

# Biostimolanti in agricoltura

## **COLLANA EDAGRICOLE UNIVERSITÀ & FORMAZIONE**

Agricoltura sostenibile [a cura di Michele Pisante]  
Microbiologia enologica [a cura di Giovanna Suzzi e Rosanna Tofalo]  
Igiene degli alimenti [a cura di Maria Schirone e Pierina Visciano]  
L'acqua in agricoltura [a cura di Marcello Mastrorilli]  
Difesa sostenibile in agricoltura [a cura di Paola Battilani]  
Fertilizzazione sostenibile [a cura di Carlo Grignani]  
Agricoltura di precisione [a cura di Raffaele Casa]  
Malattie delle piante ornamentali  
[Angelo Garibaldi, Domenico Bertetti, Stefano Rapetti, M. Lodovica Gullino]  
Biotecnologie Sostenibili  
[a cura di Massimo Galbiati, Alessandra Gentile, Stefano La Malfa, Chiara Tonelli]  
Oli e grassi [a cura di Giuliano Mosca]  
I biostimolanti in agricoltura [a cura di Antonio Ferrante]  
Gestione della qualità e conservazione dei prodotti ortofrutticoli [Giancarlo Colelli e Paolo Inglese]  
Politica agraria e di sviluppo rurale [a cura di Angelo Frascarelli]

### **DIRETTORE SCIENTIFICO**

Michele Pisante

### **COMITATO SCIENTIFICO**

Marco Acutis, Paolo Balsari, Paola Battilani, Marco Bindi, Raffaele Casa, Luisella Celi, Giancarlo Colelli, Guido D'Urso, Stefania De Pascale, Antonio Ferrante, Angelo Frascarelli, Dario Frisio, Massimo Galbiati, Alessandra Gentile, Carlo Grignani, Maria Lodovica Gullino, Paolo Inglese, Stefano La Malfa, Rosalba Lanciotti, Albino Maggio, Marcello Mastrorilli, Giuliano Mosca, Erasmo Neviani, Michele Perniola, Fabio Stagnari, Giovanna Suzzi, Rosanna Tofalo, Chiara Tonelli, Sandra Torriani, Giovanni Vannacci

# Biostimolanti in agricoltura

Presupposti scientifici e applicazioni pratiche

a cura di  
Antonio Ferrante



1ª edizione: novembre 2019



© Copyright 2019 by «Edagricole - Edizioni Agricole di New Business Media srl»  
via Eritrea 21 - 20157 Milano  
Redazione: Piazza G. Galilei, 6 - 40123 Bologna

Vendite: tel. 051/6575833; fax 051/6575999 - email: [libri.edagricole@newbusinessmedia.it](mailto:libri.edagricole@newbusinessmedia.it)  
[www.edagricole.it](http://www.edagricole.it)

5573

Proprietà letteraria riservata - printed in Italy

*La riproduzione con qualsiasi processo di duplicazione delle pubblicazioni tutelate dal diritto d'autore è vietata e penalmente perseguibile (art. II della legge 22 aprile 1941, n. 633). Quest'opera è protetta ai sensi della legge sul diritto d'autore e delle Convenzioni internazionali per la protezione del diritto d'autore (Convenzione di Berna, Convenzione di Ginevra). Nessuna parte di questa pubblicazione può quindi essere riprodotta, memorizzata o trasmessa con qualsiasi mezzo e in qualsiasi forma (fotomeccanica, fotocopia, elettronica, ecc.) senza l'autorizzazione scritta dell'editore. In ogni caso di riproduzione abusiva si procederà d'ufficio a norma di legge.*

Realizzazione grafica: Emmegi prepress, via F. Confalonieri, 36 – 20124 Milano  
Impianti e stampa: Casma Tipolito, via B. Provaglia, 3b/d - 40138 Bologna  
Finito di stampare nel novembre 2019

ISBN 978-88-506-5573-1

# Invito alla lettura

Che cosa dire di un libro che ha l'obiettivo di mettere ordine in una materia che, oltre a suscitare interesse scientifico, sta mobilitando, ormai da anni, sia le imprese produttrici di questi nuovi mezzi tecnici, sia gli agricoltori alla ricerca di spinte quanti-qualitative per i loro raccolti?

Si potrebbe dire, inizialmente, che si affronta l'argomento con un filo di scetticismo, che però scompare ben presto se si pensa al curatore del volume, che conosco - sin da quando era studente - come un valente studioso, oggi appassionato ricercatore e docente dell'Università di Milano.

Parlo di scetticismo perché provengo da una esperienza di ricerca che ha privilegiato, nell'ambito della fisiologia vegetale, l'individuazione precisa delle molecole coinvolte nella particolare manifestazione sulla quale si stava indagando. Con questa lunga esperienza sull'indagine a livello molecolare, si può ben capire l'iniziale scetticismo quando si ha a che fare con, tanto per fare un esempio, un «bioattivatore» come la Leonardite, definita «a elevato contenuto di acidi umici»: in altre parole, a composizione pressoché misteriosa.

I biostimolanti sono però oggi uno strumento a disposizione degli agricoltori che li usano sempre più per migliorare i loro raccolti. L'intera Europa fa ricorso a questi mezzi, come viene dimostrato dal Congresso Mondiale sui Biostimolanti che si terrà nei giorni 18-21 Novembre 2019 a Barcellona (Spagna), indirizzato principalmente alle industrie del settore ed ai ricercatori, al quale hanno già assicurato la loro presenza 1200 delegati di oltre 500 imprese del settore in rappresentanza di oltre 60 nazioni.

A fronte di una definizione generica dei biostimolanti, come quella data da uno dei principali ricercatori del settore, Patrick du Jardin, «qualsiasi sostanza o microrganismo applicato alle piante allo scopo di migliorare l'efficienza nutrizionale, la tolleranza agli stress abiotici e/o gli aspetti della qualità del raccolto, indipendentemente dal suo contenuto di elementi nutritivi» c'è anche un'analoga indeterminatezza sui *target* di questi prodotti, definiti nel Regolamento UE 2019/1009 all'art. 47, in grado di «stimolare i processi nutrizionali delle piante, indipendentemente dal livello di elementi nutritivi del prodotto con l'unico obiettivo di migliorare più caratteristiche delle piante o della loro rizosfera: a) efficienza dell'uso degli elementi nutritivi; b) tolleranza allo stress abiotico; c) caratteristiche qualitative; d) disponibilità di elementi nutritivi nel suolo e nella rizosfera».

Va detto a questo proposito che, anche come ricordano gli autori di uno dei capitoli di questo libro, il *Farm Bill* USA del 2018 propone una definizione di tipo funzionale: i biostimolanti sono strumenti che non sono fertilizzanti, ma servono a fronteggiare criticità ambientali (scarsità di acqua, eccesso di salinità dei suoli, stress abiotici in generale) comportando una riduzione di impiego di altri tradizionali mezzi tecnici. Essi provengono dai più diversi materiali: funghi e batteri benefici, sostanze umiche, composti azotati (tipo idrolizzati proteici), estratti di alghe; chitosani e altri biopolimeri.

In un primo momento stupiva la benefica influenza di queste sostanze su molte colture; oggi non sorprende più e, anzi, è accertato il loro ruolo positivo. Si tratta però, come affermano quasi tutti gli autori del libro, di sfidare la ricerca individuando le molecole (probabilmente più di una e ad azione convergente) attive nelle più diverse matrici e dissezionare la catena di eventi del meccanismo di azione, ancora in gran parte ignoto.

Che questo sia possibile è ottimamente dimostrato da alcuni gruppi attivi su questo piano; se è vero infatti che i meccanismi di azione dei biostimolanti sono in gran parte sconosciuti, è anche vero che non si possono ignorare importanti tentativi fatti in questo senso. Si è fatto bene a sottolineare come importanti passi siano stati compiuti mediante metodi di analisi non-supervisionata (i test supervisionati sono quelli che evidenziano tutte le azioni del prodotto sulla pianta).

## Invito alla lettura

Un passo importante si è fatto quando si è dedotto che l'azione di un biostimolante si esplica mediante una modifica dell'espressione genica della pianta. Come dicono gli autori, si ottiene una «fotografia molecolare» dell'azione del biostimolante sui singoli processi della pianta. In Italia è ormai dal 2012 che si usa la tecnica del *microarray* in questo campo, arrivando a evidenziare che un biostimolante può modulare l'espressione anche di 4000 geni (1700 *up* e più di 2000 *down*) variamente coinvolti nella risposta allo stress, nella trasduzione del segnale, nel metabolismo dei carboidrati, nel trasporto e nel metabolismo delle proteine.

Se per l'uso dei *microarray* è indispensabile la disponibilità del sequenziamento della specie vegetale studiata, con le nuove tecniche NGS (*Next Generation Sequencing*) ciò non è più necessario, in quanto è possibile il sequenziamento dei trascritti.

Comunque, rimangono alcuni problemi aperti, ad esempio l'identificazione delle singole molecole bioattive presenti nei biostimolanti.

Vorrei chiudere questa mia nota ricordando che la parte finale del testo riporta una interessante disamina dell'uso dei biostimolanti sulle principali colture orto-frutticole.

Finalmente gli agricoltori, le aziende produttrici e la comunità scientifica possiedono un testo che propone un aggiornato stato dell'arte utile per comprendere questi nuovi strumenti, uscendo da un diffuso scetticismo, ma riportando quanto è stato fatto e quanto ancora si deve fare per capire e gestire al meglio.

E se qualche scettico, come io ero, guarderà questo ambito con rinnovato interesse, il testo avrà svolto non solo informazione, ma una vera e propria *paideia*.

**Amedeo Alpi**

*Presidente Sezione Centro-Ovest Accademia dei Georgofili*

# Gli Autori

**Carlo Andreotti**

Libera Università di Bolzano

**Aldo Calcante**

DiSAA - Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali, Università degli Studi di Milano

**Antonio Cellini**

Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari (DISTAL), Alma Mater Studiorum - Università di Bologna

**Claudio Ciavatta**

Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari (DISTAL), Alma Mater Studiorum - Università di Bologna

**Stefania De Pascale**

Dipartimento di Agraria, Università degli Studi di Napoli Federico II

**Irene Donati**

Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari (DISTAL), Alma Mater Studiorum - Università di Bologna

**Andrea Ertani**

Dipartimento di Agronomia, Animali, Alimenti, Risorse Naturali e Ambiente (DAFNAE), Università degli Studi di Padova

**Arianna Facchi**

DiSAA - Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali, Università degli Studi di Milano

**Antonio Ferrante**

DiSAA - Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali, Università degli Studi di Milano

**Alessandra Francini**

BioLabs, Istituto di Scienze della Vita della Scuola Superiore Sant'Anna, Pisa

**Tommaso Frioni**

Dipartimento di Scienze delle Produzioni vegetali Sostenibili, Università Cattolica del Sacro Cuore, Piacenza

**Angelica Galieni**

Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria (CREA), Centro di Ricerca Orticoltura e Florovivaismo, Monsampolo del Tronto (AP)

**Andrea Giro**

Dipartimento di Agronomia, Animali, Alimenti, Risorse Naturali e Ambiente (DAFNAE), Università degli Studi di Padova

## **Gli Autori**

### **Chiara Manoli**

Vice-chair Task Force Italia EBIC (European Biostimulants Industry Council) e Vice President ECOFI (European Consortium of Organic-based Fertilizer Industry)

### **Luigi Mariani**

Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali – Produzione, Territorio, Agroenergia. Università degli Studi di Milano, Museo Lombardo di Storia dell'Agricoltura, Castello "Bolognini"

### **Daniele Massa**

Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria (CREA), Centro di Ricerca Orticoltura e Florovivaismo, Pescia (PT)

### **Serenella Nardi**

Dipartimento di Agronomia, Animali, Alimenti, Risorse Naturali e Ambiente (DAFNAE), Università degli Studi di Padova

### **Roberto Oberti**

DiSAA - Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali, Università degli Studi di Milano

### **Giancarlo Pagnani**

Facoltà di Bioscienze e Tecnologie Agroalimentari e Ambientali, Università degli Studi di Teramo

### **Antonio Pannico**

Dipartimento di Agraria, Università degli Studi di Napoli Federico II

### **Pierdomenico Perata**

PlantLab, Istituto di Scienze della Vita, Scuola Superiore Sant'Anna, Pisa

### **Michele Pisante**

Facoltà di Bioscienze e Tecnologie Agroalimentari e Ambientali, Università degli Studi di Teramo

### **Stefano Poni**

Dipartimento di Scienze delle Produzioni vegetali Sostenibili, Università Cattolica del Sacro Cuore, Piacenza

### **Paolo Sambo**

Dipartimento di Agronomia, Animali, Alimenti, Risorse Naturali e Ambiente (DAFNAE), Università degli Studi di Padova

### **Daniela Sangiorgio**

Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari (DISTAL), Alma Mater Studiorum - Università di Bologna

### **Antonietta Santaniello**

Valagro SpA, PlantLab, Istituto di Scienze della Vita, Scuola Superiore Sant'Anna, Pisa

### **Andrea Scartazza**

Istituto di Ricerca sugli Ecosistemi Terrestri (IRET), Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR)

### **Michela Schiavon**

Dipartimento di Agronomia, Animali, Alimenti, Risorse Naturali e Ambiente (DAFNAE), Università degli Studi di Padova

### **Sebastian Soppelsa**

Libera Università di Bolzano

### **Francesco Spinelli**

Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari (DISTAL), Alma Mater Studiorum - Università di Bologna

### **Fabio Stagnari**

Facoltà di Bioscienze e Tecnologie Agroalimentari e Ambientali, Università degli Studi di Teramo

### **Alice Trivellini**

Istituto di Scienze della vita, Scuola Superiore Sant'Anna, Pisa

# Indice generale

|   |      |     |
|---|------|-----|
| Invito alla lettura .....   | Pag. | V   |
| Gli Autori .....  | "    | VII |
| <br>  |      |     |
| <b>PARTE GENERALE</b> .....   | "    | 1   |
| <br>  |      |     |
| <b>1. Origine storica ed evoluzione dei biostimolanti in agricoltura</b> (L. Mariani).....  | "    | 3   |
| 1.1 Alcune riflessioni in chiave storica .....  | "    | 3   |
| 1.2 L'uomo e il letame .....  | "    | 3   |
| 1.3 L'uomo e le alghe .....   | "    | 4   |
| 1.4 Biostimolanti, nascita ed evoluzione del termine.....   | "    | 6   |
| 1.5 L'approccio scientifico al tema dei biostimolanti.....  | "    | 7   |
| Bibliografia .....  | "    | 8   |
| <br>  |      |     |
| <b>2. Definizione, classificazione e regolamentazione dei biostimolanti delle piante</b><br>(C. Ciavatta, C. Manoli).....   | "    | 9   |
| 2.1 Introduzione .....  | "    | 9   |
| 2.2 Definizione di biostimolante per le piante .....  | "    | 9   |
| 2.3 Classificazione dei biostimolanti delle piante .....  | "    | 10  |
| 2.4 Inquadramento normativo dei biostimolanti delle piante.....   | "    | 11  |
| 2.4.1 L'attuale inquadramento normativo in Italia .....   | "    | 11  |
| 2.4.1.1 Definizione normativa nazionale.....  | "    | 11  |
| 2.4.1.2 Commercializzazione e vigilanza dei prodotti immessi sul mercato.....   | "    | 11  |
| 2.4.1.3 I prodotti biostimolanti in Italia.....   | "    | 13  |
| 2.4.2 L'inquadramento normativo in Europa .....   | "    | 13  |
| 2.4.2.1 I Regolamenti (CE) n. 2003/2003 e (UE) 2019/1009.....   | "    | 13  |
| 2.4.2.2 Il nuovo Regolamento (UE) 2019/1009 sui prodotti fertilizzanti .....  | "    | 16  |
| 2.5 Prodotti biologicamente attivi non classificabili come biostimolanti: corroboranti<br>e induttori di resistenza .....   | "    | 18  |
| 2.5.1 Corroboranti .....  | "    | 18  |
| 2.5.2 Induttori di resistenza .....   | "    | 23  |
| 2.6 Note conclusive .....   | "    | 25  |
| Bibliografia .....  | "    | 25  |
| Legislazione .....  | "    | 26  |
| Sitografia .....  | "    | 27  |
| <b>Appendice 2</b> - Estratto da Prodotti fertilizzanti recanti la marcatura UE.....  | "    | 28  |
| <br>  |      |     |
| <b>3. Principali composti ad azione biologica nei biostimolanti: tecniche analitiche<br/>per la caratterizzazione, biosaggi e confronto con i fertilizzanti di sintesi</b><br>(A. Ertani, M. Schiavon, S. Nardi)..... | "    | 31  |
| 3.1 Introduzione .....  | "    | 31  |

## Indice generale

|           |  |      |    |
|-----------|--|------|----|
| 3.2       | Biosaggi.....  | Pag. | 34 |
|           | Bibliografia .....   | "    | 37 |
| <b>4.</b> | <b>I meccanismi di azione dei biostimolanti nella pianta</b>   |      |    |
|           | (A. Santaniello, A. Scartazza, P. Perata).....   | "    | 39 |
| 4.1       | Introduzione .....   | "    | 39 |
| 4.2       | Biostimolanti e molecole biologicamente attive .....   | "    | 40 |
| 4.3       | Metodi per la definizione del meccanismo di azione: la rivoluzione genomica.....   | "    | 41 |
| 4.4       | Metodi per la definizione del meccanismo di azione: fotosintesi, stress e produttività.....  | "    | 44 |
| 4.5       | Metodi per la definizione del meccanismo di azione: la fenomica .....  | "    | 48 |
| 4.6       | Conclusioni .....  | "    | 49 |
|           | Bibliografia .....   | "    | 49 |
| <b>5.</b> | <b>Utilizzo di biostimolanti microbici per mitigare gli stress abiotici enfatizzati dai cambiamenti climatici (D. Sangiorgio, A. Cellini, I. Donati, F. Spinelli).....</b> | "    | 51 |
| 5.1       | Introduzione .....   | "    | 51 |
| 5.2       | I biostimolanti microbici .....  | "    | 52 |
| 5.3       | Applicazione dei biostimolanti agli stress ambientali .....  | "    | 53 |
|           | 5.3.1 Stress termici .....   | "    | 54 |
|           | 5.3.2 Stress idrici.....   | "    | 57 |
|           | 5.3.3 Precipitazioni intense, alluvioni e ristagni idrici .....  | "    | 60 |
| 5.4       | Limitazioni e prospettive future.....  | "    | 60 |
| 5.5       | Conclusioni.....   | "    | 61 |
|           | Bibliografia .....   | "    | 62 |
| <b>6.</b> | <b>Effetto dei biostimolanti nel suolo e interazione con la rizosfera</b>  |      |    |
|           | (S. De Pascale, A. Pannico).....   | "    | 65 |
| 6.1       | Generalità.....  | "    | 65 |
| 6.2       | Biodisponibilità dei nutrienti nel suolo.....  | "    | 65 |
| 6.3       | Assorbimento dei nutrienti.....  | "    | 67 |
| 6.4       | Assimilazione dei nutrienti.....   | "    | 68 |
| 6.5       | Grandi potenzialità per la nutrizione .....  | "    | 69 |
|           | Bibliografia .....   | "    | 70 |
| <b>7.</b> | <b>I biostimolanti, effetto sulla resa e la qualità dei prodotti</b>   |      |    |
|           | (F. Stagnari, G. Pagnani, A. Galieni, M. Pisante).....   | "    | 73 |
| 7.1       | Introduzione .....   | "    | 73 |
| 7.2       | Effetti diretti ed indiretti sull'accrescimento .....  | "    | 73 |
| 7.3       | Risposta agronomica delle colture: sviluppo, incrementi produttivi .....   | "    | 75 |
| 7.4       | Qualità delle produzioni.....  | "    | 76 |
| 7.5       | Conclusioni e prospettive future .....   | "    | 77 |
|           | Bibliografia .....   | "    | 77 |
| <b>8.</b> | <b>I biostimolanti e gli stress abiotici (A. Francini, A. Ferrante) .....</b>  | "    | 79 |
| 8.1       | Introduzione .....   | "    | 79 |
| 8.2       | Biostimolanti e stress da alta e bassa irradianza .....  | "    | 79 |
| 8.3       | Biostimolanti e basse temperature.....   | "    | 80 |
| 8.4       | Biostimolanti e stress salino.....   | "    | 82 |
| 8.5       | Biostimolanti e stress idrico.....   | "    | 83 |
| 8.6       | Biostimolanti e carenze nutrizionali .....   | "    | 83 |
| 8.7       | Conclusioni .....  | "    | 84 |
|           | Bibliografia .....   | "    | 85 |
| <b>9.</b> | <b>I biostimolanti nella ricerca agronomica: approccio sperimentale per la caratterizzazione funzionale (A. Ferrante, A. Francini).....</b>                                | "    | 87 |

|                             |  |      |     |
|-----------------------------|--|------|-----|
| 9.1                         | Biostimolanti e agronomia .....  | Pag. | 87  |
| 9.2                         | Valutazione dei biostimolanti mediante prove agronomiche .....   | "    | 87  |
| 9.2.1                       | Analisi di crescita della coltura trattata con biostimolante .....   | "    | 88  |
| 9.3                         | Ricerca e sperimentazione per la caratterizzazione dei biostimolanti .....   | "    | 89  |
| 9.3.1                       | Effetto del biostimolante sul metabolismo primario e secondario .....  | "    | 89  |
| 9.3.2                       | Caratterizzazione della composizione del biostimolante e standardizzazione<br>delle procedure di produzione .....  | "    | 91  |
| 9.3.3                       | Caratterizzazione del biostimolante in funzione delle risposte delle colture e<br>identificazione degli effetti prodotti e riproducibili .....                                       | "    | 92  |
| 9.3.4                       | Modalità di applicazione, tempistica e dosi di applicazione .....  | "    | 93  |
| 9.4                         | Conclusioni .....  | "    | 93  |
|                             | Bibliografia .....   | "    | 93  |
| <b>PARTE SPECIALE</b> ..... |  | "    | 95  |
| <b>10</b>                   | <b>Tecniche di applicazione dei biostimolanti</b> (R. Oberti, A. Facchi, A. Calcante) .....  | "    | 97  |
| 10.1                        | Modalità di applicazione alle colture .....  | "    | 97  |
| 10.1.1                      | Dose di applicazione e volume distribuito .....  | "    | 97  |
| 10.2                        | Applicazioni fogliari .....  | "    | 97  |
| 10.2.1                      | Caratteristiche dello spray e qualità dei trattamenti .....  | "    | 97  |
| 10.2.2                      | Classificazione dimensionale degli spray e relazione col volume di distribuzione .....   | "    | 98  |
| 10.2.3                      | L'irroratrice: la macchina per le applicazioni fogliari .....  | "    | 99  |
| 10.2.4                      | Gli ugelli di distribuzione .....  | "    | 101 |
| 10.2.5                      | Specificità dei trattamenti di applicazione fogliare nei diversi tipi di colture .....   | "    | 102 |
| 10.2.6                      | Esempio di applicazione fogliare .....   | "    | 103 |
| 10.3                        | Applicazioni su terreno con acqua irrigua .....  | "    | 104 |
| 10.3.1                      | Microirrigazione e fertirrigazione .....   | "    | 104 |
| 10.3.2                      | L'impianto di distribuzione .....  | "    | 105 |
| 10.3.3                      | Dispositivi iniettori .....  | "    | 106 |
| 10.3.4                      | Gli erogatori .....  | "    | 107 |
| 10.3.5                      | Esempio di applicazione con microirrigazione .....   | "    | 108 |
|                             | Bibliografia .....   | "    | 108 |
| <b>11</b>                   | <b>Uso dei biostimolanti in frutticoltura</b> (C. Andreotti, S. Soppelsa) .....  | "    | 109 |
| 11.1                        | Introduzione .....   | "    | 109 |
| 11.2                        | Effetti di alcuni biostimolanti sull'accrescimento vegetativo e la resa di piante da frutto .....  | "    | 109 |
| 11.3                        | Uso dei biostimolanti in frutticoltura per il miglioramento della qualità dei frutti<br>alla raccolta e durante la conservazione .....   | "    | 111 |
| 11.4                        | L'impiego dei biostimolanti per aumentare la tolleranza dei sistemi arborei produttivi<br>nei confronti di stress abiotici riconducibili al fenomeno del cambiamento climatico ..... | "    | 114 |
| 11.4.1                      | Stress idrici .....  | "    | 114 |
| 11.4.2                      | Carenze nutrizionali .....   | "    | 117 |
| 11.4.3                      | Stress da eccessiva salinità .....   | "    | 117 |
| 11.4.4                      | Stress da temperature estreme ed eccessiva intensità luminosa .....  | "    | 118 |
|                             | Bibliografia .....   | "    | 120 |
| <b>12</b>                   | <b>Utilizzo di biostimolanti in viticoltura</b> (T. Frioni, S. Poni) .....   | "    | 123 |
| 12.1                        | La moderna prospettiva del viticoltore al crocevia tra competitività e sostenibilità .....   | "    | 123 |
| 12.2                        | Utilizzo di biostimolanti per migliorare la tolleranza della vite a stress abiotici .....  | "    | 123 |
| 12.3                        | Utilizzo di biostimolanti per migliorare la produttività del vigneto .....   | "    | 126 |
| 12.4                        | Utilizzo di biostimolanti per migliorare la qualità delle uve .....  | "    | 127 |
|                             | Bibliografia .....   | "    | 134 |
| <b>13</b>                   | <b>Applicazione dei biostimolanti in orticoltura</b> (A. Giro, P. Sambo) .....   | "    | 135 |

## Indice generale

|           |  |              |
|-----------|--|--------------|
| 13.1      | Introduzione .....   | Pag. 135     |
| 13.2      | Campi di applicazione.....   | " 135        |
| 13.3      | Uso di biostimolanti batterici promotori della crescita (PGPR) e di funghi micorrizici .....                 | " 138        |
| 13.4      | Uso di acidi umici e fulvici .....   | " 139        |
| 13.5      | Applicazione dei biostimolanti nelle coltivazioni idroponiche .....  | " 140        |
| 13.6      | Conclusioni .....  | " 141        |
|           | Bibliografia .....   | " 141        |
| <b>14</b> | <b>Applicazione dei biostimolanti nel florovivaismo (D. Massa, A. Trivellini).....</b>                       | <b>" 143</b> |
| 14.1      | Introduzione .....   | " 143        |
| 14.2      | Biostimolanti per migliorare la propagazione, la crescita e la nutrizione di specie<br>florovivaistiche..... | " 145        |
| 14.2.1    | Sostanze umiche.....   | " 146        |
| 14.2.2    | Microrganismi promotori della crescita .....   | " 147        |
| 14.2.3    | Funghi micorrizici arbuscolari .....   | " 147        |
| 14.2.4    | Chitina e derivati del chitosano .....   | " 147        |
| 14.2.5    | Silicio .....  | " 148        |
| 14.2.6    | Idrolizzati proteici.....  | " 148        |
| 14.3      | Biostimolanti utili per aumentare la tolleranza agli stress abiotici.....                                    | " 148        |
| 14.3.1    | Funghi micorrizici arbuscolari .....   | " 149        |
| 14.3.2    | Silicio .....  | " 149        |
| 14.3.3    | Rizobatteri promotori della crescita .....   | " 149        |
| 14.3.4    | Estratti di alghe.....   | " 150        |
| 14.4      | Biostimolanti per migliorare qualità e post-raccolta del prodotto finale .....                               | " 150        |
|           | Bibliografia .....   | " 152        |

---

# PARTE GENERALE

---



# 1 Origine storica ed evoluzione dei biostimolanti in agricoltura

## Luigi Mariani

### 1.1 Alcune riflessioni in chiave storica

Il concetto di biostimolante è di origine assai recente, il che non preclude però una riflessione storica più ampia su tali sostanze sulla scorta dell'evidenza generale secondo cui in agricoltura l'uomo progredisce potenziando quanto ha osservato in natura, per cui ad esempio l'irrigazione nasce probabilmente dall'osservazione del rigoglio che presenta la vegetazione spontanea in vicinanza dei corsi d'acqua durante la stagione arida.

Alcune riflessioni più specifiche in tal senso si possono fare con riferimento all'uso di due sostanze, il letame e le alghe, che all'effetto fertilizzante, correttivo e ammendante associano secondo la bibliografia più recente un significativo effetto biostimolante.

### 1.2 L'uomo e il letame

Il letame è tradizionalmente considerato il concime organico per eccellenza, come forse attesta il suo stesso nome che deriverebbe dalla sua attitudine ad allietare i campi. Il letame è costituito dalla miscelanza di deiezioni animali e residui della lettiera dei bovini (soprattutto paglie di cereali) che hanno subito fermentazione più o meno spinta in stalla e in letamaia. Per comprendere da cosa derivi la coscienza dell'essenzialità del letame occorre riflettere sul fatto che fin dalle sue origini, *Homo sapiens* presta attenzione alle feci di animali selvatici (erbivori come vacche, stambecchi, gazzelle, capibara o predatori come lupi e leoni) per rilevanti fini pratici (caccia o difesa dai grandi carnivori). Tale fenomeno è testimoniato dal comportamento delle moderne popolazioni di cacciatori-raccoglitori. I nostri antenati osservavano anche le erbe estremamente verdi e rigogliose che si sviluppavano nelle vicinanze di feci

animali. L'ovvia deduzione era che le feci migliorassero il vigore delle piante.

Occorre altresì considerare che nel Paleolitico le discariche di rifiuti domestici venivano tradizionalmente collocate fuori dagli accampamenti per ragioni igieniche. Queste discariche, ricche di escrementi umani e animali, semi e organi di propagazione di piante e vari rifiuti, erano teatro dello sviluppo di una vegetazione lussureggiante con diverse specie eduli, erbacee, arbustive e arboree.

Questa vasta gamma di osservazioni, in cui i nostri antenati erano abilissimi vivendo a costante contatto con l'ambiente naturale, fu poi tradotta in regole operative dopo la nascita dell'agricoltura e da queste regole derivò probabilmente anche quella visione rizocentrica per cui rifornire il terreno di acqua e nutrienti significa nutrire le piante. Tale visione trovò la sua esaltazione nel vitalismo che in agricoltura si è chiamato umismo e secondo il quale (a) sussisterebbero barriere insormontabili fra mondo inorganico ed organico e (b) le piante attingerebbero dal terreno la sostanza organica che a loro abbisogna. L'umismo fu superato alla fine del XVIII secolo grazie alla formulazione della legge degli equilibri di reazione da parte di Lavoisier, che diede il via alle scoperte dei grandi agrochimici ottocenteschi fra cui quelle di De Saussure (nutrizione carbonica atmosferica), Wohler (sintesi della prima molecola organica, l'urea), Liebig (nutrizione fosfatica, apporto azotato dall'atmosfera), Lawes e Gilbert (nutrizione azotata).

Se la dottrina dell'umismo era oltremodo riduttiva, altrettanto riduttivo è trascurare il fatto che le piante superiori vivono in simbiosi con la microflora e la microfauna che allignano nella rizosfera e nella chioma delle piante. Tali simbiosi si sono sviluppate nei 500 milioni di anni in cui le piante superiori vivono sulle terre emerse e fra di esse ricordiamo:

## 1. Origine storica ed evoluzione dei biostimolanti in agricoltura

- quella fra leguminose e rizobi nei noduli radicali<sup>1</sup>, per cui una leguminosa che venga seminata in un suolo privo dei rizobi simbiotici non riesce a sopravvivere alle proprie esigenze in azoto;
- le micorrizze intese come simbiosi fra ife fungine e alghe che rendono l'organismo che ne risulta in grado di adattarsi ad ambienti estremi (rocce, cortecce di alberi, ecc.).

Da tali simbiosi derivano molteplici effetti ancora in larga misura da indagare e la cui conoscenza ed eventuale promozione potrebbe rivelarsi essenziale per vincere le sfide future legate alla sicurezza alimentare globale e alla sostenibilità.

Analogamente le molecole inorganiche e organiche presenti nel terreno costituiscono per i vegetali fonti di materia e informazione con meccanismi che solo in parte sono stati compresi. Da questo punto di vista è interessante osservare che l'effetto del letame non si può ridurre a quello di apporto di elementi nutritivi (azoto, fosforo, potassio, macroelementi secondari e microelementi), di correttivo (azione sulle proprietà chimiche) e di ammendante (azione sui caratteri fisici) ma è senza dubbio più ampia avendo un effetto biostimolante legato in particolare agli acidi umici di cui il letame è una interessante fonte (Nagasawa *et al.*, 2015) e la cui presenza può essere ad esempio incrementata a seguito di compostaggio su lettiere di lombrichi (Canellas *et al.*, 2015).

L'effetto positivo del letame su quantità e qualità delle produzioni agricole era ben noto agli antichi come si può cogliere da questa citazione dall'Odissea di Omero (libro XVII, versi 290-301) in cui nel famoso episodio del cane Argo si parla del letame usato per concimare le terre di Ulisse nella pietrosa isola di Itaca.

*Mentre questo dicevano tra loro, un cane  
che stava lì disteso, alzò il capo e le orecchie.  
Era Argo, il cane di Odisseo, che un tempo  
egli stesso allevò e mai poté godere nelle cacce,  
perché assai presto partì l'eroe per la sacra Ilio.  
Già contro i cervi e le lepri e le capre selvatiche  
lo spingevano i giovani; ma ora, lontano dal padrone,  
giaceva abbandonato sul letame di buoi e muli  
che presso le porte della reggia era raccolto,  
fin quando i servi lo portavano sui campi  
a fecondare il vasto podere di Odisseo.*

Al riguardo rammentiamo che l'Odissea fu redatta nell'VIII secolo a.C. ma si riferisce a vicende acca-

<sup>1</sup> Tali rizobi attingono azoto dall'atmosfera cedendolo alla pianta da cui ricavano i carboidrati e gli altri elementi necessari per la propria sopravvivenza.

dute alcune centinaia di anni prima, nell'Età del Bronzo.

L'importanza del letame fu poi riaffermata dagli agronomi romani (ad esempio Varrone<sup>2</sup>, Catone, Columella) e costantemente ribadita dagli agronomi fino ad oggi. Ad esempio Camillo Tarello da Lonato (1513-1573) nel suo trattato *Ricordo di agricoltura* scriveva che "Il letame è ristoro della terra stanca" proponendo ben duecento anni prima della diffusione della rivoluzionaria rotazione di Norfolk, una rotazione culturale quadriennale che vedeva la presenza del trifoglio violetto (*Trifolium pratense* L.) che aumentava la fertilità sia apportando azoto assorbito dall'atmosfera attraverso i rizobi (fatto questo che Tarello ovviamente ignorava) sia andando a costituire un eccellente alimento per il bestiame, che in tal modo produceva più letame da utilizzare per incrementare la fertilità.

Come più sopra accennato, i padri ottocenteschi dell'agrochimica hanno dato un contributo fondamentale alla conoscenza della nutrizione delle piante e i loro studi sono stati poi il fondamento della rivoluzione verde del ventesimo secolo. Tuttavia, l'atteggiamento di questi studiosi nei confronti del letame fu spesso riduttivo: riconoscevano la sua funzione di arricchire in humus e migliorare la struttura del suolo ma al contempo enfatizzavano il limitato apporto nutritivo per le piante rispetto ai concimi chimici di sintesi (il che è sostanzialmente vero per azoto, fosforo e potassio).

In ogni caso per il letame dividere gli effetti fertilizzanti/correttivi/ammendanti da quello biostimolante è oggi una sfida importante e lo stesso ragionamento vale per i terricciati o per le alghe, a lungo usate nelle zone costiere con lo stesso scopo del letame.

### 1.3 L'uomo e le alghe

Una traccia che ci porta alle radici del rapporto fra l'uomo e le alghe viene dal Paleolitico sudamericano. Lì infatti i primi abitanti, giunti in America attraverso lo stretto di Bering che durante la glaciazione di Wurm si mutò in un istmo, facevano uso di alghe per scopi alimentari come attestano reperti archeologici peruviani risalenti a 14.000 anni fa (Dillehay *et al.*, 2008). Le prime documentazioni scritte del consumo di alghe come cibo sono reperibili in Cina nel 300 d.C. (Wells *et al.*, 2017) e in Europa in un

<sup>2</sup> Secondo Varrone in villa occorre avere una letamaia suddivisa in due parti, in una delle quali si trasporterà il nuovo letame raccolto mentre dall'altra si leverà il vecchio concime per spanderlo nel campo. Tutto questo perché il letame nuovo non è buono per la terra.



**Figura 1.1** - Alga oceanica *Palmaria palmata* in una foto scattata ad Arcachon (Francia) (foto dell'autore).

poema religioso del 563 d.C. attribuito al santo irlandese Columba di Iona (521-597) (Kenicer *et al.*, 2000).

Il maggiore agronomo romano, Lucio Giunio Moderato Columella, ci offre invece la più antica documentazione scritta dell'uso delle alghe come concime. Infatti Columella nel libro XI del *De re rustica* scrive che

*...Brassica quom foliorum VI erit transferri debet ita ut radix ejus liquido fimo prius illita et involuta tribus algae taeniolis pangatur haec enim res efficit ut in coctura celerius madescat et viridem colorem sine nitro conservet...*

Ossia: "Quando il cavolo avrà sei foglie si trapiante-  
rà dopo averne coperto la radice con tre benderelle  
di alghe, il cui effetto sarà che nella cottura il cavo-  
lo si ammorbidirà più presto mantenendo il proprio  
color verde senza far ricorso al nitro". Lo stesso con-  
cetto sarà anche richiamato da Plinio il vecchio nel  
suo *Naturalis Historia* (XIX, 41) (Gottlob Schneider, a  
cura di, 1846).

Giova inoltre rammentare che nelle aree costiere  
dell'oceano atlantico (Bretagna, Irlanda, ecc.), l'in-  
terramento di alghe per migliorare la fertilità dei ter-  
reni è una tradizione secolare. In tali aree infatti la  
scarsa disponibilità di concimi organici di origine  
animale spinse all'uso delle alghe per migliorare la  
fertilità dei terreni come attesta ad esempio il docu-  
mentario a sfondo etnografico del 1935 "l'Uomo di  
Aran" di Flaherty, ambientato per l'appunto sull'iso-  
la di Aran, al largo delle coste occidentali dell'Irlanda.  
In esso viene illustrato l'uso di *Palmaria palmata*  
(*Dulse o dillisk* in inglese, *creathnach* in gaelico irlan-  
dese, *söl* in Islanda), alga edule (Fig. 1.1) utilizzata

anche nell'alimentazione umana, nella preparazione  
del terreno per la coltivazione della patata (Ireland  
cultural heritage, 2018). Tale uso fu poi gradual-  
mente abbandonato anche a seguito della diffusione  
dei concimi di sintesi. Tuttavia, in anni più recenti  
si sta osservando una inversione di tendenza, che  
tuttavia non si lega più all'uso diretto delle alghe  
quanto all'uso di estratti di diverse tipologie. In par-  
ticolare, l'inversione di tendenza fu spinta dal depo-  
sito del brevetto di un processo di liquefazione delle  
alghe avvenuta nel 1952 con la conseguente creazio-  
ne delle prime industrie per la produzione di estratti  
di alghe avvenuta in Gran Bretagna negli anni '50.  
In Australia invece la prima industria (Tasbond Pty  
Ltd.) per produrre estratti liquidi organici di alghe  
fu formalmente registrata nel 1970 e nel 1974 mise  
sul mercato il primo estratto organico liquido deno-  
minato Seasol (Arioli *et al.*, 2015). Gli estratti acquo-  
si di alghe divennero in tal modo i primi prodotti  
biostimolanti applicati a piante superiori o a loro  
organi con lo scopo di accrescerne la produttività  
tramite applicazioni al terreno o alle chiome (Van  
Oosten *et al.*, 2017). Secondo FAO una grande quan-  
tità di alghe marine è oggi usata per produrre biosti-  
molanti utilizzati in agricoltura (FAO, 2006; Bulgari  
*et al.*, 2015). Più spesso si utilizzano le macro-alghe<sup>3</sup>  
e fra queste le alghe brune sono quelle più utilizza-  
te come materia prima per i biostimolanti, poiché  
sarebbero in grado di conferire alle piante trattate la  
tolleranza agli stress abiotici (elevata salinità, sicci-  
tà, carenze nutrizionali) (Rouphael *et al.*, 2018). Fra

<sup>3</sup> Le macroalghe comprendono circa 10000 specie raggruppate nelle tre classi delle alghe verdi, rosse e brune.

## 1. Origine storica ed evoluzione dei biostimolanti in agricoltura

Tabella 1.1 - Cenni di tassonomia dei biostimolanti.

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| <b>Fonti</b>                  | alghe, rifiuti alimentari, compost, letame, liquami, vermicompost, rifiuti di acquacoltura e di trattamenti di depurazione, ecc.   |
| <b>Tipologie</b>              | acidi umici (HA) e acidi fulvici (FA), idrolizzati proteici (PH) e altri composti contenenti azoto, estratti di alghe marine, chitosani e altri biopolimeri, composti inorganici, funghi e batteri benefici (du Jardin, 2015).   |
| <b>Principi attivi</b>        | fitormoni originari della matrice organica e non di sintesi (citochine, auxine, gibberelline, brassinosteroidi, etilene e acido abscissico), aminoacidi, poliammine, altri principi attivi presenti nelle alghe (fitormoni, sali minerali che promuovono la crescita, proteine e carboidrati fra cui alginati, fucoidi e betaine) (Xu e Geelen, 2018). |
| <b>Meccanismi d'azione</b>    | effetti ormonali, antiossidanti come protettivi da stress abiotici, ecc.   |
| <b>Ambiti di applicazione</b> | grandi colture, orticoltura, frutticoltura, in pieno campo e in coltura protetta.  |
| <b>Effetti</b>                | promozione e modulazione della crescita e dello sviluppo, aumento della tolleranza agli stress ambientali.   |

le alghe più utilizzate ricordiamo in particolare le alghe brune *Ascophyllum nodosum*, *Fucus vesiculosus* e *Laminaria iperborea*, diffuse nel Nord Atlantico, *Durvillaea potatorum* e *Ecklonia Maxima*, diffuse negli oceani australi e *Laminaria digitata*, *Padina gymnospora*, e *Sargassum* spp., diffuse negli oceani di tutto il mondo. Un certo utilizzo lo hanno inoltre le alghe verdi *Ulva lactuca*, diffusa principalmente nel Mediterraneo, e *Caulerpa sertularioides*, ubiquitaria negli oceani tropicali. Si noti anche che molte delle specie citate trovano in vari casi utilizzo nell'alimentazione umana.

L'efficacia delle alghe come biostimolanti dipende dalla composizione e dalla concentrazione dei composti bioattivi che assorbiti dalle piante per via radicale o direttamente dalle foglie migliorano il metabolismo delle piante anche in condizioni di stress. Da questo punto di vista occorre rammentare che le alghe marine variano considerevolmente la loro composizione e di conseguenza il proprio livello di efficacia in funzione dell'ambiente e del periodo dell'anno in cui ha luogo la raccolta (Wells *et al.*, 2017).

### 1.4. Biostimolanti, nascita ed evoluzione del termine

La review di Yakhin *et al.* (2017) evidenzia che i biostimolanti si legano al concetto di "stimolanti biogenici" coniato negli anni '30 del XX secolo dal medico russo V.P. Filatov, il quale propose la teoria secondo cui i materiali biologici derivati da vari organismi, piante incluse, esposti a condizioni sfavorevoli ma non letali influirebbero sui processi metabolici ed energetici di esseri umani, animali e piante. Negli anni '40 e '50 Blagoveshchensky ragionò su tali idee in vista della loro applicazione alle piante, definen-

do gli stimolanti biogenici come "acidi organici con effetti stimolanti dovuti alle loro proprietà che possono potenziare l'attività enzimatica nelle piante", il che limitava in qualche modo quanto proposto da Filatov il quale non si limitava a questi soli composti. Sempre, Yakhin *et al.* (2017) citano il lavoro pionieristico di Herve (1994) il quale costituisce il primo vero e proprio approccio concettuale ai biostimolanti. In particolare, Herve suggerisce anche lo sviluppo di nuovi prodotti debba fondarsi su un approccio fondato su sintesi chimica, biochimica e biotecnologia applicate alle reali limitazioni di tipo fisiologico, agronomico ed ecologico che le piante subiscono, suggerendo altresì che tali prodotti debbano essere attivi a basse dosi, essere ecologicamente benigni e manifestare effetti benefici riproducibili sulle piante coltivate.

Du Jardin (2009) osserva che il primo uso del termine biostimolante nella sua accezione odierna (sostanza che promuove la crescita delle piante coltivate senza rientrare nella categoria dei nutrienti dei correttivi, degli ammendanti o degli agrofarmaci) si riscontra in una rivista web<sup>4</sup> dedicata ai professionisti della manutenzione dei tappeti erbosi denominata *Ground Maintenance* (<http://groundsmag.com>). In questa rivista online nel 1997 Zhang e Schmidt del Dipartimento di *Crop and Soil Environmental Sciences* dell'Istituto Politecnico e della *State University* della Virginia definirono i biostimolanti come sostanze che usate in minime quantità (*minute quantities*) promuovono la crescita delle piante. Usando il termine minime quantità (*minute quantities*) per descrivere i biostimolanti gli autori si propongono di discernere i biostimolanti dai nutrienti e dagli ammendanti che promuovono anch'essi la crescita ma sono appli-

<sup>4</sup> Un aspetto davvero interessante perché mostra l'importanza del web per la genesi di nuovi concetti.

cati in quantità maggiori. I biostimolanti di cui si tratta nell'articolo web in questione sono acidi umici ed estratti di alghe marine. Du Jardin osserva anche che lavori successivi degli stessi autori apparsi su riviste scientifiche e relativi a ricerche similari non fanno necessariamente ricorso al termine biostimolante. Ad esempio, in un lavoro che descrive gli effetti degli acidi umici e degli estratti di alghe marine per accrescere la tolleranza alla siccità dei tappeti erbosi in virtù dell'attività ormonale simile di detti composti il termine è del tutto assente (Zhang e Schmidt, 2000) e in suo luogo si utilizza il termine "prodotti contenenti ormoni". Tale scelta potrebbe essere stata dettata sia dal confronto con i revisori di riviste scientifiche sia dal fatto che le regolamentazioni in vigore negli USA prevedono che l'*Environmental Protection Agency* (EPA) non richieda in particolari condizioni la registrazione dei prodotti vitaminici e ormonali per l'orticoltura e la frutticoltura. Zhang e Schmidt spiegarono l'azione dei biostimolanti sia con effetti ormonali sia con la protezione contro gli stress abiotici indotta dagli antiossidanti. Il termine "metabolic enhancers" fu anche usato in lavori scientifici successivi (Zhang *et al.*, 2003).

Du Jardin (2015) segnala anche che nella letteratura scientifica i biostimolanti compaiono per la prima volta per merito di Kauffman *et al.* (2007) che li definiscono come "sostanze differenti dai fertilizzanti e che promuovono la crescita delle piante se applicate in piccole quantità". Vale la pena di menzionare l'aggiunta del termine "differenti dai fertilizzanti", che è in linea con la descrizione di Zhang e Schmidt anche se non era esplicitamente incluso nella loro definizione originale. Kauffman *et al.* (2007) tentano di riassumere cosa sono i biostimolanti anche introducendo una possibile tassonomia: "I biostimolanti sono disponibili in una varietà di formulazioni e con ingredienti diversi, ma sono generalmente classificabili in tre gruppi principali sulla base della loro origine e del loro contenuto. Questi gruppi comprendono i prodotti contenenti ormoni (HS), quelli contenenti sostanze umiche (HCP) e quelli contenenti amminoacidi (AAP). Gli HCP come gli estratti di alghe contengono quantità significative di sostanze attive sulla crescita delle piante come le citochine, le auxine o loro derivati." Du Jardin (2015) segnala anche che il termine biostimolante è stato poi sempre più utilizzato dalla letteratura scientifica negli anni seguenti, ampliando la gamma delle sostanze e delle modalità d'azione considerate. Il termine di biostimolante appare, infatti, come un versatile descrittore di qualsiasi sostanza a effetto benefico per le piante e che non ricada nei nutrienti, negli agrofarmaci, nei correttivi e negli ammendanti. In altri termini dunque i biostimolan-

ti possono essere definiti per mezzo di una logica negativa che esclude ciò che non sono. In tal modo si traccia una linea di demarcazione tra i biostimolanti e altre categorie di sostanze ampiamente applicate alle colture come fertilizzanti e agrofarmaci. In una seconda fase si è posto in luce che le azioni positive attribuibili ai biostimolanti chimici (di origine naturale o sintetica) - promozione e modulazione della crescita e dello sviluppo e aumento della tolleranza agli stress ambientali - possono essere anche offerte da batteri e funghi. Ad esempio, i PGPR (*Plant Growth-Promoting Rhizobacteria*) hanno effetti benefici sulle piante senza essere nutrienti, agrofarmaci, correttivi o ammendanti. La natura dei PGPR può essere assai varia e sono a volte definiti come biofertilizzanti e agenti di biocontrollo con riferimento ai risultati attesi per le diverse colture.

L'industria è un attore chiave nella definizione e promozione dei biostimolanti. Le aziende del settore hanno infatti creato associazioni come lo *European Biostimulants Industry Council* (EBIC) in Europa e la *Biostimulant Coalition* negli Stati Uniti che dialogano con altri stakeholder, con enti regolatori e con il mondo della ricerca. Il settore delle imprese ha anche sostenuto l'organizzazione di simposi internazionali come il primo congresso mondiale sull'uso dei biostimolanti in agricoltura svoltosi a Strasburgo nel novembre 2012 e che può essere considerato una pietra miliare nell'accettazione dei biostimolanti da parte del mondo scientifico.

## 1.5 L'approccio scientifico al tema dei biostimolanti

L'uomo di fronte all'ignoto possiede una guida di grandissimo valore che è il metodo scientifico. La scienza moderna nasce con Galileo secondo il quale la natura è un libro aperto per chi ha occhi sulla fronte (capacità di osservare) e nel cervello (capacità di sviluppare modelli in grado di descrivere i fenomeni osservati).

L'approccio scientifico ai problemi ci impone la necessità di dimostrare l'efficacia di un determinato prodotto come promotore di crescita utilizzando esperimenti opportunamente organizzati in modo che i risultati possano poi essere valutati per mezzo di idonee metodologie statistiche. E qui si deve constatare che se da più fonti emerge che l'applicazione di un biostimolante alle colture per via fogliare o radicale dà luogo a un miglioramento della crescita attraverso l'aumento dell'efficienza d'uso degli elementi nutritivi o l'aumento della tolleranza a stress abiotici (carenze nutrizionali, salinità, siccità, inon-

## 1. Origine storica ed evoluzione dei biostimolanti in agricoltura

dazioni/allagamenti, stress termico da basse o alte temperature), l'efficacia biostimolante di un prodotto è fortemente influenzata dalla natura della matrice organica di partenza e dal tipo di processo produttivo usato (Bulgari *et al.*, 2016). Su questo si aprono importanti spazi per attività di ricerca volte a superare i limiti attualmente insiti in tale tecnologia.

## Bibliografia

ARIOLI T., MATTNER S.W., WINBERG P.C. (2015) – “Applications of seaweed extracts in Australian agriculture: past, present and future”. In: 5<sup>th</sup> Congress of The International Society For Applied Phycology, *Appl. Phycol.*, 27:2007-2015; DOI 10.1007/s10811-015-0574-9.

BULGARI R., COCETTA G., TRIVELLINI A., VERNIERI P., FERRANTE A. (2015) – Biostimulants and crop responses: a review. *Biological Agriculture & Horticulture*, 31(1), 1-17.

CANELLAS L.P., OLIVARES F.L., AGUIAR N.O., JONES D.L., NEBBIOSO A., MAZZEI P. *et al.* (2015) – Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Sci. Hortic.*, 196 15-27. 10.1016/j.scienta.2015.09.013.

DILLEHAY T.D., RAMIREZ C., PINO M., COLLINS M.B., ROSSEN J., PINOT-NAVARRO J.D. (2008) – Monte Verde: seaweed, food, medicine and the peopling of South America. *Science*, 320: 784-789.

DU JARDIN P. (2015) – Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, 196: 3-14.

GOTTLOB SCHNEIDER J. (a cura di) (1846) – *L. Junii*

*Moderati Columellae Opera, cum notis*. Venetiis Excudit Joseph Antonelli, 1748 pp.

IRELAND CULTURAL HERITAGE (2018) – *Man of Aran*, 1934 <http://www.culturalheritageireland.ie>.

KENICER G., BRIDGEWATER S., MILLIKEN W. (2000) – The ebb and flow of scottish seaweed use. *Botanical Journal of Scotland*, 52(2):119-148.

MILTON R.F. (1952) – *Improvements in or relating to horticultural and agricultural fertilizers*. UK Patent 664,989 (16 January 1952).

NAGASAWA K., WANG B., NISHIYA K., USHIJIMA K., ZHU Q., FUKUSHIMA M., ICHJO T. (2016) – Effects of humic acids derived from lignite and cattle manure on antioxidant enzymatic activities of barley root. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 51:2, 81-89, DOI: 10.1080/03601234.2015.1080516.

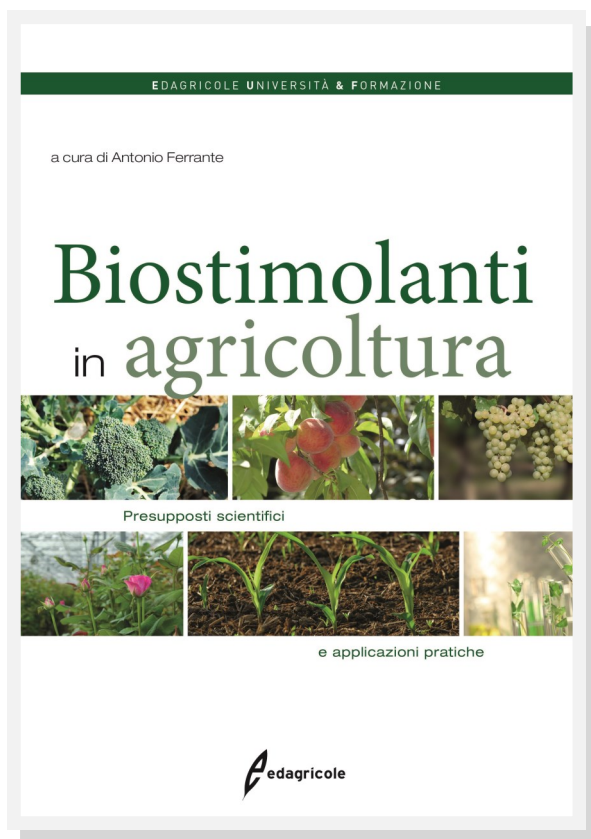
YAKHIN O.I., LUBYANOV A.A., YAKHIN I.A., BROWN P.H. (2017) – Biostimulants in Plant Science: A Global Perspective. *Front. Plant Sci.*, 7:2049. doi: 10.3389/fpls.2016.02049.

VAN OOSTEN M.J., PEPE O., DE PASCALE S., SILLETTI S., MAGGIO A. (2017) – The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. *Chem. Biol. Techn. Agric.*, 4(1):5.

VERNIERI P., BORGHESI E., TOGNONI F., SERRA G., FERRANTE A., PIAGESSI A. (2006) – Use of biostimulants for reducing nutrient solution concentration in floating system. *Acta Hort.*, 718: 477-484.

WELLS M.L., POTIN P., CRAIGIE J.S., RAVEN J.A., MERCHANT *ET AL.* (2017) – Algae as nutritional and functional food sources: revisiting our understanding. *Journal of applied phycology*, 29(2), 949-982.

# Biostimolanti in agricoltura



Clicca QUI per  
**ACQUISTARE il libro ONLINE**

Clicca QUI per scoprire tutti i **LIBRI**  
del catalogo **EDAGRICOLE**

Clicca QUI per avere maggiori  
**INFORMAZIONI**