frutti nel periodo primaverile-estivo, rappresentando pertanto uno strumento efficace per la riduzione di input chimici. Al fine di determinare questi ultimi effetti anche nel periodo autunno-invernale, è stata condotta la presente ricerca, nella quale è stata valutata l'interazione tra la durata dell'applicazione di un prodotto biostimolante (Activeg) alle piante e il livello di salinità del suolo sulla produzione, qualità ed attività antiossidante del pomodoro miniplum nel periodo autunno-invernale.

Materiali e metodi

La ricerca è stata svolta a portici (Napoli) nel 2020-2021 su pomodoro "miniplum" (*Solanum lycopersicum* L., cultivar Proxy F₁), coltivato in ambiente protetto, presso il Diparti-

mento di Agraria dell'Università degli Studi di Napoli Federico II (40°49' N, 14°20' E, 63 m s.l.m.). Le piante sono state allevate in vasi di polietilene del diametro di 24 cm, riempiti con suolo sabbioso-limoso, appoggiati su lastre di polistirolo di 10 cm di spessore. È stata adottata la densità d'investimento di 4 piante per m². Il trapianto è stato effettuato il 27 maggio 2020. La sperimentazione è stata effettuata in serra-tunnel in ferro zincato con rivestimento film di polietilene additivato, composta da tre navate larghe ciascuna 5 m ed alte 2,0 m e 3,5 m alla gronda ed al colmo, rispettivamente. Il protocollo sperimentale era basato sul confronto fra quattro livelli della conducibilità elettrica (CE) del suolo (1,5; 3,0; 4,5 o 6,0 mS·cm⁻¹) e tre durate del trattamento biostimolante (3, 6 o 9 interventi a cadenza settimanale) in aggiunta ad un controllo non trattato. I trattamenti sperimentali sono stati distribuiti in campo secondo il disegno a parcelle suddivise con tre ripetizioni, assegnando la CE del suolo alle parcelle principali. Le piante sono state fertirrigate con soluzioni nutritive aventi conducibilità elettriche comprese tra 1,2 e 4,8 mS·cm⁻¹ e pH 6, mediante gocciolatori della portata di 2 l al minuto. I macroelementi sono stati aggiunti all'acqua d'irrigazione, tramite concimi minerali solubili, al fine di instaurare i rapporti 1,0:0,4:1,4:1,1:0,4:0,4 rispettivamente per N, P, K, Ca, Mg ed S. I microelementi sono stati apportati in quantità costante nei quattro livelli di CE applicati: Fe, Cu, Mn, Zn, B e Mo nelle dosi rispettivamente di 35,0; 1,8; 24,0; 11,0; 82,0 e 1,0 μmol·l⁻¹. L'applicazione del prodotto biostimolante è iniziata il 10 giugno, irrorando il formulato Activeg della Hydro Fert, a base di estratti enzimatici di piante appartenenti alla famiglia delle Fabaceae. Le raccolte autunno-invernali dei frutti di pomodoro giunti a maturazione

Tabella 1 - Effetti della conducibilità elettrica del suolo (CE) e della durata del trattamento biostimolante sui parametri produttivi del pomodoro "miniplum" Proxy F₁.

I valori abbinati a lettere diverse sono significativamente diversi tra loro, in base al test di separazione delle medie di Duncan per $p < 0,05$; 'n.s.' significa che il fattore sperimentale non ha manifestato un effetto significativo sulla variabile.

Trattamento sperimentale	Produzione (kg·m ⁻²)		No. Bacche per pianta		Peso medio (g)	
CE suolo (mS·cm⁻¹)						
1,5	1,72	c	18,0	b	24,1	c
3,0	2,18	b	19,9	b	27,5	b
4,5	2,64	a	23,1	a	28,6	a
6,0	2,11	b	19,3	b	27,3	b
No. applicazioni biostimolante						
0	1,85	b	17,1	c	26,9	b
3	2,57	a	24,5	a	26,3	b
6	2,49	a	22,1	b	28,0	a
9	1,75	b	16,7	c	26,3	b

piena sono iniziate il 15 novembre 2020 e terminate il 26 gennaio 2021. In occasione di ciascuna raccolta, in corrispondenza di ciascun trattamento sperimentale sono stati determinati il peso totale, il numero ed il peso medio delle bacche commerciabili, ovvero di forma regolare e non danneggiate. Inoltre, sono stati prelevati campioni di bacche, sottoposte ad analisi di laboratorio quali: il contenuto di solidi solubili (°Brix a 20°C), utilizzando un rifrattometro digitale della Bellingham and Stanley, modello RFM 81); il residuo secco (in stufa a 70 °C fino a peso costante); la consistenza (penetrometro digitale Fruti Tester, Effegi, Milano, Italia); i parametri colorimetrici (colorimetro Minolta, modello CR-400, Tokyo, Giappone); licopene, polifenoli e acido ascorbico, utilizzando i metodi descritti in una ricerca precedente (Caruso et al., 2019). I dati ottenuti sono stati analizzati statisticamente mediante l'analisi della varianza (ANOVA) e la separazione delle medie è stata eseguita tramite il test di Duncan al livello di probabilità di 0,05, utilizzando il software SPSS (versione 21). Infine, i dati espressi in percentuale sono stati sottoposti a trasformazione angolare prima dell'elaborazione.

Risultati e discussione

Dalla ricerca in oggetto è emerso che la conducibilità elettrica del suolo ha esercitato un effetto significativo sulla produzione di frutti del pomodoro 'miniplum' della cultivar Proxy F₁ (Tabella 1), propiziandone l'aumento fino al livello di conducibilità elettrica (CE) di 4,5 mS·cm⁻¹, con produzioni di 2,64 kg·m⁻², con una media di 23 frutti per pianta e un peso medio delle bacche più consistente. L'applicazione di Activeg ripetuta 3 volte ha favorito l'aumento della produzione rispetto al controllo non trattato e a 9 interventi, in virtù del maggior numero di bacche per pianta e del loro peso. L'uso del biostimolante reiterato per 6 volte è risultato più efficace sul peso medio delle bacche, rispetto agli altri trattamenti. Pertanto, da quanto emerso dalla nostra ricerca l'apporto di sali alla coltura di pomodoro è benefico in termini produttivi, purché non superi la soglia di CE di 4,5 mS·cm⁻¹. L'effetto del trattamento biostimolante sull'aumento della produzione della coltura è in accordo con quanto riscontrato in ricerche precedenti (Caruso et al., 2019). Questi formulati, provenienti da molteplici matrici, animali o vegetali, hanno la capacità di

mitigare l'effetto deleterio della salinità sull'architettura radicale delle piante di pomodoro, agendo su siti specifici di regolazione genica (Campobenedetto et al., 2021). La radice può subire un decremento del numero di capillari e di lunghezza media, che provoca un minore assorbimento di nutrienti destinati alla formazione del frutto. Per quanto concerne l'aspetto qualitativo (Tabella 2), il residuo secco e i solidi solubili sono stati influenzati significativamente dal numero di applicazioni del formulato biostimolante e dalla conducibilità elettrica del suolo. Il residuo secco ha mostrato i valori più alti in corrispondenza dei livelli di CE di 4,5 e 6,0 mS·cm⁻¹, differenziandosi di quasi 2 punti percentuali dal livello di salinità più basso; l'applicazione del biostimolante ha esplicato l'effetto migliore su questo parametro in corrispondenza di 9 trattamenti, con risultati non statisticamente diversi dal trattamento reiterato 6 volte. Il contenuto di solidi solubili nei frutti di pomodoro, espresso in °Brix, è stato influenzato favorevolmente dalla salinità crescente della soluzione nutritiva, non mostrando differenze significative tra le due soluzioni con CE più elevata; l'irrorazione con il

Tabella 2 - Effetti della conducibilità elettrica del suolo e della durata del trattamento biostimolante sulle caratteristiche qualitative dei frutti di pomodoro "miniplum" Proxy F.

I valori abbinati a lettere diverse sono significativamente diversi tra loro, in base al test di separazione delle medie di Duncan per $p < 0,05$; "n.s." significa che il fattore sperimentale non ha manifestato un effetto significativo sulla variabile.

Trattamento Sperimentale	Residuo secco	Solidi solubili		Consistenza	
CE suolo ($\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$)	%	°Brix		$\text{Kg}\cdot\text{cm}^{-2}$	
1,5	6,4	6,38	c	0,75	c
3,0	6,8	6,77	b	0,81	b
4,5	7,2	7,15	a	0,85	ab
6,0	7,3	7,27	a	0,87	a
No. applicazioni biostimolante					
0	6,1	6,11	c	0,73	c
3	7,1	6,93	b	0,82	b
6	7,1	7,29	a	0,90	a
9	5,5	7,24	a	0,83	b

prodotto biostimolante Activeg, invece, ha determinato l'incremento dei solidi solubili rispetto al controllo non trattato, indipendentemente dal numero di applicazioni.

I risultati emersi da ricerche precedenti sono in linea con quanto registrato nell'indagine presente, ovvero confermano l'incremento di solidi solubili all'aumentare della concentrazione

salina del suolo (Sonneveld e Vandenburg, 1991; Adams e Ho, 1989). Inoltre, da altri studi si evince che livelli di salinità crescenti, superiori a quelle utilizzate nella nostra sperimentazione, provocano un peggioramento della qualità dei frutti in conseguenza della più accentuata respirazione cellulare (Tadesse et al., 1999).

Per quanto riguarda il colore del-

le bacche (Tabella 3), la salinità non ha indotto differenze significative nei tre parametri L^* , A^* e B^* esaminati. L'applicazione del prodotto biostimolante Activeg reiterata per nove volte ha provocato una colorazione meno tendente al giallo ed al rosso delle bacche di pomodoro. In lavori precedenti condotti da Caruso et al. (2019) su pomodorino del Piennolo, l'applica-

Tabella 3 - Effetti della conducibilità elettrica del suolo (CE) e della durata del trattamento biostimolante sui parametri colorimetrici dei frutti di pomodoro "miniplum" Proxy F.

I valori abbinati a lettere diverse sono significativamente diversi tra loro in base al test di separazione delle medie di Duncan per $p < 0,05$; "n.s." significa che il fattore sperimentale non ha manifestato un effetto significativo sulla variabile.

Trattamento sperimentale	Parametri colorimetrici				
CE suolo ($\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$)	L^*	A^*		B^*	
1,5	39.0	31.6		19.5	
3,0	39.3	31.8		19.6	
4,5	39.4	32.1		19.8	
6,0	39.7	32.2		20.1	
	n.s.	n.s.		n.s.	
No. applicazioni biostimolante					
0	40.0	34.5	a	20.2	a
3	39.8	32.6	a	21.0	a
6	39.2	31.7	ab	20.3	a
9	38.6	28.9	b	17.7	b
	n.s.				

zione di biostimolanti ha propiziato la produzione di frutti più brillanti (maggiore valore del parametro L^*), rispetto al controllo non trattato.

Nella ricerca in oggetto, i livelli di conducibilità elettrica del suolo compresi tra 3,0 e 6,0 $mS\cdot cm^{-1}$ hanno favorito l'accumulo nei frutti di pomodoro di composti antiossidanti quali il licopene e l'incremento dell'attività antiossidante lipofila, rispetto alla conducibilità più bassa (Tabella 4); il contenuto di vitamina C e l'attività antiossidante idrofila non hanno risentito dell'effetto dell'EC del suolo. Il trattamento biostimolante reiterato per 6 volte ha indotto il maggiore accumulo di licopene e, al pari di quello effettuato per 9 volte, di vitamina C nei frutti di pomodoro. Andamento opposto è stato registrato per le attività antiossidanti lipofila ed idrofila, che sono risultate più sostenute nel controllo non trattato e, nel caso dell'AAI, anche nel trattamento biostimolante reiterato 3 volte.

La salinità, in quanto stress abiotico, può migliorare il valore sensoriale e nutrizionale dei frutti (Toscano et al.,

2019), incrementandone il contenuto di carotenoidi, se il suo valore non supera il limite di tolleranza della specie e cultivar adottate; tuttavia, i cambiamenti nella qualità dei frutti di pomodoro in risposta alla salinità sono dipendenti in larga misura dal genotipo (Quinet et al., 2019). A conferma di quanto riscontrato in questa ricerca, l'indagine esperita da Ali et al. (2021) ha dimostrato che l'applicazione di biostimolanti a base di aminoacidi, in condizioni di stress salino, induce una maggiore formazione di polifenoli e carotenoidi, in particolare licopene.

Conclusioni

Dai risultati ottenuti dalla ricerca in oggetto, è emerso che il trattamento biostimolante alle piante di pomodoro ha determinato un miglioramento delle prestazioni produttive e della qualità dei frutti, con particolare riferimento ai contenuti di licopene e vitamina C, in confronto alle piante non trattate, in suoli caratterizzati da salinità variabile tra 1,5 e 6,0 $mS\cdot cm^{-1}$. In considerazione delle aspettative di produzioni e di

qualità elevate, da parte dei produttori e dei consumatori rispettivamente, l'impiego dei formulati biostimolanti si è dimostrato proficuo.



Tabella 4 - Effetti della conducibilità elettrica del suolo (CE) e del trattamento biostimolante sul contenuto di antiossidanti nei frutti di pomodoro "miniplum" Proxy F.

I valori abbinati a lettere diverse sono significativamente diversi tra loro in base al test di separazione delle medie di Duncan per $p < 0,05$; "n.s." significa che il fattore sperimentale non ha manifestato un effetto significativo sulla variabile.

Trattamento sperimentale	Licopene		AAL		Vitamina C		AAI	
	mg·g ⁻¹ di peso fresco		mmoli trolox equivalenti·100 g ⁻¹ peso secco		mg·100 g ⁻¹ peso fresco		mmoli acido ascorbico eq.·100 g ⁻¹ peso secco	
CE suolo ($mS\cdot cm^{-1}$)								
1,5	10,63	b	14,54	b	42,68		8,68	
3,0	12,90	a	16,70	a	46,52		9,19	
4,5	12,71	a	16,95	a	48,10		9,28	
6,0	12,11	a	17,35	a	48,10		9,31	
No. applicazioni biostimolante								
0	11,05	b	26,90	a	35,42	c	12,01	a
3	12,12	b	23,15	b	44,28	b	12,14	a
6	14,13	a	8,03	c	49,66	ab	6,17	b
9	10,83	b	7,45	c	56,01	a	6,15	b

Referenze

- Adams, P., Ho, L.C., 1989. Effects of constant and fluctuating salinity on the yield, quality and calcium status of tomatoes. *J. Hortic. Sci.* 64, 725-732.
- Ali, M. M., Jeddi, K., Attia, M. S., Elsayed, S. M., Yusuf, M., Osman, M. S., Soliman, M-H., Hessini, K., 2021. Wuxal amino (Bio stimulant) improved growth and physiological performance of tomato plants under salinity stress through adaptive mechanisms and antioxidant potential. *Saudi J. Biol. Sci.* 28, 6, 3204-3213.
- Anton, D., Bender, I., Kaart, T., Roasto, M., Heinonen, M., Luik, A., Püssa, T., 2017. Changes in polyphenols contents and antioxidant capacities of organically and conventionally cultivated tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruits during ripening. *J. Anal. Chem.* 1-10.
- Anza, M., Riga, P., Garbisu, C., 2006. Effects of variety and growth season on the organoleptic and nutritional quality of hydroponically grown tomato. *J. Food Qual.* 29, 16-37.
- Campobenedetto, C., Mannino, G., Beekwilder, J., Contartese, V., Karlova, R., Berteza, C. M., 2021. The application of a biostimulant based on tannins affects root architecture and improves tolerance to salinity in tomato plants. *Sci. Rep.* 11, 1, 1-15.
- Caruso, G., De Pascale, S., Cozzolino, E., Cuciniello, A., Cenvinzo, V., Bonini, P., Colla, G., Roupshael, Y., 2019. Yield and nutritional quality of Vesuvian Piennolo Tomato PDO as affected by farming system and biostimulant application. *Agron.* 9, 505.
- Colla, G., Cardarelli, M., Bonini, P., Roupshael, Y., 2017. Foliar applications of protein hydrolysate, plant and seaweed extracts increase yield but differentially modulate fruit quality of greenhouse tomato. *Hort. Sci.*, 52, 9, 1214-1220.
- Ertani, A., Schiavon, M., Muscolo, A., Nardi, S., 2013. Alfalfa plant derived biostimulant stimulate short-term growth of salt stressed *Zea mays* L. plants. *Plant Soil* 364, 145-158.
- Le Bot, J., Bernard, C., Robin, C., Bourgaud, F., Adamowicz, S., 2009. The 'trade-off' between synthesis of primary and secondary compounds in young tomato leaves is altered by nitrate nutrition: experimental evidence and model consistency. *J. Exp. Bot.* 60, 15, 4301-4314.
- Martí, R., Rosell'o, S., Cebolla-Cornejo, J., 2016. Tomato as a source of carotenoids and polyphenols targeted to cancer prevention. *Cancers* 8, 1-28.
- Ortas, I., Sari, N., Akpinar, Ç., Yetisir, H., 2011. Screening mycorrhiza species for plant growth, P and Zn uptake in pepper seedling grown under greenhouse conditions. *Sci. Hort.* 128, 2, 92-98.
- Pinela, J., Barros, L., Carvalho, A.M., Ferreira, I.C., 2012. Nutritional composition and antioxidant activity of four tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) farmer' varieties in Northeastern Portugal homegardens. *Food Chem. Toxicol.* 50, 829-834.
- Quinet, M., Angosto, T., Yuste-Lisbona, F. J., Blanchard-Gros, R., Bigot, S., Martinez, J. P., Luts, S., 2019. Tomato Fruit Development and Metabolism. *Front. Plant Sci.* 10, 1554.
- Rosales, M.A., Cervilla, L.M., Sanchez-Rodriguez, E., Rubio-Wilhelmi, M.M., Blasco, B., Rios, J.J., Sonneveld, C., Vanderburg, A.M.M., 1991. Sodium-chloride salinity in fruit vegetable crops in soilless culture. *Neth. J. Agr. Sci.* 39, 115-122.
- Roupshael, Y., Colla, G., Giordano, M., El-Nakhel, C., Kyriacou, M.C., De Pascale, S., 2017. Foliar applications of a legume-derived protein hydrolysate elicit dose dependent increases of growth, leaf mineral composition, yield and fruit quality in two greenhouse tomato cultivars. *Sci. Hort.* 226, 353-360.
- Shaked, R., Rosenfeld, K., Pressman, E., 2004. The effects of low night temperatures on carbohydrates metabolism in developing pollen grains of pepper in relation to their number and functioning. *Sci. Hort.* 102, 29-36.
- Soriano, T., Castilla, N., Romero, L., Ruiza, J.M., 2011. The effect of environmental conditions on nutritional quality of cherry tomato fruits: evaluation of two experimental Mediterranean greenhouses. *J. Sci. Food Agric.* 91, 152-162.
- Tadesse, T., Nichols, M.A., Fisher, K.J., 1999. Nutrient conductivity effects on sweet pepper plants grown using a nutrient film technique 1. Yield and fruit quality. *N. Z. J. Crop Hort. Sci.* 27, 141-148.
- Tallarita, A.V., Cozzolino, E., Sekara, A., Golubkina, N., Mirabella, M., Torino, V., Cuciniello A., Caruso, G., 2020. Gli effetti dei biostimolanti nell'esaltare la tolleranza alla salinità del "mini-plum". *Agriscilia.* 11, 17-23.
- Toscano, S., Trivellini, A., Cocetta, G., Bulgari, R., Francini, A., Romano, D., Ferrante, A., 2019. Effect of preharvest abiotic stresses on the accumulation of bioactive compounds in horticultural produce. *Front. Plant Sci.* 10, 1212.