

Prodotti biostimolanti ed effetti sulle colture ortofloricole

Roberta Bulgari¹, Giacomo Cocetta¹, Alice Trivellini², Livia Martinetti¹ e Antonio Ferrante^{1*}

¹Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali, Produzione, Territorio, Agroenergia, Università di Milano

²Scuola Superiore Sant'Anna, Pisa

Biostimulants and effects on horticultural and floriculture crops

Abstract. The cultivation systems are developing towards new and low input systems, more environmental friendly and sustainable. The aim of modern agriculture is to reduce the inputs without compromising quality and yield. The biostimulants can play an important role in modulating crop physiology during cultivation by improving the nutrient use efficiency, increase tolerance against biotic and abiotic stresses. The use of biostimulants can allow the process to reduce the amount of fertilizers and reach the same yield and quality. Leafy vegetables, especially those that are sensitive to nitrate accumulation can get great benefit from biostimulants. In fruit and leafy vegetables some biostimulants activate the secondary metabolism and enhance the composition of antioxidant compounds with potential benefit for human health. In floriculture, these substances can speed up growth and reduce the growing cycle improving flowering.

Key words: floriculture, nutrition, horticulture, quality, yield, stress.

Introduzione

La riduzione dell'uso di prodotti chimici in agricoltura ha portato alla ricerca di composti ottenuti per estrazione da matrici organiche che abbiano un'azione stimolante sulla crescita delle colture. La ricerca di sistemi agricoli a basso impatto ambientale ed eco-compatibili ha incentivato l'impiego di prodotti biostimolanti, che possono essere definiti come sostanze o materiali, ad esclusione di nutrienti e fitofarmaci, aventi la capacità di modificare i processi fisiologici delle piante e indurre effetti positivi sulla crescita, sullo sviluppo e/o sulla tolleranza agli stress ambientali (Du Jardin, 2012).

Questi composti sono a base di acidi umici, estratti di alghe, chitosano, chitina, poli- e oligosaccaridi, amminoacidi, ormoni vegetali (contenuti nella matrice grezza e non di sintesi) e vitamine con azione stimolante sulla pianta (Maini, 2006; Vinković *et al.*, 2007; Kauffman *et al.*, 2007; Mora *et al.*, 2010). Il contenuto in elementi fertilizzanti deve essere trascurabile. In termini quantitativi e qualitativi, il biostimolante deve esplicare la sua azione biologica ad una concentrazione intermedia tra quella degli ormoni vegetali e quella dei fertilizzanti. L'applicazione in agricoltura ha portato a un aumento della resa per un'azione diretta sul metabolismo della pianta e indiretta per un aumento della tolleranza contro diverse avversità biotiche e abiotiche, oppure perché migliorano le condizioni pedologiche (microflora terricola). La riduzione dei fertilizzanti e dei prodotti fitosanitari ha un effetto diretto sulla riduzione dei costi, oltre che sull'ambiente e sulla qualità del prodotto finale in termini di concentrazione di residui chimici (fig. 1).

I biostimolanti permettono di aumentare la resa delle colture attraverso un aumento dell'efficienza d'uso degli elementi nutritivi. Questo aspetto è molto importante soprattutto per i nitrati, che nel suolo sono suscettibili al dilavamento con notevoli problemi sull'ambiente e sulla crescita delle colture. Molti biostimolanti hanno un'azione diretta sul metabolismo secondario delle piante e attivano la produzione di metaboliti secondari, alcuni dei quali hanno la capacità di aumentare la tolleranza verso alcuni patogeni fungini. In orticoltura biologica l'impiego dei biostimolanti con azione biofortificante ha permesso di ridurre l'incidenza dei patogeni.

Risposte fisiologiche delle piante associate ai trattamenti con biostimolanti

I biostimolanti aumentano la resa perché riescono ad aumentare l'efficienza d'uso dei nutrienti e contemporaneamente l'attività fotosintetica. Negli ortaggi da foglia questo effetto è particolarmente importante soprattutto per i nitrati, poiché i biostimolanti sono in

* antonio.ferrante@unimi.it

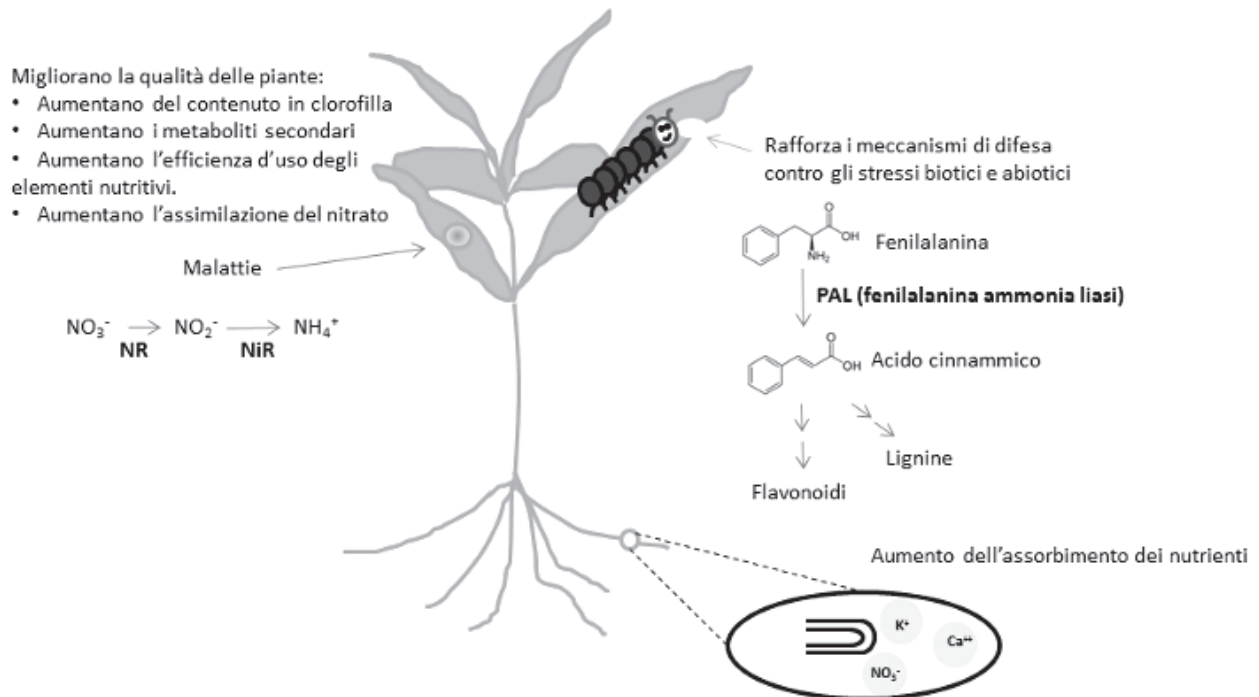


Fig. 1 - Rappresentazione schematica dell'azione dei biostimolanti sulla pianta.
Fig. 1 - Schematic representation of the biostimulants effect on plants.

grado di favorire l'organizzazione e limitarne l'accumulo nelle foglie (Vernieri *et al.*, 2005a; 2006a). I nitrati sono considerati potenzialmente pericolosi per la salute umana, sia negli adulti, sia nei neonati. Negli adulti, soprattutto in coloro che hanno una dieta a base di carne, i nitrati nella bocca e nello stomaco possono trasformarsi in nitriti e reagendo con le ammine libere derivate dalla digestione della carne possono formare le nitrosammine, che sono considerate cancerogene. Nei bambini e in particolare nei neonati l'ingestione di nitrati può portare alla metemoglobinemia, con formazione di zone anossiche con colorazione blu, da cui il nome sindrome *baby blue*, visibili soprattutto alle estremità degli arti e sul naso. Tuttavia, recentemente molti autori hanno affermato che i nitrati nell'uomo possono avere anche un'azione benefica, sia nel controllo di patogeni dello stomaco, sia per l'azione vasodilatatrice sul sistema cardio-circolatorio ad opera del NO formatosi dal nitrato (Cavaiuolo e Ferrante, 2014).

Plantule di mais trattate con idrolizzati proteici di erba medica e di farina di carne hanno mostrato un aumento dell'attività della nitrato riduttasi e della glutammina sintetasi, con una riduzione di accumulo dei nitrati nelle radici e nelle foglie (Ertani *et al.*, 2009; 2013). L'organizzazione dei nitrati è favorita dall'elevata attività fotosintetica, che fornisce una più alta concentrazione di scheletri carboniosi (zuccheri) e maggior flusso elettronico alla nitrato riduttasi per

ridurre il nitrato a nitrito. L'aumento dell'attività fotosintetica è stata osservata in diverse piante: ad esempio, il mais trattato con acidi fulvici ha mostrato un'attività fotosintetica più alta, sia nelle piante ben irrigate, sia in quelle sottoposte a stress idrico (Anjum *et al.*, 2011).

Problematiche associate ai biostimolanti

I biostimolanti, per loro natura, sono ottenuti da materiale organico diverso (piante, alghe, ecc.). La composizione esatta dei biostimolanti non può essere, con lo stato attuale della strumentazione scientifica disponibile, determinata in modo univoco. Molte molecole bioattive possono essere al di sotto della soglia di determinazione strumentale e molte altre sono ancora sconosciute. Inoltre, proprio per le caratteristiche intrinseche della materia prima non si può garantire l'esatta composizione stagione dopo stagione, anno dopo anno.

Pertanto non è possibile caratterizzare i biostimolanti per la loro composizione, ma molto più interessante è classificare questi composti in base alla loro risposta sulla pianta. La composizione eterogenea e la compresenza di diverse sostanze biologicamente attive può determinare una matrice di effetti nelle piante che non permette generalizzazioni. Infatti, un biostimolante può avere un effetto variabile da specie a specie e in alcuni casi da cultivar a cultivar.

Effetto biostimolante dei batteri rizogeni promotori della crescita (*Plant Growth-Promoting rhizobacteria* - PGPR)

Molti batteri, soprattutto gram-negativi, proliferano nella rizosfera e nel rizopiano ed instaurano una mutua simbiosi di limitata specificità con le piante. Essi sono anche in grado di penetrare internamente alla pianta come endofiti facoltativi non fitopatogeni, colonizzando non solo a livello radicale, ma anche in altri tessuti vegetali (Rea *et al.*, 2013). Tali batteri sono detti rizobatteri promotori della crescita (PGPR, *plant growth promoting rhizobacteria*), poichè risultano benefici per le piante migliorando la disponibilità di nutrienti, producendo fitormoni ed aumentando la resistenza ai patogeni attraverso la produzione di prodotti metabolici secondari e batteriocine (Bhattacharyya e Jha, 2012; Rea *et al.*, 2013). I prodotti biostimolanti a base di tali microrganismi possono ridurre l'impiego di concimi, perchè contengono batteri che fissano l'N in modo asimbiotico o aumentano la disponibilità di fosfati e di microelementi nel suolo o nel substrato (Elliott e Broschat, 2002; Spaepen *et al.*, 2009; Vessey, 2003). Tuttavia, il loro impiego ha dato risultati variabili, probabilmente a causa della complessità dell'interazione tra i microrganismi e le diverse specie e varietà di piante ed alla loro sensibilità alle condizioni ambientali (Artursson *et al.*, 2006).

I principali meccanismi secondo i quali i PGPR promuovono la crescita delle piante consistono nella fissazione asimbiotica dell'N, nella solubilizzazione di elementi nutritivi, nella secrezione di siderofori chelanti che favoriscono l'assorbimento del ferro da parte della pianta, nella produzione di fitormoni, tra cui l'acido indol-3-acetico (IAA), nella produzione di antibiotici, nella detossificazione da metalli pesanti, nel conferimento di resistenza a stress abiotici, quali lo stress idrico e salino (Calvo *et al.*, 2014; Rea *et al.*, 2013).

Tra i batteri azotofissatori non simbiotici si ricordano quelli appartenenti ai generi *Azoarcus*, *Beijerinckia*, *Klebsiella*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Burkholderia*, *Herbaspirillum*, *Pseudomonas*, con i quali si sono avuti risultati positivi su diverse colture, come frumento, cotone, mais, canna da zucchero.

Alcuni microrganismi aumentano la disponibilità di nutrienti promuovendone la solubilizzazione ed in generale favorendo la mineralizzazione della sostanza organica. In particolare, differenti specie appartenenti ai generi *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Streptomyces*, *Achromobacter*, *Micrococcus*, *Flavobacterium*, *Erwinia*, *Azospirillum* sono in grado di solubilizzare il

P, sia minerale, sia organico, attraverso la produzione di acidi organici, fosfatasi e fitasi (Rodriguez *et al.*, 2006; Singh e Satyanarayana, 2011). Risultati positivi a questo riguardo sono stati ottenuti anche su specie ornamentali ed ortive (Srinath *et al.*, 2003; Romero *et al.*, 2003; Caballero-Mellado *et al.*, 2007). Gli acidi organici determinano anche una riduzione del pH del suolo favorendo ulteriormente il rilascio dello ione fosfato. Gli acidi organici prodotti variano a seconda della specie microbica e sono principalmente acido lattico, isovalerico, isobutirrico, acetico, citrico, ossalico, tartarico, succinico, α -chetogluconico.

Anche il K può essere solubilizzato dai microrganismi attraverso la produzione di acidi organici. In una prova su melanzana la somministrazione di *Bacillus mucilaginosus* e *B. magaterium* ha determinato un significativo aumento della disponibilità di K nel suolo e di assorbimento da parte delle piante (Han e Lee, 2005).

Molti microrganismi sono efficaci nel favorire anche l'assorbimento di altri elementi, quali Ca, Mg, S, Zn, Cu, Mn, Fe. Riguardo a quest'ultimo, i batteri hanno sviluppato dei sistemi di trasporto (siderofori) che li rendono capaci di legare e trasportare il Fe⁺⁺⁺ anche quando esso è presente in quantità molto basse. Risultati interessanti a questo riguardo sono stati osservati su diverse specie leguminose, lattuga, pomodoro e garofano (Rea *et al.*, 2013; Verma *et al.*, 2011).

In generale, i PGPR favoriscono lo sviluppo radicale anche in conseguenza della produzione di ormoni auxinici, soprattutto l'acido indol-3-acetico (IAA) e ciò comporta una migliore assimilazione degli elementi nutritivi da parte delle piante e rese più elevate.

I microrganismi PGPR, inoltre, conferiscono alle piante una maggiore tolleranza agli stress abiotici, in particolare alla siccità ed alla salinità. Ciò deriva dalle loro elevate capacità adattative, che si manifestano attraverso la produzione di composti osmoprotettivi, di antiossidanti e di fitormoni quali auxine e citochinine (Rea *et al.*, 2013).

Tra i vari microrganismi impiegabili in agricoltura, il gruppo dei batteri fotosintetici anossigenici (PSB, Photo-Synthetic Bacteria) è stato finora relativamente poco considerato (Allievi, 2004; Kobayashi e Kobayashi, 2001), nonostante i risultati positivi riportati in letteratura, ottenuti in particolare su riso (Elbandry e Elbanna, 1999; Elbandry *et al.*, 1999; Maudinas *et al.*, 1981; Kobayashi e Haque, 1971), soia (Allievi, 2004), pomodoro (Yong *et al.*, 1998), zinnia (Ping *et al.*, 1994), poinsettia (Martinetti *et al.*, 2008). Tali batteri possono fissare l'N atmosferico, ossidare l'idrogeno solforato a zolfo e solfato, produr-

re aminoacidi, vitamine, enzimi, sostanze antimicrobiche. Inoltre, l'effetto positivo può essere ottenuto anche senza la crescita dei batteri, essendo attribuibile alle sostanze già prodotte e contenute nelle loro cellule oppure escrete nel substrato. Il gruppo di questi fototrofi comprende soprattutto i cosiddetti batteri rossi (sulfurei, come le *Chromatiaceae*, o non sulfurei, come *Rhodobacter*) ed i batteri verdi (*Chlorobiaceae*).

Applicazione della biologia molecolare per la caratterizzazione dell'azione dei biostimolanti

Un numero crescente di ricerche scientifiche riporta effetti fisiologici positivi sulle colture trattate con biostimolanti, ma fino ad ora i meccanismi molecolari alla base di questi erano sconosciuti.

E' noto che l'espressione genica determina il fenotipo di un organismo vivente ed è fortemente condizionata dall'ambiente. Pertanto un approccio molecolare può fornire importanti indizi sui meccanismi di regolazione, sulle vie biochimiche, sulle funzioni cellulari su cui il formulato biostimolante agisce.

Al giorno d'oggi, i DNA microarrays rappresentano una tecnologia relativamente semplice e sempre più economici per misurare rapidamente e quantitativamente l'espressione simultanea di migliaia di geni. Sfruttando i vantaggi di questa tecnologia Santaniello *et al.* (2013) hanno studiato gli effetti che hanno gli estratti vegetali grezzi impiegati per formulare i biostimolanti nell'indurre l'espressione di particolari gruppi genici nella pianta modello *Arabidopsis thaliana*. Tra le famiglie di geni che hanno mostrato una sovra-regolazione, molti appartenevano a categorie funzionali relative alla tolleranza a stress abiotici e geni coinvolti nel signaling dell'acido abscissico (ABA).

In un altro studio di Petrozza *et al.* (2014) sono stati valutati gli effetti positivi dei trattamenti Megafol® in piante di pomodoro sottoposte a stress idrico. Megafol® è biostimolante (Valagro SpA) che è noto influenzare positivamente la resa delle colture (Paradićević *et al.*, 2011) per quanto riguarda la tolleranza agli stress. I livelli di espressione dei principali marcatori molecolari associati allo stress idrico nelle piante trattate con il biostimolante erano significativamente sottoregolati in condizioni di siccità. Quindi considerando il ruolo funzionale dei marcatori molecolari analizzati, che di solito si sovraesprimono durante lo stress idrico (Ismail *et al.*, 1999), gli autori imputano la minore espressione di questi geni nelle piante di pomodoro trattate, come conseguenza del trattamento al Megafol®.

Effetto dei biostimolanti sul contenuto dei composti nutraceutici dei prodotti orticoli

I prodotti ortofrutticoli costituiscono la maggiore fonte di sostanze d'interesse nutrizionale e nutraceutico e la loro importanza nella dieta è largamente riconosciuta. Oggi un gran numero di pubblicazioni scientifiche tratta gli aspetti benefici di una dieta ricca di composti nutraceutici (Martin *et al.*, 2013; Sacco *et al.*, 2012; Miao *et al.*, 2014). I consumatori sono sempre più consapevoli circa la qualità e la caratteristica nutrizionale e benefica di frutta, verdura (Rajaratnam *et al.*, 2013) e fiori commestibili (Cavaiuolo *et al.*, 2013).

Nutraceutica è un termine coniato nel 1989 da Stephen De Felice per definire lo studio di alimenti che hanno un effetto benefico sulla salute umana. I nutraceutici sono sostanze con proprietà terapeutiche o che possono influenzare positivamente lo stato di salute di chi le assume attraverso la dieta. Le sostanze nutraceutiche derivano generalmente dalle piante, ma possono essere contenute in altri alimenti o essere fornite da fonti microbiche. I composti nutraceutici di origine vegetale sono anche detti fitonutrienti o *phytochemicals*.

Dal punto di vista fisiologico, i composti nutraceutici sono un gruppo eterogeneo di composti che differiscono per la loro natura chimica e che spesso sono metaboliti secondari che sono sintetizzati da metaboliti primari. I metaboliti secondari spesso agiscono come antiossidanti, bloccando le reazioni ossidative indotte da stress e rafforzando il potenziale antiossidante della pianta.

I meccanismi di azione e gli effetti dei biostimolanti sul metabolismo secondario non sono ancora del tutto chiari. In un recente articolo, Pardo-García *et al.* (2014) hanno mostrato che un biostimolante ottenuto da estratti di quercia ha effetto nello stimolare la biosintesi di composti fenolici dell'uva e determinano un maggior contenuto di acido gallico, acidi idrossicinnamici, antociani acilati, flavanoli e stilbeni. Analogamente il biostimolante SUNRED® ha favorito un maggior accumulo di antociani, polifenoli e zuccheri, senza influenzare negativamente la qualità di uve 'Cabernet sauvignon' e 'Prosecco' (Ziosi *et al.*, 2013). L'uso di biostimolanti derivanti dall'agroindustria è stato efficace nel migliorare la produttività, nell'aumentare la sintesi di composti secondari e nel migliorare l'attività dell'enzima fenilalanina ammoniacalasi (PAL) e l'espressione del gene ZmPAL in foglie di mais (Ertani *et al.*, 2011). Il primo studio che mostra la relazione tra sostanze umiche (HS) e la biosintesi dei fenilpropanoidi è stato pubblicato nel

2010. In questo studio è stato segnalato l'effetto di HS sui fenilpropanoidi in *Zea mays*. L'efficacia del trattamento biostimolante è direttamente legato alla sua composizione chimica e alla conformazione molecolare oltre che al suo peso molecolare. Le attività degli enzimi PAL e TAR, nonché l'espressione genica correlata sono state indotte dal trattamento ed i livelli di alcuni composti fenolici sono aumentati di conseguenza. Inoltre, gli autori hanno ipotizzato che questo prodotto influenzi la crescita delle piante inducendo il metabolismo del carbonio e dell'azoto (Schiavon *et al.*, 2010).

In alcuni casi, trattamenti con biostimolanti determinano cambiamenti nel colore delle foglie stimolando il contenuto di clorofilla. Questo effetto è stato osservato in piante di fagiolo trattate con un biostimolante ottenuto da residui della lavorazione delle carote (Abbas e Akladiou 2013). Risultati analoghi sono stati osservati in foglie di rucola trattate con estratto di *Moringa oleifera*; in questo caso i livelli di clorofilla e carotenoidi sono raddoppiati (Abdalla, 2013). Un aumento delle concentrazioni di pigmenti fogliari in rucola è stato osservato anche da Vernieri *et al.* (2005a; 2006a). Diversi tipi di biostimolanti hanno determinato incrementi nell'attività antiossidante, oltre che un aumento in vitamine e composti fenolici nei frutti e nelle foglie di peperone (*Capsicum annuum* L.) coltivato in idroponica (Paradiković *et al.*, 2011). In foglie di indivia (*Cichorium endivia* L.) il biostimolante Goëmar Goteo ha determinato maggiori livelli di rutoside e di astragalina (Kaempferolo 3-O-glucoside) (Gajc-Wolska *et al.*, 2012).

Applicazione dei biostimolanti sulle colture ortofloricole

I prodotti biostimolanti vengono impiegati sulle colture orticole per aumentare qualità e resa e per innalzare la tolleranza verso stress di tipo biotico ed abiotico (Calvo *et al.*, 2014). Nel caso degli ortaggi da foglia la qualità è definita dall'aspetto estetico (pigmenti fogliari) e da componenti interni al prodotto (vitamine, sali minerali, composti antiossidanti, nitrati ecc.). I biostimolanti sono in grado di migliorare la qualità estetica attraverso l'aumento del contenuto in clorofilla e altri pigmenti come i carotenoidi. Questo effetto determina anche un aumento dell'attività fotosintetica, perché aumentando la concentrazione di clorofilla migliora la capacità di captazione della luce, di conseguenza si ottiene un aumento della crescita della coltura, velocizzando il ciclo colturale e aumentando la resa. Nella rucola (*Eruca sativa* Mill.) l'uso del biostimolante Actiwave®, addizionato alla soluzione

nutritiva nella coltivazione in floating system, ha determinato un aumento della resa e della capacità di utilizzo dei nutrienti. L'effetto è risultato più evidente riducendo la concentrazione della soluzione nutritiva del 10% rispetto alla soluzione di Hoagland standard (Vernieri *et al.*, 2006a). Ciò è probabilmente dovuto all'aumento della biomassa radicale e della capacità di assorbimento degli elementi nutritivi. L'effetto positivo di Actiwave® è stato confermato anche su lattughino (*Lactuca sativa* L.) da foglia e da taglio coltivato in tunnel plastici (Amanda *et al.*, 2009); la resa è aumentata e il livello dei nitrati si è mantenuto inferiore ai limiti di legge. Nella fragola (*Fragaria x ananassa* Duch.) è stato osservato un aumento del tasso di crescita (+10%), del contenuto di clorofilla delle foglie (+11%), della densità stomatica (+6,5%), dell'attività fotosintetica, della resa (+27%) e del peso dei frutti (Spinelli *et al.*, 2010).

Il biostimolante ONE®, utilizzato per trattamenti su lattuga Iceberg, è stato in grado di velocizzare la crescita delle piante, di aumentarne la resa e il contenuto di clorofilla e rendere i livelli di nitrato ben inferiore ai limiti di legge per la commercializzazione (Bulgari *et al.*, 2013). Analoghi risultati sono stati ottenuti anche su spinacio (*Spinacia oleracea* L.), su cui è stato valutato l'effetto di un biostimolante a base di aminoacidi (Aminoplant) sulla resa (Kunicki *et al.*, 2010), tenendo in considerazione anche l'influenza della cultivar e del periodo di coltivazione (primavera e autunno). Il prodotto ha aumentato l'attività della nitrato reductasi, enzima chiave dell'assimilazione del nitrato, e ha abbassato il contenuto di nitrati nelle foglie. Lo stesso biostimolante su carota (*Daucus carota* L.) ha influenzato positivamente la produttività e la composizione della radice, che ha mostrato un contenuto zuccherino più elevato (Grabowska *et al.*, 2012).

Oltre che sulla resa, alcuni biostimolanti hanno agito positivamente anche sul contenuto di macro e microelementi, come ad esempio il prodotto Goëmar BM86 su broccolo coltivato in campo (Gajc-Wolska *et al.*, 2013). Sulla stessa coltura Mattner *et al.* (2013) hanno effettuato trattamenti con Seasol®, osservando un generale aumento di biomassa delle piante e una significativa riduzione (23%) dell'incidenza della muffa bianca causata da *Albugo candida*. L'effetto positivo di quattro differenti biostimolanti (Radifarm®, Megafol®, Viva®, Benefit®) sulla resa e la qualità dei frutti è stato osservato su peperone (*Capsicum annuum* L.) coltivato in idroponica (Paradikovic *et al.*, 2011). Su pomodoro, il biostimolante Radifarm® ha indotto un maggiore sviluppo dell'apparato radicale, incrementando la presenza di radici secondarie (Petrozza *et al.*, 2013a). Gli stessi

autori hanno valutato l'azione del biostimolante Viva® su piante di *Solanum lycopersicum* 'Ikram' sottoposte a stress idrico; è stato osservato anche in questo caso un aumento dello sviluppo radicale e un effetto positivo in risposta allo stress abiotico (Petrozza *et al.*, 2013b). Anche su basilico si è ottenuto un aumento di resa grazie all'applicazione di una combinazione di tre biostimolanti (2% Panchakavya + 0,2% Acido Umico + 2% estratto di foglie di *Moringa*) (Prabhu *et al.*, 2010). Su patata cv 'Sante', trattamenti a base di estratti di alghe (biostimolante "Primo") hanno mostrato effetti positivi sia sulla resa che sulla qualità dei tuberi (Haider *et al.*, 2012).

Trattamenti a base di biostimolanti in floricoltura possono essere utili per contrastare stress di tipo biotico ed abiotico ai quali le piante vengono sottoposte, ad esempio durante la delicata fase del trapianto (Mena-Petite *et al.*, 2006; Kijne, 2006). Le piante trattate con biostimolanti oltre a tollerare maggiormente stress da freddo, caldo, danni meccanici/chimici o infezioni di tipo virale hanno anche mostrato un incremento della resa (Maini, 2006).

L'applicazione di Actiwave® su *Ageratum houstonianum* L., *Coleus blumei* Benth., *Impatiens walleriana* L., *Lobularia maritima* L. e *Salvia splendens* Sellow ex Schult ha determinato un aumento del peso fresco e secco delle piante. E' stato osservato che tale effetto era maggiore se combinato con un'adeguata fertilizzazione; ciò conferma la capacità di Actiwave®, e in generale dei biostimolanti, di aumentare la "nutrient use efficiency" delle piante (Vernieri *et al.*, 2006b).

Actiwave® inoltre, accelerando il ritmo di crescita delle piante e la loro fioritura, permette di aumentare la qualità dei prodotti floricoli e di accorciare il ciclo produttivo (Vernieri *et al.*, 2005).

Actiwave® è stato anche utilizzato per trattamenti su *Camellia japonica* L. per stimolarne la radicazione, altrimenti molto lunga. Il trattamento ha efficacemente velocizzato la radicazione, dando risultati migliori sia rispetto al controllo che ai trattamenti a base di acido gibberellico. Dopo 3 mesi la percentuale di radicazione era maggiore del 70% rispetto al controllo non trattato (Ferrante *et al.*, 2011, Ferrante 2013).

L'applicazione del prodotto Radifarm® su *Begonia semperflorens* L. ha influito positivamente sulla crescita e lo sviluppo delle piante (Zeljko *et al.*, 2010b). Questo prodotto contiene glucosidi e aminoacidi (arginina e asparagina). Trattamenti su rosa selvatica hanno aumentato la produzione di germogli e il peso delle radici.

Trattamenti su *Rosa canina* durante la fase di trapianto hanno incrementato lo sviluppo dell'apparato

radicale e della massa delle piante, condizioni che facilitano l'adattamento della pianta alle nuove condizioni ambientali (Tkalec *et al.*, 2012). Risultati simili sono stati ottenuti da Zeljković *et al.* (2010a) su piante di *Salvia splendens* L.

De Lucia e Vecchietti (2012) hanno analizzato gli effetti e le interazioni di tre biostimolanti contenenti proteine idrolizzate derivate da alghe (M.A.E.), epitelio di origine animale (A.P.H.) e residui di alfa-alfa (H.S.) su giglio coltivato fuori suolo. Questi prodotti hanno permesso di accorciare il ciclo produttivo della coltura e i trattamenti hanno reso le foglie maggiormente espanse e con una colorazione più accentuata, hanno aumentato il diametro delle gemme fiorali e la lunghezza dell'apparato radicale.

Nikbakht *et al.* (2008) ha studiato la risposta di trattamenti a base di acidi umici su gerbera (*Gerbera jamesonii* L.) cv 'Malibu', in particolare valutando la crescita, il contenuto di macro e micronutrienti e la conservazione post raccolta. L'aggiunta di acidi umici alla soluzione nutritiva ha incrementato la crescita radicale, il contenuto di micro e macronutrienti delle foglie e dei peduncoli. La durata postraccolta dei fiori recisi è stata estesa ed inoltre il trattamento ha permesso di prevenire o addirittura ridurre l'incidenza della rottura degli steli. Anche su *Gladiolus* L. trattamenti a base di acidi umici hanno accelerato il ritmo di crescita e anticipato e incrementato la fioritura (Baldotto e Baldotto, 2013). Mazhar *et al.* (2012) ha osservato come gli acidi umici su *Chrysanthemum indicum* L. influenzano positivamente la crescita, la fioritura, il contenuto totale di carboidrati e di azoto.

Conclusioni

Le applicazioni dei biostimolanti in orticoltura e floricoltura permettono di raggiungere un alto livello di sostenibilità attraverso la riduzione degli elementi fertilizzanti e dell'inquinamento ambientale. Nello stesso tempo permettono di aumentare la tolleranza delle colture verso gli stress biotici e abiotici migliorando la resa e la qualità delle produzioni. La maggior parte della bibliografia esistente è focalizzata sull'effetto del biostimolante sulla coltura e poche informazioni sono disponibili sulla loro modalità di azione a livello fisiologico, biochimico e molecolare.

I biostimolanti andrebbero classificati e caratterizzati sulla base della loro azione nella pianta, piuttosto che sulla loro composizione che spesso rimane sconosciuta con gli strumenti ad oggi disponibili. L'uso della biologia molecolare e delle tecniche di studio del trascrittoma possono nell'immediato futuro permettere di migliorare la conoscenza sulla modalità di

azione di questi composti e migliorarne anche la produzione a livello industriale.

Riassunto

Le tecniche agronomiche stanno evolvendo verso metodi di coltivazione organici, sostenibili e a basso impatto ambientale. Lo scopo dell'agricoltura oggi è quello di ridurre gli input senza diminuire le produzioni e la loro qualità. I biostimolanti contengono composti bioattivi, in gran parte ancora sconosciuti, e sono in grado di aumentare la *nutrient use efficiency* delle piante e la tolleranza verso stress di tipo biotico e abiotico. Nelle colture orticole l'uso di biostimolanti permette di ridurre l'apporto di fertilizzanti senza compromettere la resa e la qualità del prodotto. Negli ortaggi da foglia sensibili all'accumulo di nitrati, come la rucola, i biostimolanti hanno la capacità di incrementare la qualità e mantenere il livello di nitrati sotto i limiti di legge. Nelle colture floricole i biostimolanti stimolano la crescita e anticipano la fioritura.

Parole chiave: floricoltura, nutrizione, orticoltura, qualità, resa, stress.

Bibliografia

- ABBAS S.M., AKLADIOUS S.A. 2013. *Application of carrot root extract induced salinity tolerance in cowpea (Vigna sinensis L.) seedlings*. Pak. J. Bot. 45: 795-806.
- ABDALLA M.M., 2013. *The potential of Moringa oleifera extract as a biostimulant in enhancing the growth, biochemical and hormonal contents in rocket (Eruca vesicaria subsp. sativa) plants*. Int. J. Plant Physiol. Biochem. 5(3): 42-49.
- ALLIEVI L., 2004. *I batteri fotosintetici anaerobi come biofertilizzanti per il terreno*. L'Informatore Agrario, 60 (15): 35-37.
- AMANDA A., VALAGUSSA M., PIAGGESI A., FERRANTE A., 2009. *Effect of biostimulants on quality of baby leaf lettuce grown under plastic tunnel*. Acta Hort., 807: 407-412.
- ANJUM S.A., WANG L., FAROOQ M., XUE L., ALI S., 2011. *Fulvic Acid Application Improves the Maize Performance under Well-watered and Drought Conditions*. Journal of Agronomy and Crop Science, 197(6): 409-417.
- ARTURSSON V., FINLAY R.D., JANSSON J., 2006. *Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and bacteria and their potential for stimulating plant growth*. Environmental Microbiology, 8 (1): 1-10.
- BALDOTTO M.A., BALDOTTO L.E.B., 2013. *Gladiolus development in response to bulb treatment with different concentrations of humic acids*. Rev Ceres. 60: 138-142.
- BHATTACHARYYA P.N., JHA D.K., 2012. *Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture*. World J. Microbiol. Biotechnol., 28: 1327-1350.
- BULGARI R., PODETTA N., PIAGGESI A., FERRANTE A., 2013. *ONE, concime completo per la lattuga coltivata in orti famigliari e urbani*. Colture protette, 3: 48-52.
- CABALLERO-MELLADO J., ONOFRE-LEMUS J., ESTRADA-DE LOS SANTOS P., MARTINEZ-AGUILAR L., 2007. *The tomato rhizosphere, an environment rich in nitrogen-fixing Burkholderia species with capabilities of interest for agriculture and bioremediation*. Appl. Environ. Microb., 73 (16): 5308-5319.
- CALVO P., NELSON L., KLOEPPER J.W., 2014. *Agricultural uses of plant biostimulants*. Plant and Soil, 1-39.
- CAVAIUOLO M., COCETTA G., FERRANTE A., 2013. *The antioxidants changes in ornamental flowers during development and senescence*. Antioxidants, 2(3):132-155.
- CAVAIUOLO M., FERRANTE A., 2014. *Nitrates and glucosinolates as strong determinants of the nutritional quality in rocket leafy salads*. Nutrients, 6(4): 1519-1538.
- DE LUCIA B., VECCHIETTI L., 2012. *Type of biostimulant and application method effects on stem quality and root system growth in LA Lily*. European J Hort. Sci., 77: 1-10.
- DEFELICE, S.L., 1989. *The Nutraceutical revolution: fueling a powerful. New International Market*. <http://www.fimdefelice.org/p2466.html>
- DU JARDIN P., 2012. *The Science of Plant Biostimulants – A Bibliographic analysis*, European Commission Report - Contract 30-CE0455515/00-96, “Ad hoc study on bio-stimulants products”.
- ELBADRY M., ELBANNA K., 1999. *Response of four rice varieties to Rhodobacter capsulatus at seedling stage*. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 15 (3): 363-367.
- ELBADRY M., GAMAL-ELDIN H., ELBANNA K. 1999. *Effects of Rhodobacter capsulatus inoculation in combination with graded levels of nitrogen fertilizer on growth and yield of rice in pots and lysimeter experiments*. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 15 (3): 393-395.
- ELLIOTT M.L., BROSCAT T.K., 2002. *Effects of a microbial inoculant on plant growth and rhizosphere bacterial populations of container-grown plants*. HortTechnology, 12 (2): 222-225.
- ERTANI A., SCHIAVON M., ALTISSIMO A., FRANCESCHI C., NARDI S., 2011. *Phenol-containing organic substances stimulate phenylpropanoid metabolism in Zea mays*. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 174(3): 496-503.
- 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(1-2): 145-158.
- ERTANI, A., CAVANI, L., PIZZEGHELLO, D., BRANDELLERO, E., ALTISSIMO, A., CIAVATTA, C., NARDI, S., 2009. *Biostimulant activity of two protein hydrolyzates in the growth and nitrogen metabolism of maize seedlings*. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 172(2): 237-244.
- FERRANTE A., PIAGGESI A., MARTINETTI L., 2011. *Trattamenti con acido gibberellico e biostimolante per favorire lo sviluppo di talee radicate di Camelia*. Bollettino dell'Agricoltura, Atti della Società Agraria di Lombardia, 3-4: 87-95.
- FERRANTE A., TRIVELLINI A., VERNIERI P., PIAGGESI A., 2013. *Application of Activwave® for improving the rooting of camelia cuttings*. Acta Hort. 1009: 213-218.
- GAJC-WOLSKA J., KOWALCZYK K., NOWECKA M., MAZUR K., METERA A., 2012. *Effect of organic-mineral fertilizers on the yield and quality of endive (Cichorium endivia L.)*. Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus, 11(3):189-200.
- GAJC-WOLSKA J., SPIZEWSKI T., GRABOWSKA A., 2013. *The effect of seaweed extracts on the yield and quality parameters of Broccoli (Brassica oleracea var. cymosa L.) in open field production*. Acta Hort., 1009: 83-89.
- GRABOWSKA A., KUNICKI E., SEKARA A., KALISZ A., WOJCIECHOWSKA R., 2012. *The effect of cultivar and biostimulant treatment on the carrot yield and its quality*. Vegetable Crops Research Bulletin, 77(1): 37-48.
- HAIDER M.W., AYYUB C.M., PERVEZ M.A., ASAD H.U., MANAN A., RAZA S.A., ASHRAF I., 2012. *Impact of foliar application of seaweed extract on growth, yield and quality of potato (Solanum tuberosum L.)*. Soil Environment, 31(2): 157-162.
- HAN H.S., LEE K.D., 2005. *Phosphate and potassium solubilizing bacteria effect on mineral uptake, soil availability and growth of eggplant*. Res. J. Agric. Biol. Sci., 1: 176-180.
- ISMAIL A.M., A.E. HALL, T.J., 1999. *Close allelic variation of a dehydrin gene cosegregates with chilling tolerance during*

- seedling emergence. Proc Natl Acad Sci U S A, 96: 13566–13570.
- KAUFFMAN G.L., KNEIVEL D.P., WATSCHKE T.L., 2007. *Effects of a biostimulant on the heat tolerance associated with photosynthetic capacity, membrane thermostability, and polyphenol production of perennial ryegrass*. Crop science, 47(1): 261-267.
- KIJNE J.W., 2006. *Abiotic stress and water scarcity: identifying and resolving conflicts from plant level to global level*. Field Crops Research 97(1): 3-18.
- KOBAYASHI M., HAQUE M.Z., 1971. *Contribution to nitrogen fixation and soil fertility by photosynthetic bacteria*. Plant and Soil, Special Volume: 443-456.
- KOBAYASHI M., KOBAYASHI M., 2001. *Roles of phototrophic bacteria and their utilization*. p. 11-26. In: H. Kojima and Y.K. Lee (eds.), Photosynthetic Microorganisms in Environmental Microbiology, Springer, Hong Kong.
- KUNICKI E., GRABOWSKA A., SEKARA A., WOJCIECHOWSKA R., 2010. *The effect of cultivar type, time of cultivation, and biostimulant treatment on the yield of spinach (Spinacia oleracea L.)*. Folia Hort., 22: 9-13.
- MAINI P., 2006. *The experience of the first biostimulant, based on amino acids and peptides: a short retrospective review on the laboratory researches and the practical results*. Fertilitas Agrorum, 1(1): 29-43.
- MARTIN C., ZHANG Y., TONELLI C., PETRONI K., 2013. *Plants, diet, and health*. Annu. Rev. Plant Biol. 64: 19–46.
- MARTINETTI L., SPARACINO A., FERRANTE A., ALLIEVI L., 2008. *Effect of a biofertiliser on the growth of poinsettia*. Acta Hort., 801: 1177-1182.
- MATTNER S.W., WITE D., RICHES D.A., PORTER I.J., ARIOLI T., 2013. *The effect of kelp extract on seedling establishment of broccoli on contrasting soil types in southern Victoria, Australia*. Biol. Agriculture Horticulture, 29(4): 258-270.
- MAUDINAS B., CHEMARDIN M., YOVANOVITCH E., GADAL P., 1981. *Gnotobiotic cultures of rice plants up to ear stage in the absence of combined nitrogen source but in the presence of free living nitrogen fixing bacteria Azotobacter vinelandii and Rhodospseudomonas capsulata*. Plant and Soil, 60: 85-97.
- MAZHAR A.A.M., SHEDEED S.I., ABDEL-AZIZ N.G., MAHGOUB M.H., 2012. *Growth, flowering and chemical constituents of Chrysanthemum indicum L. plant in response to different levels of humic acid and salinity*. J. Appl. Sci. Res., 8: 3697-3706
- MENA-PETITE A., LACUESTA M., MUNOZ-RUEDA A., 2006. *Ammonium assimilation in Pinus radiata seedlings: effects of storage treatments, transplanting stress and water regimes after planting under simulated field conditions*. Environ Exp Bot. 55(1-2):1-14.
- MIAO M., JIANG H., JIANG B., ZHANG T., CUI S. W., JIN Z., 2014. *Phytonutrients for controlling starch digestion: evaluation of grape skin extract*. Food chemistry, 145: 205-211.
- MORA V., BACAICOA E., ZAMARREÑO A.M., AGUIRRE E., GARNICA M., FUENTES M., GARCÍA-MINA J.M., 2010. *Action of humic acid on promotion of cucumber shoot growth involves nitrate-related changes associated with the root-to-shoot distribution of cytokinins, polyamines and mineral nutrients*. Journal of Plant Physiology, 167: 633- 642.
- NIKBAKHT A., KAFI M., BABALAR M., XIA Y.P., LUO A., ETEMADI N.A., 2008. *Effect of humic acid on plant growth, nutrient uptake, and postharvest life of gerbera*. Journal of Plant Nutrition, 31(12): 2155-2167.
- PARADIKOVIĆ N., VINKOVIĆ T., VINKOVIĆ VRČEK I., ŽUNTAR I., BOJIĆ M., MEDIĆ-ŠARIĆ M., 2011. *Effect of natural biostimulants on yield and nutritional quality: an example of sweet yellow pepper (Capsicum annum L.) plant*. J Sci Food Agric, 91: 2146-2152
- PARDO-GARCÍA AI, MARTÍNEZ-GIL AM, CADAHÍA E, PARDO F, ALONSO GL, SALINAS MR., 2014. *Oak extract application to grapevines as a plant biostimulant to increase wine polyphenols*. Food Research International, 55: 150-160.
- PETROZZA A., SANTANIELLO A., SUMMERERA S., DI TOMMASO G., DI TOMMASO D., PAPARELLI E., PIAGGESI P., PERATA P., CELLINI F., 2014. *Physiological responses to Megafol® treatments in tomato plants under drought stress: A phenomic and molecular approach*. Scientia Horticulturae, 174: 185–192.
- PETROZZA A., SUMMERER S., DI TOMMASO G., DI TOMMASO D., PIAGGESI A., 2013a. *Evaluation of the effect of Radifarm® treatment on the morpho-physiological characteristics of root systems via image analysis*. Acta Hort., 1009: 149-153.
- PETROZZA A., SUMMERER S., DI TOMMASO G., DI TOMMASO D., PIAGGESI A., 2013b. *An evaluation of tomato plant root development and morpho-physiological responses treated with VIVA® by image analysis*. Acta Hort., 1009: 155-159.
- PING X.Y., MING C.S., SHU Q.Z., 1994. *Effects of photosynthetic bacterium on plant growth and nutrition of rhizosphere in zinnia*. Advances in Horticulture, 1: 600-603.
- PRABHU M., KUMAR A.R., RAJAMANI K., 2010. *Influence of different organic substances on growth and herb yield of sacred basil (Ocimum sanctum L.)*. Indian J. Agric. Res., 44(1): 48-52.
- RAJARATHNAM S., SHASHIRAKHA M.N., MALLIKARJUNA S.E., 2013. *Status of bioactive compounds in foods, with focus on fruits and vegetables. Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, (in press).
- REA E., EPIFANI R., DI MATTIA E., 2013. *L'impiego di microrganismi in ortoflorofruitticoltura: tolleranza a stress abiotici ed efficienza d'uso delle risorse*. Italus Hortus, 20 (1): 45-59.
- RODRIGUEZ H., FRAGA R., GONZALES T., BASHAN Y., 2006. *Genetics of phosphate solubilization and its potential applications for improving plant growth-promoting bacteria*. Plant Soil, 287: 15-21.
- ROMERO A.M., CORREA O.S., MOCCIA S., RIVAS J.G., 2003. *Effect of Azospirillum-mediated plant growth promotion on the development of bacterial diseases on fresh-market and cherry tomato*. J. Appl. Microbiol., 95: 832-838.
- SACCO S.M., HORCAJADA M.N., OFFORD E., 2013. *Phytonutrients for bone health during ageing*. Brit. J. Clin. Pharmacol. 75: 697-707.
- SANTANIELLO A., GIORGI F.M., DI TOMMASO D., DI TOMMASO G., PIAGGESI A., PERATA P., 2013. *Genomic approaches to unveil the physiological pathways activated in Arabidopsis treated with plant-derived raw extracts*. Acta Hort., 1009: 161–174.
- SCHIAVON M., PIZZEGHELLO D., MUSCOLO A., VACCARO S., FRANCIOSO O., NARDI S., 2010. *High molecular size humic substances enhance phenylpropanoid metabolism in maize (Zea mays L.)*. J. Chem. Ecol. 36: 662–669.
- SINGH B., SATYANARAYANA T., 2011. *Microbial phytases in phosphorus acquisition and plant growth promotion*. Physiol. Mol. Biol. Plants, 17: 93-103.
- SPAEPEN S., VANDERLEYDEN J., OKON Y., 2009. *Plant growth-promoting actions of rhizobacteria*. Adv. Bot. Res., 51: 283-320.
- SPINELLI F., FIORI G., NOFERINI M., SPROCATI M., COSTA G., 2010. *A novel type of seaweed extract as a natural alternative to the use of iron chelates in strawberry production*. Sci. Hort., 125(3): 263-269.
- SRINATH J., BAGYARAJ D.J., SATYANARAYANA B.N. 2003. *Enhanced growth and nutrition of micropropagated Ficus benjamina to Glomus mosseae co-inoculated with Trichoderma harzianum and Bacillus coagulans*. World J. Microbiol. Biotechnol., 19: 69-72.
- TKALEC M., PARADIKOVIĆ N., ZELJKOVIĆ S., VINKOVIĆ T., 2012. *Influence of medium on growth and development of wild rose in vitro*. In International Conference on BioScience: Biotechnology and Biodiversity—Step in the Future—The Forth Joint UNS–PSU Conference.
- VERMA V.C., SINGH S.K., PRAKASH S., 2011. *Bio-control and*

- plant growth promotion potential of siderophore producing endophytic Streptomyces from Azadirachta indica* A. Juss. *J. Basic Microbiol.*, 51: 550-556.
- VERNIERI P., BORGHESI E., FERRANTE A., MAGNANI G., 2005a. *Application of biostimulants in floating system for improving rocket quality*. *J. Food Agri. Environ.* 3(3&4): 86-88.
- VERNIERI P., FERRANTE A., BORGHESI E., MAGNANI G., 2005b. *Piante fiorite di qualità con l'impiego di biostimolanti*. *L'Informatore Agrario*, 16: 57-60.
- VERNIERI P., BORGHESI E., TOGNONI F., SERRA G., FERRANTE A., PIAGGESI A., 2006a. *Use of biostimulants for reducing nutrient solution concentration in floating system*. *Acta Hort.* 718: 477-484.
- VERNIERI P., FERRANTE A., BORGHESI E., MUGNAI S., 2006b. *I biostimolanti: uno strumento per migliorare la qualità delle produzioni*. *Fertilitas Agrorum*, 1 (1): 17-22.
- VESSEY J.K., 2003. *Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers*. *Plant Soil*, 255: 571-586.
- VINKOVIĆ, T., PARADIKOVIĆ, N., PLAVŠIĆ, H., GUBERAC, V., LEVAL, L. 2007. *Maize and soybean seed vigour under influence of seed age, seed treatment and temperature in cold stress test*. *Cereal Research Communications*, 35: 1213-1216.
- YONG C.J., CHUL N.K., JU C.S., 1998. *Effects of seed immersion and bacterialization into peatmoss compost with culture solution of photosynthetic bacteria on the early growth of tomato plug seedlings*. *Journal of the Korean Society for Horticultural Science*, 39: 24-29.
- ZELJKOVIĆ S.B., PARADIKOVIĆ N.A., BABIĆ T.S., ĐURIĆ G.D., OLJAČA R.M., VINKOVIĆ T.M., TKALEC M.B., 2010a. *Influence of biostimulant and substrate volume on root growth and development of scarlet sage (Salvia splendens L.) transplants*. *Journal of Agricultural Sciences* 55(1): 29-36.
- ZELJKOVIĆ S., PARADIKOVIĆ N., TKALEC M., VINKOVIĆ T., ĐURIĆ G., OLJAČA R., 2010b. *Nutrient content and growth of begonia transplants (Begonia semperflorens L.) under the influence of biostimulant application*. *Sjemenarstvo* 27(1-2): 77-84.
- ZIOSI V., GIOVANNETTI G., VITALI F., DI NARDO A., PORRO, D., MACH, F.E., 2013. *SUNRED®, a botanical extract-based biostimulant, enhances polyphenols accumulation and improves quality of musts*. *Acta Hort.* (ISHS) 1009: 67-70.