

IL PREMIO AISSA 2024 PER LA MIGLIORE TESI DI DOTTORATO NEL SETTORE ORTOFLOROVIVAISMO INTITOLATO A MICHELE STANCA, ASSEGNATO A UNA DOTTORANDA DELL'UNIVERSITÀ DI TORINO

# ZAFFERANO, PRODUZIONE SOSTENIBILE GRAZIE ALL'USO DEI BIOINOCULI

*Contributo realizzato a cura della sezione Ortoflorovivaismo della Soi*

**N**ove premi alle migliori tesi di dottorato. Uno per ognuno dei nove settori scientifico disciplinari delle diverse società scientifiche presenti nell'Aissa, l'Associazione italiana società scientifiche agrarie. La premiazione si è svolta in occasione del XXI Convegno Aissa, presso l'Università di Firenze.

L'edizione 2024 del premio, dedicato alla memoria del professor Michele Stanca, ha visto il coinvolgimento della Soi per la valutazione delle candidature e l'indicazione della migliore tesi di dottorato del settore ortoflorovivaismo. I vincitori sono stati annunciati nel pomeriggio del 15 febbraio 2024, al termine di una breve presentazione del lavoro di tesi da parte dei candidati. Il premio della miglior tesi di dottorato del settore scientifico disciplinare "Orticoltura e floricoltura" è stato assegnato alla dott.ssa **Stefania Stelluti**, dottoranda dell'Università di Torino, per la sua tesi, dal titolo "Sustainable horticultural solutions to improve saffron (*Crocus sativus* L.) production".



1 - Particolare: gli stammi rossi del fiore

## Una spezia preziosa

Lo zafferano è la spezia più preziosa al mondo. Negli ultimi decenni, la produzione dello zafferano è diminuita a livello globale e soprattutto nei Paesi europei. Per incrementarne in maniera sostenibile la redditività, i ricercatori dell'Università di Torino hanno approfondito la possibilità di impiegare la coltivazione fuori suolo con bioinoculi e hanno analizzato il contenuto in sostanze fitochimiche nei tepali. Le

ricerche condotte sottolineano l'importanza della selezione dei bioinoculi per ottenere benefici ottimali. L'uso di formulazioni miste e l'adozione di tecniche colturali standardizzate ha portato alla produzione di una spezia di alta qualità. I tepali, infine, sono risultati essere un sottoprodotto che può essere utilizzato in una prospettiva di bioeconomia circolare.

Di seguito una breve sintesi dello studio a cura della dott.ssa Stelluti e del

suo supervisore di dottorato, la prof.ssa Valentina Scariot.

### Proprietà antiossidanti

Lo zafferano (*Crocus sativus* L.) è una geofita sterile appartenente alla famiglia delle *Iridaceae*, propagata tramite cormi (figura 2). Nei climi mediterranei, la fioritura avviene nel tardo autunno (ottobre-novembre). Segue una fase vegetativa per tutto l'inverno, con la formazione dei cormi sostitutivi (aprile-maggio). Generalmente, vengono commercializzati cormi di diametro  $\geq 2,5$  cm e di peso  $\geq 10$  g.

Gli stimmi essiccati costituiscono la spezia dello zafferano (figura 1), utilizzata fin dall'antichità come condimento e colorante naturale e nella medicina popolare. Le proprietà organolettiche e antiossidanti dipendono principalmente dal contenuto di apocarotenoidi, ovvero crocine (capacità colorante), picrocrocina (sapore) e safranale (aroma) (figura 3). La spezia contiene anche vitamine (tra cui la vitamina C) e composti fenolici, che contribuiscono alle sue proprietà antiossidanti. Lo zafferano viene coltivato principalmente

nel Medio Oriente e nel Mediterraneo; il maggior paese produttore è l'Iran. La coltivazione viene generalmente effettuata in pieno campo con ciclo pluriennale (tre-cinque anni). In Italia lo zafferano è coltivato anche come coltura annuale, ripiantando solo i cormi più grandi. La produzione (ca. 5-15 kg ha<sup>-1</sup>) è influenzata dalle condizioni pedo-climatiche, dalle pratiche agronomiche e dalle dimensioni del cormo.

### Serve innovazione

Lo zafferano, chiamato anche "oro rosso", è la spezia più preziosa al mondo per l'intenso lavoro manuale richiesto soprattutto per la raccolta dei fiori e la separazione degli stimmi. Per produrre 1 kg di zafferano sono necessari ca. 110.000 - 165.000 fiori.

Negli ultimi decenni, la produzione nei paesi europei è notevolmente diminuita, principalmente per la mancanza dei progressi tecnologici applicabili a questa coltura e le sfide che deve affrontare, come i cambiamenti climatici, la bassa fertilità del suolo e le malattie fungine, che ne stanno riducendo la produzione globale. L'adozione di pratiche



2 - Lo zafferano, *Crocus sativus* L

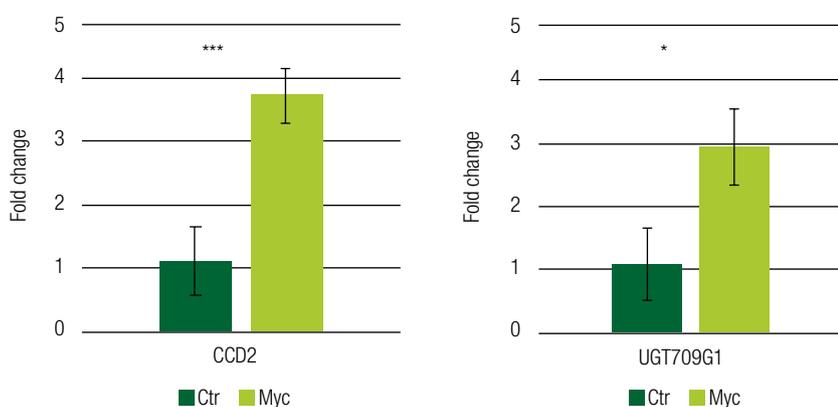
di coltivazione in condizioni controllate con inoculi di microrganismi benefici potrebbe concorrere al superamento di tali sfide e incrementarne la redditività.

### Bioinoculi

Un'innovazione promettente e sostenibile sono gli inoculi microbici, come i rizobatteri promotori della crescita delle piante (Pgpr) e i funghi micorrizici arbuscolari (Amf).

Sia Amf sia Pgpr possono migliorare l'assorbimento da parte della pianta di nutrienti minerali, la resa del raccolto, la produzione di metaboliti secondari e la tolleranza a fattori di stress biotici e abiotici, come temperature estreme, siccità e salinità. Comunque, le specie vegetali variano notevolmente nella loro risposta ad Amf e Pgpr e l'efficacia degli inoculi è influenzata anche dalle diverse condizioni ambientali, dalle comunità microbiche indigene e dalle pratiche di gestione del suolo. Pertan-

### Grafico 1 - Espressione di geni coinvolti nel metabolismo degli apocarotenoidi in stimmi di zafferano



Piante controllo (Ctr) e inoculate con l'Amf (Myc). Gene costitutivo di riferimento: Cs18S.

## Tabella 1 - Resa e qualità dello zafferano

	Ctr	Myc	Pgpr	Mix	p
Resa della spezia (mg per fiore)	7,6 ± 1,5 a	6,7 ± 1,8 b	7,4 ± 1,8 a	7,5 ± 1,6 a	**
Resa dei fiori (n. per corno)	3,8 ± 0,9	3,7 ± 1,0	3,6 ± 1,2	3,7 ± 1,4	ns
Safranale (mg 100 g <sup>-1</sup> )	1,3 ± 0,6 b	52,1 ± 15,7 a	36,7 ± 11,6 a	40,7 ± 13,2 a	**
Contenuto fenolico totale (Tpc, mg Gae 100 g <sup>-1</sup> )	2756,4 ± 155,6 b	3133,9 ± 392,9 ab	3241,5 ± 240,7 ab	3396,4 ± 415,9 a	*

Safranale e contenuto fenolico totale, Tpc nelle piante controllo non inoculate (Ctr) e in quelle inoculate con il fungo (Myc), con i rizobatteri (Pgpr) e con la formulazione mista Amf+Pgpr (mix). Sono riportati i valori di media ± deviazione standard

to, un'attenta selezione delle combinazioni favorevoli ospite/nicchia/microorganismo è essenziale per ottenere benefici ottimali.

### Effetti degli inoculi

Recentemente la letteratura scientifica ha riportato gli effetti dei bioinoculi sulla produzione e sulle caratteristiche qualitative della spezia. In uno studio condotto presso il Dipartimento di scienze agrarie, forestali e alimentari dell'Università di Torino, la risposta dello zafferano agli Amf è risultata dipendente dalle condizioni di coltivazione, ovvero pieno campo (nelle Alpi italiane nord-occidentali) vs fuori suolo (in serra), e dal tipo di inoculo (singolo o misto). Rispetto alla

coltivazione in pieno campo, le piante inoculate fuori suolo hanno prodotto meno spezia indipendentemente dal tipo di inoculo; mentre la spezia ottenuta dai corni inoculati con *Rhizophagus intraradices* aveva valori più elevati di potere amaricante, aromatico e colorante, a differenza di quella ottenuta dai corni trattati con un inoculo misto (*R. intraradices* + *Funneliformis mosseae*). In condizioni di coltivazione in vaso, è stato scoperto che questi stessi bioinoculi possono influenzare positivamente la resa dei corni e ridurre l'insorgenza di malattie fungine rispetto ai controlli non inoculati.

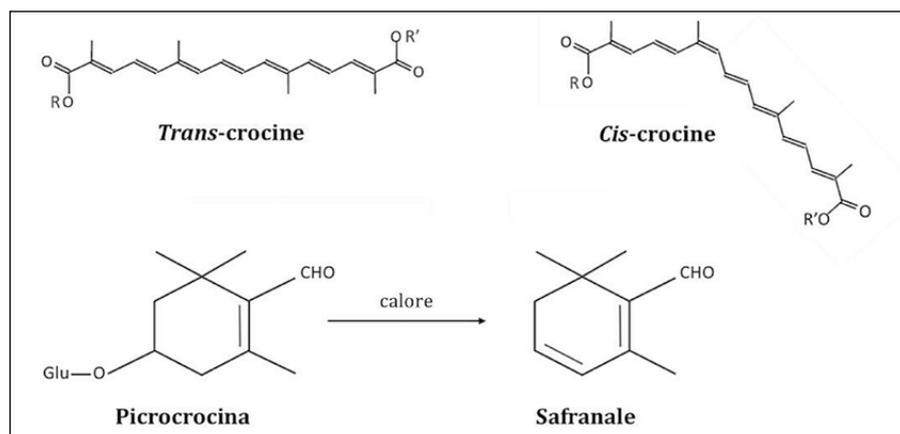
Partendo da queste basi, la tesi di dottorato, intitolata "Sustainable Horticultural Solutions to Improve Saffron

(*Crocus sativus* L.) Production" ha approfondito la possibilità di impiegare la coltivazione fuori suolo e bioinoculi (Amf e Pgpr) per migliorare la produttività, la qualità e il valore dello zafferano. Anche i tepali viola dello zafferano, da tempo considerati uno scarto floreale, sono stati analizzati per valutare il loro contenuto in sostanze fitochimiche d'interesse e quindi la loro potenziale applicazione in una prospettiva di bioeconomia circolare.

### In idroponica la qualità aumenta

Lo zafferano è stato coltivato in condizioni controllate, in coltura idroponica (figura 4), con i Pgpr *Bacillus megaterium* e *Paenibacillus durus* e l'Amf *R. intraradices*, utilizzati da soli o in combinazione. È stata studiata l'influenza esercitata dai microrganismi benefici sull'andamento della fioritura, sulle rese, sulla qualità e sull'ecofisiologia dello zafferano.

I bioinoculi non hanno influenzato positivamente le rese della spezia ma hanno aumentato il contenuto in safranale; inoltre, il trattamento Pgpr + Amr ha aumentato i composti fenolici (tabella 1). Le piante inoculate hanno prodotto anche un numero maggiore di corni sostitutivi.



3 - Principali apocarotenoidi della spezia dello zafferano, responsabili delle proprietà organolettiche e antiossidanti



**4** - Coltivazione fuori suolo dello zafferano all'Università di Torino

**5** - Tepali secchi di zafferano macinati con mortaio e pestello

## Effetti delle micorrize sulla produzione di apocarotenoidi

La modulazione del metabolismo degli apocarotenoidi da parte di *R. intraradices* è stata studiata per la prima volta, attraverso un'analisi integrata biochimica e molecolare (qRT-PCR) degli stimmi di zafferano, insieme a un'analisi del contenuto di nutrienti minerali dei cormi alla fioritura. Nelle piante micorrizzate, il gene (*CCD2*) che codifica per l'enzima chiave per la produzione dei principali apocarotenoidi è risultato "up-regolato", così come il gene (*UGT709G1*) per la sintesi della picrocrocina (grafico 1). L'Amf ha anche aumentato l'assorbimento da parte delle piante di Mo, Zn e Fe, cofattori enzimatici coinvolti nel metabolismo



degli apocarotenoidi dello zafferano. Complessivamente ciò ha portato a un aumento del contenuto di safranale nella spezia.

## Lavorazione sostenibile dei bioresidui floreali

Gli inoculi Amf hanno aumentato anche la capacità antiossidante dei tepali dello zafferano. La composizione fitochimica dei tepali è stata comunque influenzata dalla tecnica di essiccazione e di estrazione oltre che dal solvente impiegato. Rispetto alla tradizionale macerazione, l'estrazione assistita da ultrasuoni (Uae) ha consentito l'uso di solventi più sicuri e di ridurre i tempi del processo. Per la prima volta, inoltre, nei tepali secchi (figura 5) sono stati rilevati la vitamina C, l'acido ferulico, l'isoquercitrina e la quercitrina.

## Per incrementare la redditività

Le ricerche sottolineano l'importanza della selezione dei bioinoculi, anche attraverso studi sulla modulazione del metabolismo della pianta. L'uso di formulazioni miste e di tecniche colturali standardizzate può portare alla produzione di una spezia di elevata qualità. I

## Bibliografia

- Caser, M., Demasi, S., Victorino, Í. M. M., Donno, D., Faccio, A., Lumini, E., Bianciotto, V., & Scariot, V. (2019). Arbuscular mycorrhizal fungi modulate the crop performance and metabolic profile of saffron in soilless cultivation. *Agronomy*, 9(5). <https://doi.org/10.3390/agronomy9050232>
- Cardone, L., Castronuovo, D., Perniola, M., Cicco, N., & Candido, V. (2020). Saffron (*Crocus sativus* L.), the king of spices: An overview. *Scientia Horticulturae*, 272. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109560>
- Giovannini, L., Palla, M., Agnolucci, M., Avio, L., Sbrana, C., Turrini, A., & Giovannetti, M. (2020). Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Associated Microbiota as Plant Biostimulants: Research Strategies for the Selection of the Best Performing Inocula. *Agronomy*, 10(1), 106. <https://doi.org/10.3390/agronomy10010106>
- Jami, N., Rahimi, A., Naghizadeh, M., & Sedaghati, E. (2020). Investigating the use of different levels of Mycorrhiza and Vermicompost on quantitative and qualitative yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Scientia Horticulturae*, 262. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.109027>
- Stelluti, S., Caser, M., Demasi, S., Rodriguez Herrero, E., García-González, I., Lumini, E., Bianciotto, V., & Scariot, V. (2023). Beneficial microorganisms: a sustainable horticultural solution to improve the quality of saffron in hydroponics. *Scientia Horticulturae*, 319. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112155>
- Stelluti, S., Caser, M., Demasi, S., & Scariot, V. (2021). Sustainable processing of floral bio-residues of saffron (*Crocus sativus* L.) for valuable biorefinery products. *Plants*, 10(3), 1–15. <https://doi.org/10.3390/plants10030523>
- Stelluti, S., Caser, M., Demasi, S., & Scariot, V. (2023b). The natural colorants of the *Crocus sativus* L. flower. *Acta Horticulturae*, 1361(1361), 111–118. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2023.1361.13>
- Stelluti, S., Grasso, G., Nebauer, S. G., Alonso, G. L., Renau-Morata, B., Caser, M., Demasi, S., Lumini, E., Gómez-Gómez, M. L., Molina, R. V., Bianciotto, V., & Scariot, V. (2024). Arbuscular mycorrhizal symbiosis modulates the apocarotenoid biosynthetic pathway in saffron. *Scientia Horticulturae*, 323, 112441. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112441>

tepali possono essere valorizzati come sottoprodotto, per esempio nei settori alimentare e cosmetico-medicinale. Insomma, queste pratiche potranno aumentare in maniera sostenibile la redditività dello zafferano nei contesti produttivi di nicchia. ●