

# **Biostimolanti per le colture in serra e in vivaio**

## *Biostimulants for greenhouse and nursery crops*

Alice Trivellini<sup>a</sup>, Antonio Ferrante<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Istituto di Scienza della Vita, Scuola Superiore Sant'Anna, Pz. Martiri della Libertà 33, 56127 Pisa, Italia

<sup>b</sup> Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali, Università degli Studi di Milano, via Celoria 2, 20133 Milano, Italia

### **Abstract**

The market for biostimulants is rapidly growing and many companies are expanding their portfolio with the introduction of these products, which are increasingly used to improve the management of crop systems and increase their sustainability. In fact, biostimulants, if properly used, can increase crop yields and quality, reducing fertilizer inputs and increasing plant tolerance against abiotic stresses.

Le coltivazioni in ambiente protetto sono un comparto produttivo di notevole importanza economica nel settore ortofloricolo. Un ambiente controllato, come la serra, permette di aumentare la produttività e il rendimento delle colture e migliorare la resa commerciale di moltissime specie orticole e floricole, accelerando i cicli colturali, favorendo la programmazione e la diversificazione delle colture su un'area di coltivazione limitata. Pertanto, questi sistemi di coltivazione intensivi sono spesso considerati settori produttivi ad elevato impatto ambientale, ricorrendo spesso ad un uso intensivo di prodotti chimici per la nutrizione e regolazione della crescita delle colture, della risorsa idrica per l'irrigazione, dei combustibili per il riscaldamento delle serre e di materiali non rinnovabili per la copertura degli ambienti di coltivazione e l'allevamento in contenitore.

Per massimizzare la crescita delle piante e ridurre i tempi di produzione, la produzione in serra di ortaggi e di colture floricole si avvale di quantità elevate di fertilizzanti. Un'eccessiva fertilizzazione nelle serre con coltivazione su suolo, dovuta soprattutto ad un elevato apporto di azoto, può causare una crescita vegetativa eccessiva, e una maggiore suscettibilità agli attacchi patogeni che porta in definitiva allo scadimento qualitativo del prodotto (Liebman & Davis 2000). Negli ortaggi da foglia, l'effetto prevalente dell'eccesso di azoto è spesso rappresentato da un accumulo di nitrati nella parte edibile (le foglie) con livelli superiori ai limiti imposti dalla normativa UE n. 1258/2011 (Alberici et al. 2008; Cavaiuolo & Ferrante 2014) con conseguenti potenziali effetti negativi sulla salute delle persone e degli animali (Luo et al. 2006; Parks et al. 2008; Cavaiuolo & Ferrante 2014). Apporti azotati troppo elevati possono causare l'inquinamento delle falde e dei corpi idrici superficiali (acidificazione ed eutrofizzazione) e possono aumentare le emissioni di gas serra di protossido di azoto, con ripercussioni negative sull'ambiente. Nel comparto di produzione florovivaistico italiano, che va dal fiore alla fronda recisa, dalla pianta da vaso (verde o fiorita) alla pianta da esterno e talee, l'elevata qualità rappresenta l'elemento trainante per la penetrazione nei mercati e conseguente successo commerciale. La qualità di questi prodotti ornamentali è essenzialmente definita dalle caratteristiche estetiche del prodotto e dalla loro capacità di conservarle (longevità/durata). Tuttavia, per raggiungere gli elevati standard qualitativi e preservarli durante le varie fasi della catena produttiva si ricorre ad un elevato uso di input chimici per evitare l'insorgenza di alterazioni fisiologiche legate alla nutrizione minerale durante la coltivazione o indotte da condizioni ambientali

subottimali durante la filiera post-produzione/-raccolta (buio, temperature e umidità relativa, attacchi di patogeni, ecc.).

Adottare tecniche di coltivazione che migliorano la sostenibilità delle produzioni in coltura protetta rappresenta oggi un'urgente necessità sia a seguito di normative comunitarie in materia agricola sempre più stringenti, che esortano a massimizzare una gestione ecocompatibile delle risorse e di ridotto impatto ambientale, sia per soddisfare le richieste espresse da un consumatore sempre più consapevole e attento alle problematiche ambientali. Negli ultimi decenni sono state proposte diverse linee strategiche per migliorare la sostenibilità delle produzioni in coltura protetta mediante l'introduzione di soluzioni/innovazioni tecnologiche, focalizzate sull'efficienza d'uso delle risorse (acqua, fertilizzanti, fitofarmaci) con il fine di minimizzare i carichi inquinanti di fertilizzanti e fitofarmaci e ottimizzare l'utilizzo sostenibile dell'acqua (De Pascale et al., 2006) garantendo un migliore adattamento di questi sistemi produttivi ai cambiamenti climatici. Un approccio promettente e sostenibile è rappresentato dall'uso di sostanze e/o composti naturali e microrganismi benefici noti anche come biostimolanti.

I biostimolanti sono mezzi tecnici che in base alle concentrazioni utilizzate si collocano tra i fertilizzanti e i regolatori di crescita. L'ultimo regolamento europeo inerente i fertilizzanti che include anche i biostimolanti è EU n. 1009/2009. In tale regolamento si definiscono i biostimolanti come prodotti, organici o inorganici, contenenti sostanze e/o microrganismi che, applicati alla pianta o alla rizosfera, stimolano la crescita e la produttività della pianta migliorando l'efficienza d'assorbimento e di assimilazione dei nutrienti, la tolleranza a stress abiotici e/o la qualità del prodotto indipendentemente dal loro contenuto in nutrienti (Rouphael e Colla, 2020). In Italia attualmente i biostimolanti rientrano nella categoria merceologica dei "fertilizzanti" e sono regolamentati dal Decreto Legislativo 29 aprile 2010 n. 75 (D.Lgs. 75/2010). Questi mezzi tecnici innovativi, non sono coinvolti direttamente nella nutrizione delle piante, ma se opportunamente usati, possono aumentare le rese delle colture attivando processi fisiologici e biochimici che portano ad un aumento dell'efficienza d'uso delle risorse disponibili come nutrienti e acqua, riducendone quindi l'apporto durante il ciclo colturale, e favorire anche una maggiore resilienza produttiva delle colture agli stress abiotici (termici, salini, acqua, nutrienti). In termini di efficacia agronomica, l'azione dei biostimolanti si ottiene, come già detto, a concentrazioni nettamente inferiori a quelle dei fertilizzanti e superiore a quella dei fitoregolatori di crescita. Svolgono un ruolo di supporto nell'aumentare l'assorbimento dei nutrienti senza però poterli sostituire.

### **Classificazione dei biostimolanti in categorie**

Nel corso degli anni, sono state proposte numerose classificazioni dei biostimolanti sulla base della loro origine, componente principale o modalità di azione (Du Jardin, 2015). In molti paesi al di fuori dell'Unione Europea tali informazioni devono essere riportate sull'etichetta per poterli così registrare.

In Italia, l'attuale classificazione si basa sulla fonte di materie prime da cui sono stati prodotti i biostimolanti; questa scelta, tuttavia, non fornisce sempre le informazioni corrette sull'attività biologica del prodotto.

In base alle materie prime da cui derivano i biostimolanti sono classificati in questi gruppi principali:

### *Estratti di alghe e di piante*

Le alghe sono un vasto gruppo di organismi che spaziano da quelle marine microscopiche a quelle multicellulari che possono essere brune, rosse e verdi. Sono un'importante fonte di sostanze nutritive, di composti bioattivi, di sostanza organica e di fertilizzanti. Le alghe sono state utilizzate in agricoltura fin dall'antichità come fertilizzanti, per gli effetti positivi sulle coltivazioni; i loro estratti vengono impiegati in agricoltura come condizionatori del suolo o come biostimolanti vegetali. Sono applicati come trattamenti fogliari e il loro effetto biologico si manifesta con il miglioramento della crescita, la resa delle colture, la qualità dei prodotti e l'aumento della tolleranza agli stress abiotici. Le alghe utilizzate per la produzione di biostimolanti contengono ormoni vegetali come citochinine e auxine o altre sostanze ad azione ormone-simile. I biostimolanti a base di alghe contengono anche molti composti minerali e bioattivi, tra cui polisaccaridi complessi come laminarina, fucoidano e alginati. Per quanto riguarda l'origine da piante, i biostimolanti vengono preferenzialmente estratti da piante ricche in metaboliti secondari che sono anche i principali composti bioattivi responsabili dell'attivazione delle risposte fisiologiche delle piante. Ad esempio, l'estratto ottenuto dalla macerazione delle foglie o dei fiori di borragine ha avuto effetti biostimolanti sulla crescita e qualità della lattuga (Bulgari et al. 2017).

### *Sostanze umiche*

Le sostanze umiche comprendono principalmente acidi umici e fulvici. Sono costituenti naturali della sostanza organica del suolo, risultanti dai processi di decomposizione di piante, animali e microorganismi, ma anche dall'attività metabolica dei microbi del suolo. Trattamenti con sostanze umiche stimolano la crescita e lo sviluppo delle radici delle piante. Questi effetti sono ascrivibili al miglioramento dell'assorbimento di nutrienti e di acqua e ad una maggiore tolleranza agli stress ambientali. Non è del tutto chiaro come le sostanze umiche influenzino la fisiologia delle piante. Ciò è dovuto alla complessità molecolare di queste sostanze e all'abbondanza e alla diversità delle risposte delle piante alterate dalla loro applicazione. Gli effetti positivi esercitati da questi complessi aggregati potrebbero essere ascritti all'attività ormonale di alcuni dei loro componenti.

### *Proteine idrolizzate e composti contenenti azoto*

Gli idrolizzati proteici sono una miscela di composti come aminoacidi, peptidi, polipeptidi e proteine denaturate che possono essere ottenute mediante idrolisi chimica, enzimatica e termica delle proteine. Diverse prove sperimentali hanno messo in evidenza che le applicazioni di idrolizzati proteici, sia di origine animale sia di origine vegetale, possono migliorare la crescita delle colture e la loro tolleranza agli stress abiotici.

### *Microrganismi*

Questo gruppo comprende principalmente batteri, lieviti e funghi filamentosi. Sono isolati da terreno, piante, e altri materiali organici. Vengono applicati al suolo e possono avere un'azione diretta o indiretta nell'aumentare la produttività delle colture. I microrganismi possono avere un'azione diretta sulla coltura attraverso l'instaurazione di una simbiosi (es. micorrize), oppure indirettamente aumentando la biodisponibilità degli elementi nutritivi per le piante.

### *Composti inorganici ad azione biostimolante*

Gli elementi chimici che promuovono la crescita delle piante e che possono essere essenziali per tutte le piante sono chiamati elementi ad azione benefica. I principali elementi benefici sono il selenio e la silice, ma anche il cobalto, l'alluminio e il sodio. Questi elementi sono presenti nei suoli e nelle piante sottoforma di sali inorganici, anche insolubili come la silice amorfa nelle graminacee. Le funzioni benefiche che possono indurre sono costitutive, come il rafforzamento delle pareti cellulari mediante depositi di silice, o transienti ad esempio in seguito all'esposizione a particolari stress abiotici. La definizione di elementi benefici non è quindi limitata alla loro natura chimica, ma deve anche riferirsi ai contesti speciali in cui si possono osservare gli effetti positivi sulla crescita delle piante e sulla risposta allo stress.

### **Biostimolanti per aumentare la tolleranza agli stress abiotici**

Piante allevate in serra possono essere esposte a diverse tipologie di stress tipici dell'area del Mediterraneo come carenze idrica, salinità e sbalzi termici (alte e basse temperature). I composti bioattivi contenuti nei biostimolanti possono agire direttamente sulla fisiologia delle piante attivando precise vie metaboliche in risposta a stress per aiutare le piante ad adattarsi e superare i momenti più critici e assumere un valore aggiunto per la commercializzazione del prodotto finale (Bulgari et al., 2019).

*Stress idrico* - Lo stress idrico è uno dei più comuni tra gli stress abiotici che si possono avere nelle coltivazioni dell'area Mediterranea. La riduzione della disponibilità di acqua influisce direttamente sull'attività fotosintetica e quindi sulla resa e qualità dei prodotti. I sintomi visibili dello stress idrico sono la perdita di turgore e l'ingiallimento delle foglie dovuto alla degradazione della clorofilla. Il contenuto in clorofilla è, infatti, usato come indicatore affidabile di squilibrio metabolico ed energetico in piante sotto stress idrico.

Alcuni biostimolanti, ottenuti da estratti di alghe, possono aumentare l'accumulo di composti osmoticamente attivi nelle cellule e aumentare la capacità di assorbimento delle piante. I biostimolanti possono aiutare a aumentare l'efficienza d'uso dell'acqua e superare i periodi più critici del ciclo colturale senza determinare un calo di resa e qualità. Tra i composti che vengono accumulati possono esserci diverse sostanze come la prolina, zuccheri alcoli, nitrati e acido abscissico. I biostimolanti amplificano le risposte endogene delle piante e migliorano il bilancio idrico della coltura, riducendo le perdite e aumentando la capacità di assorbimento radicale.

*Stress salino* - Le coltivazioni di alcune aree costiere possono essere soggette a stress salino per l'elevata concentrazione di sali solubili nell'acqua d'irrigazione o nel suolo. Lo stress salino può indurre nelle piante una riduzione della crescita e danni a livello cellulare che possono compromettere la vitalità e produttività. Tali effetti dipendono dall'intensità dello stress e il tempo di esposizione. L'alta concentrazione salina può determinare uno stress osmotico nelle piante per l'elevata concentrazione ionica nel suolo che può portare a una riduzione dell'assorbimento dell'acqua simulando uno stress idrico. I biostimolanti possono alleviare gli effetti della salinità aumentando la tolleranza della coltura tramite l'attivazione di meccanismi endogeni simili a quelli che si possono osservare nelle piante soggette a stress idrico. I biostimolanti possono, infatti, aumentare la

concentrazione di prolina, di zuccheri semplici o alcoli, acido abscissico, e aumentare i composti antiossidanti che possono contrastare i danni dovuti all'accumulo dei radicali liberi.

*Stress da alte e basse temperature* - L'abbassamento termico o ritorno di freddo in primavera avanzata è uno dei più pericolosi tra gli stress abiotici perché può compromettere seriamente la produzione. I danni sono ingenti soprattutto per le colture con fioriture precoce, ma danni rilevanti si possono avere anche sui trapianti precoci di melone e pomodoro. Le basse temperature determinano principalmente danni alle membrane cellulari provocando la morte delle piante, nei casi più gravi, o un ritardo nella crescita nei casi più lievi. I biostimolanti possono contrastare la riduzione dello stress da freddo attraverso l'aumento di osmoliti (sostanze osmoticamente attive), di composti antiossidanti e di sostanze di protezione delle membrane citoplasmatiche.

Anche le alte temperature possono creare danni alle colture attraverso un danno alle membrane cellulari. In particolare, si possono avere danni a livello di fosfolipidi di membrana con la perdita della compartimentalizzazione cellulare e disordini metabolici. Le piante rispondono alle alte temperature con un aumento della traspirazione, utile ai fini della termoregolazione. Pertanto, i danni più gravi si riscontrano nelle aree mediterranee dove si possono verificare situazioni di alte temperature associate a condizioni di bassa disponibilità idrica. I biostimolanti che risultano efficaci nell'indurre tolleranza nelle colture possono agire sia sull'aumento della capacità di assorbimento idrico sia sull'accumulo di sostanze protettive delle membrane cellulari.

*Stress da carenze nutrizionali* - Nei sistemi colturali le carenze nutrizionali possono manifestarsi per diversi motivi, sia per errata gestione agronomica sia per condizioni pedologiche avverse (es. pH non ottimali, ecc.). I biostimolanti, aumentando la biomassa radicale, permettono di esplorare un volume di terreno più grande e di avere una maggiore capacità di assorbimento. Infatti, molti biostimolanti sono in grado di aumentare la capacità di assorbimento degli elementi nutritivi anche se presenti in basse concentrazioni. Tutti i biostimolanti che determinano un aumento della biomassa radicale possono essere utilizzati per alleviare gli effetti di carenze nutrizionali non facilmente gestibili attraverso la fertilizzazione.

### **Biostimolanti per le colture vivaistiche**

I biostimolanti possono aumentare la crescita e la resa di molte specie ortoflorovivaistiche incentivando una maggiore capacità di assorbimento dei nutrienti, attività fotosintetica e capacità di radicazione (Massa & Trivellini, 2019). Migliorare l'efficienza nell'uso dei nutrienti così come stimolare lo sviluppo e la performance fotosintetica dell'organismo vegetale sono aspetti di fondamentale importanza per il settore ortoflorovivaistico in quanto consentono una migliore produttività in termini quali-quantitativi e una migliore gestione delle tempistiche di produzione ad esempio attraverso un'accelerazione del ritmo di crescita vegetativo con anticipo della fioritura e conseguente riduzione del ciclo produttivo. Talora, l'uso dei biostimolanti riesce a velocizzare il processo di radicazione delle talee o delle piante micropropagate, contribuendo alla formazione di piante più vigorose e sane con le caratteristiche genetiche desiderate. Pertanto, un'efficiente capacità di assorbimento e assimilazione dei nutrienti rappresenta una soluzione innovativa e sostenibile per mantenere la produttività delle colture e al tempo stesso ridurre gli input chimici (fertilizzanti in

generale e concimi di sintesi) e contenere il consumo dell'acqua di irrigazione senza compromettere gli elevati standard qualitativi desiderati.

### **Biostimolanti per migliorare la qualità post-raccolta**

Numerose sostanze chimiche vengono largamente utilizzate nell'agricoltura moderna al fine di preservare le caratteristiche estetiche dei prodotti ornamentali durante la filiera post-raccolta (stoccaggio, trasporto e giacenza presso il dettagliante). Tuttavia, il loro uso pone problemi ambientali e di salute pubblica. L'uso di trattamenti a base di biostimolanti rappresenta un allettante alternativa ecocompatibile per mantenere la qualità post-raccolta di piante ornamentali, riducendo al contempo l'apporto di prodotti fitochimici di sintesi (Massa & Trivellini, 2019). La qualità estetica dei prodotti floricoli/ornamentali durante la post-raccolta (aumento del contenuto in clorofilla e di altri pigmenti come i carotenoidi e aumento della *shelf-life*), può essere migliorata con l'impiego di prodotti biostimolanti attraverso l'attivazione di specifiche vie metaboliche che agiscono proteggendo e stabilizzando le membrane cellulari, alterando il bilancio ormonale (ad es.: stimolazione della sintesi di citochinine) e garantendo il corretto funzionamento della macchina fotosintetica in condizioni di stress post-raccolta. Durante la fase post-raccolta (stoccaggio e trasporto) le piante spesso soffrono per insufficiente disponibilità idrica. I biostimolanti possono aiutare a limitare significativamente le perdite post-raccolta successive, come appassimento e caduta dei fiori dovute essenzialmente alla carenza idrica, migliorando complessivamente la qualità e la longevità del prodotto.

### **Conclusioni**

I sistemi agricoli sono in continua evoluzione verso strategie colturali a basso input come richiede il rispetto dei principi dello sviluppo sostenibile, tenuto conto anche della pressione esercitata dai cambiamenti climatici e dall'aumento globale della popolazione che le ultime stime ONU valutano a 9,5 miliardi di persone nel 2050. Pertanto, innovazioni e strategie concrete devono essere ideate e adottate con urgenza. L'uso di biostimolanti può avere un grande impatto sui sistemi colturali protetti riducendo la quantità di mezzi tecnici senza ridurre la capacità produttiva delle colture. Sul mercato sono presenti molti biostimolanti; purtroppo, la maggior parte di loro non è stata testata su tutte le colture e mancano indicazioni per la loro applicazione.

Nella Tabella 1 sono riportate le principali modalità di azione delle varie sostanze biologiche con azione biostimolante applicate su colture ortive e floricole per migliorare la loro resistenza a stress abiotici, le performance vivaistiche e la qualità post-raccolta in ambiente protetto.

Tabella. 1. Principali modalità di azione dei biostimolanti.

Modalità di azione	Componente
Tolleranza a stress abiotici	Stress idrico <ul style="list-style-type: none"> <li>• Microrganismi promotori della crescita (<i>Ascophyllum nodosum</i>)</li> <li>• Estratti di alghe</li> <li>• Funghi micorrizici arbuscolari</li> </ul>
	Stress salino <ul style="list-style-type: none"> <li>• Idrolizzati proteici di origine vegetale</li> <li>• Microorganismi promotori della crescita (<i>Azospirillum brasilense</i>)</li> <li>• Funghi micorrizici arbuscolari</li> </ul>
	Stress da basse e alte temperature <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estratti di alghe</li> </ul>
	Stress da carenze nutrizionali <ul style="list-style-type: none"> <li>• Funghi micorrizici arbuscolari</li> <li>• Sostanze umiche</li> </ul>
Performance vivaistiche	Induzione radicale <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sostanze umiche</li> <li>• Idrolizzati proteici</li> <li>• Microrganismi promotori della crescita</li> </ul>
	Biomassa radicale <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sostanze umiche</li> <li>• Silicio</li> <li>• Microrganismi promotori della crescita</li> </ul>
	Migliore efficienza d'uso dei nutrienti <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sostanze umiche</li> <li>• Idrolizzati proteici</li> <li>• Funghi micorrizici arbuscolari</li> <li>• Microrganismi promotori della crescita</li> </ul>
	Accelerazione della fioritura <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sostanze umiche</li> <li>• Idrolizzati proteici</li> <li>• Chitosano</li> <li>• Microrganismi promotori della crescita</li> </ul>
Qualità post-raccolta	<i>Shelf-life</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sostanze umiche</li> <li>• Silicio</li> </ul>

**Riferimenti bibliografici**

- Alberici, A., Quattrini, E., Penati, M., Martinetti, L., Marino Gallina, P., Ferrante, A. (2008). Effect of the reduction of nutrient solution concentration on leafy vegetables quality grown in floating system. *Acta Horticulturae*, 801:1167–1176.
- Bulgari, R., Franzoni, G., Ferrante, A. (2019). Biostimulants application in horticultural crops under abiotic stress conditions. *Agronomy*, 9(6), 306.
- Bulgari, R., Morgutti, S., Cocetta, G., Negrini, N., Farris, S., Calcante, A., Spinardi A., Ferrari E., Mignani I., Oberti R., & Ferrante, A. (2017). Evaluation of borage extracts as potential biostimulant using a phenomic, agronomic, physiological, and biochemical approach. *Frontiers in Plant Science*, 8, 935.
- Cavaiuolo, M., Ferrante, A. (2014). Nitrates and glucosinolates as strong determinants of the nutritional quality in rocket leafy salads. *Nutrients*. 6:519–1538.
- De Pascale, S., Maggio, A., Barbieri, G. (2006). La sostenibilità delle colture protette in ambiente mediterraneo: limiti e prospettive *Italus Hortus*, 13: 33-48
- Du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, 196, 3-14.
- Liebman, M., Davis, A.S. (2000). Integration of soil, crop and weed management in low-external-input farming systems. *Weed Research*, 40:27–47.
- Luo, J., Sun, S., Jia, L., Chen, W., Shen, Q. (2006). The mechanism of nitrate accumulation in pakchoi [*Brassica campestris* L. spp. *chinensis* (L.)]. *Plant Soil*, 282:291–300.
- Massa, D., Trivellini, A. (2019). Applicazione dei biostimolanti nel florovivaismo. In: *Biostimolanti in agricoltura*, Ed Ferrante A. (Edagricole, Italia) 143-152.
- Parks SE, Huett DO, Campbell LC, Spohr LJ. 2008. Nitrate and nitrite in Australian leafy vegetables. *Australian Journal of Agricultural Research*. 59:632–638.
- Rouphael, Y., & Colla, G. (2020). Biostimulants in Agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 11.