

Biostimolanti vegetali per migliorare l'assorbimento dei nutrienti e l'efficienza dell'uso delle colture orticole



Stefania De Pascale e Antonio Pannico

Dipartimento di Agraria– Università degli Studi di Napoli Federico II

Email: antonio.pannico@unina.it

Outline



- Quando è stato introdotto il concetto di biostimolante?
- Come definire i biostimolanti?
- Quali sono le affermazioni dei prodotti biostimolanti?
- In che modo i biostimolanti possono contribuire a migliorare la nutrizione delle piante e l'efficienza nell'uso dei nutrienti?
- Caso di studio: idrolizzati proteici di origine vegetale
- Osservazioni conclusive

Origine del termine «biostimolante»

Nel 1997, Zhang e Schmidt del Virginia Polytechnic Institute e della State University hanno definito i biostimolanti come «materiali che, in quantità minime, promuovono la crescita delle piante».

- I biostimolanti menzionati in questo articolo web erano *acidi umici* ed *estratti di alghe*.



The image shows a screenshot of the RER (Rental Equipment Register) website. The main header features the text "GROUNDS MAINTENANCE" in large, bold, white letters on a dark background, with "FOR GOLF & GREEN INDUSTRY PROFESSIONALS" in smaller white text below it. To the right of the header, there are links for "Contact", "Advertise", "About Us", and "RSS". Below these links is a search bar with the placeholder text "Enter Search Terms" and a "Search" button. In the center, there is a promotional banner for newsletters that says "SUBSCRIBE TO OUR NEWSLETTERS" in large, bold, black letters. To the left of this banner are images of a laptop and a tablet displaying the RER website. To the right of the banner, there are two bullet points: "RER REPORTS" and "RER PRODUCT WIRE", followed by the RER logo and the text "rental equipment register". At the bottom of the page, there is a dark navigation bar with white text for various categories: "HOME", "BUSINESS", "CHEMICALS", "CONSTRUCTION/DESIGN", "EQUIPMENT", "GOLF COURSES", "IRRIGATION", "VEGETATION", and "TURF".

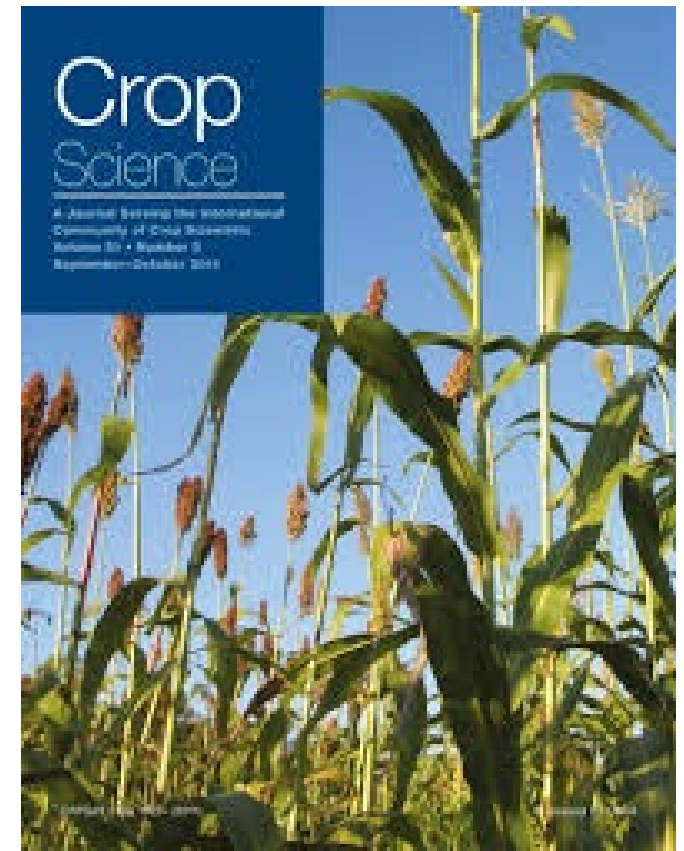
Origin of the term 'biostimulant'

Nella letteratura scientifica, la parola biostimolante è stata definita per la prima volta da **Kauffman *et al.* (2007)** in un articolo peer-reviewed come segue:

«I biostimolanti sono materiali, diversi dai fertilizzanti, che promuovono la crescita delle piante se applicati in basse quantità».

Tre gruppi principali di biostimolanti vegetali sulla base del loro contenuto:

1. sostanze umiche;
2. ormoni contenenti prodotti (ad es. estratti di alghe che contengono sostanze attive per la crescita delle piante come auxine, citochinine);
3. Aminoacidi contenenti prodotti.



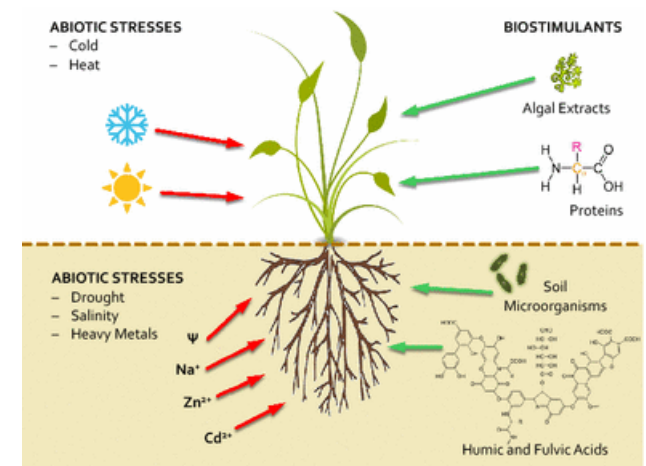


- Nel 2011 **The European Biostimulants Industry Council (EBIC)**, un'associazione di oltre 40 aziende europee, è stata creata per superare l'attuale confusione sul mercato e per promuovere la diffusione dei biostimolanti e la concorrenza leale nell'UE.
- In USA la **Biostimulant Coalition** è stata creata nel 2020 per promuovere politiche e quadri normativi che aumentino l'accesso al mercato dei biostimolanti e incoraggino la ricerca.

The Science of Plant Biostimulants – A bibliographic analysis

Prof. Patrick du Jardin

Gembloux Agro-Bio Tech, University of Liège, Belgium



«I biostimolanti vegetali sono sostanze e materiali, ad eccezione dei nutrienti e dei pesticidi, che quando applicati a piante, semi o substrati in crescita in formulazioni specifiche, hanno la capacità di modificare i processi fisiologici delle piante in un modo che fornisce potenziali benefici per la crescita, lo sviluppo e / o la risposta allo stress».

CONTRACT 30-CE0455515/00-96, « AD HOC STUDY ON BIO-STIMULANTS PRODUCTS »

April 2012 – Final report **EUROPEAN COMMISSION**

Sono state proposte otto categorie di biostimolanti:

- 1) Sostanze umiche;
- 2) Materiali organici complessi (ottenuti da compost, letame, ...);
- 3) Elementi chimici benefici (es. Silicio);
- 4) Sali inorganici (es. fosfito);
- 5) Estratti di alghe;
- 6) Chitina e derivati del chitosano;
- 7) Antitranspiranti [minerali: Caolino, polimeri sintetici (es. Poliacrilammide), polimeri naturali (es. Chitosano)];
- 8) Aminoacidi liberi e altre sostanze contenenti N.



plant **biostimulant**

N.B.: du Jardin non ha considerato i microrganismi in questo studio.

(du Jardin, 2012)



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Scientia Horticulturae

journal homepage: www.elsevier.com/locate/scihorti



Review

Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation

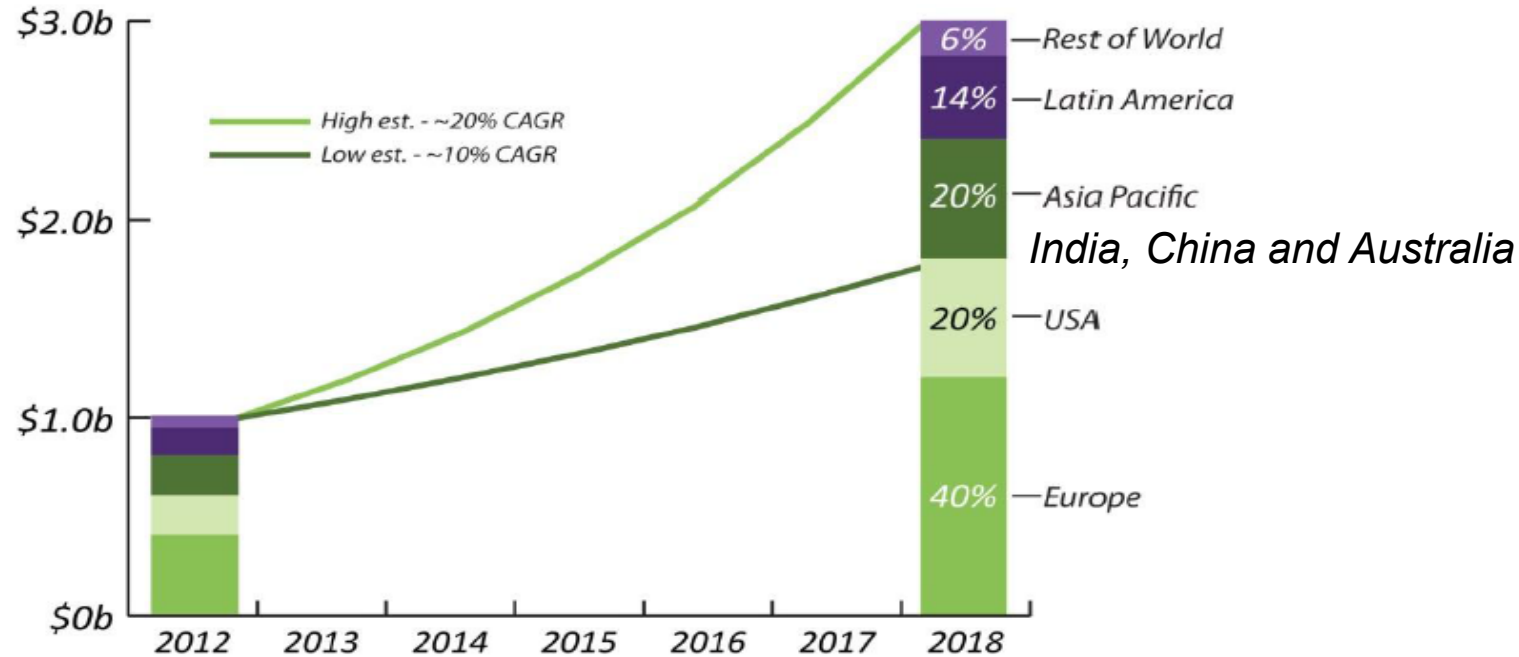
Patrick du Jardin

Plant Biology Unit, Gembloux Agro-Bio Tech, University of Liège, Belgium, 2, Passage des Déportés, B-5030 Gembloux, Belgium



«Un biostimolante vegetale è qualsiasi sostanza o microrganismo applicato alle piante con l'obiettivo di migliorare l'efficienza nutrizionale, la tolleranza allo stress abiotico e / o le caratteristiche di qualità delle colture, indipendentemente dal suo contenuto di nutrienti. [...] Per estensione, i biostimolanti vegetali designano anche prodotti commerciali contenenti miscele di tali sostanze e/o microrganismi.»

Market trend



5.6 billion USD by 2026?

4.0 billion USD in 2022

3.2 billion USD in 2021



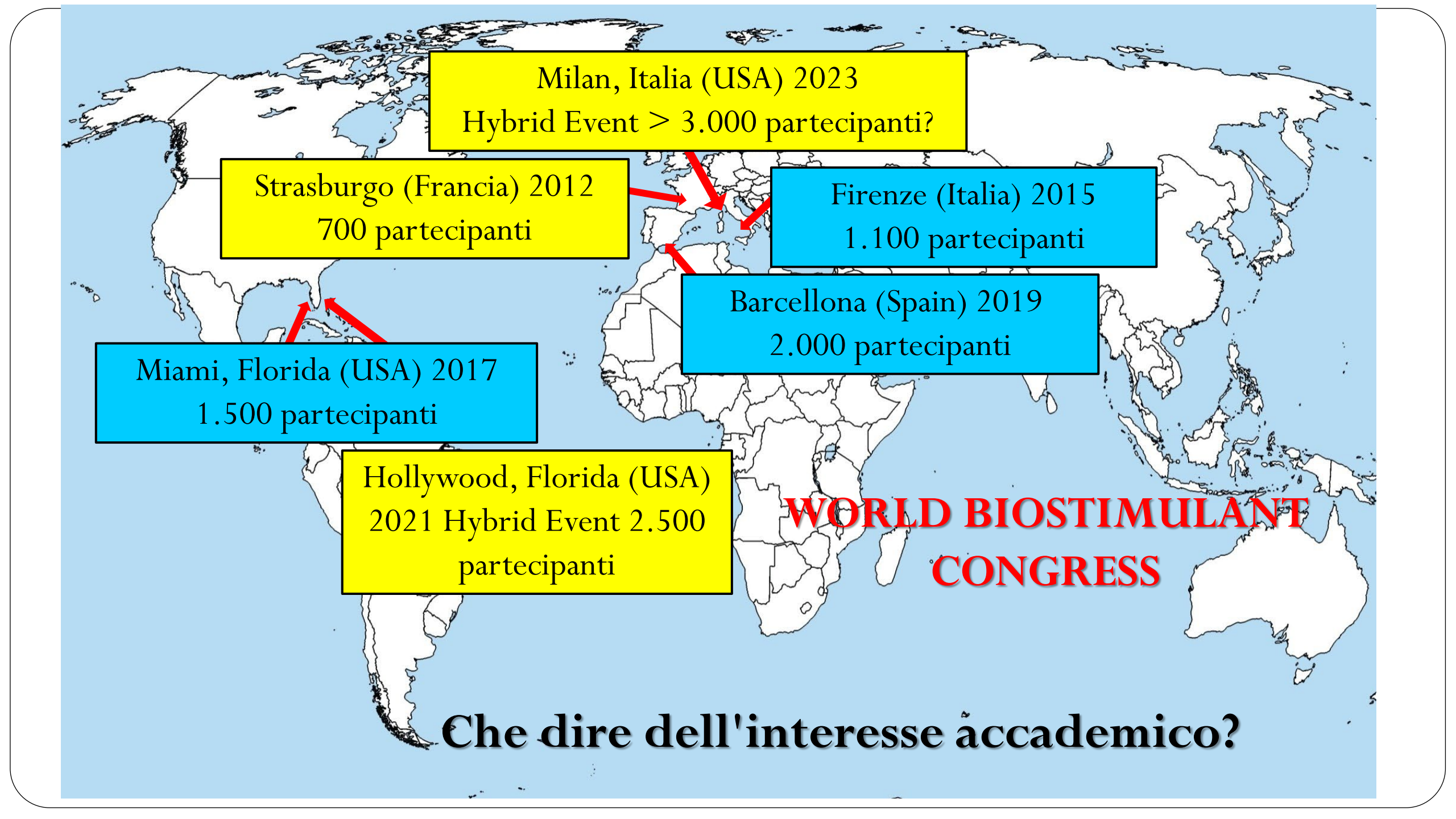
- Il mercato globale dei biostimolanti ha registrato un tasso di crescita medio annuo composto del 13,6% nel periodo 2012-2018 e ha raggiunto i 3 miliardi di dollari nel 2018.
- L'Europa è il più grande mercato di biostimolanti e rappresenta circa il 40% della quota di mercato: è seguita da Stati Uniti e Asia Pacifico (il mercato in più rapida crescita).

(du Jardin, 2018)

Motivi per la crescita del mercato



- La crescita dell'industria alimentare biologica.
- La necessità di utilizzare sostanze fitochimiche e fertilizzanti minerali in modo più efficiente ed efficace.
- L'aumento della frequenza di condizioni ambientali avverse per la crescita e la produttività delle colture (quindi, stress abiotici).
- La disponibilità di materie prime a basso costo (applicazione dei principi dell'economia circolare).
- La crescente disponibilità di prodotti innovativi mirati a specifiche esigenze agronomiche.

A world map with several callout boxes pointing to specific locations. The callouts are: Milan, Italia (USA) 2023 (yellow box), Strasburgo (Francia) 2012 (yellow box), Firenze (Italia) 2015 (blue box), Barcellona (Spain) 2019 (blue box), Miami, Florida (USA) 2017 (blue box), and Hollywood, Florida (USA) 2021 Hybrid Event (yellow box). The text 'WORLD BIOSTIMULANT CONGRESS' is written in red across the map, and 'Che dire dell'interesse accademico?' is at the bottom.

Milan, Italia (USA) 2023

Hybrid Event > 3.000 partecipanti?

Strasburgo (Francia) 2012

700 partecipanti

Firenze (Italia) 2015

1.100 partecipanti

Barcellona (Spain) 2019

2.000 partecipanti

Miami, Florida (USA) 2017

1.500 partecipanti

Hollywood, Florida (USA)

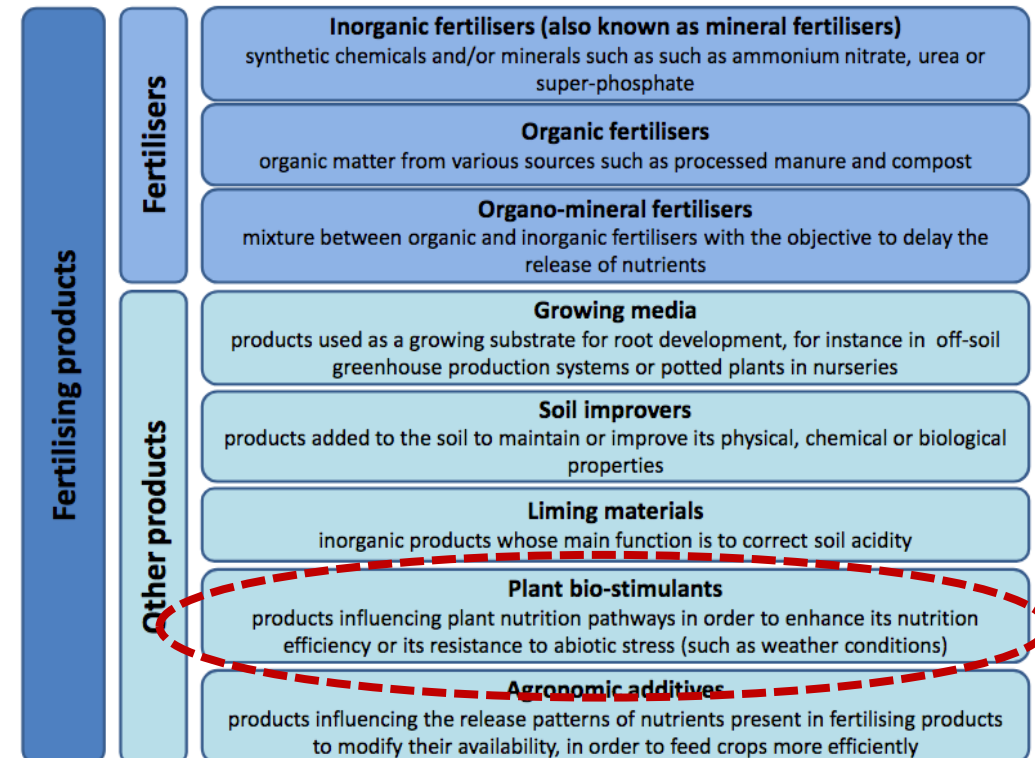
2021 Hybrid Event 2.500
partecipanti

**WORLD BIOSTIMULANT
CONGRESS**

Che dire dell'interesse accademico?

Regolamentazione dei biostimolanti vegetali

- Il 25 giugno 2019 l'UE ha adottato il regolamento (UE) 2019/100.
- Il nuovo regolamento dell'UE sui prodotti fertilizzanti (FPR) è entrato pienamente in vigore il 16 luglio 2022.
- FPR ha eliminato i prodotti biostimolanti dal regolamento sui prodotti fitosanitari (regolamento CE 1107/2009) e ha differenziato i biostimolanti vegetali dai fertilizzanti.
- Per la prima volta, il diritto dell'UE riconosce i biostimolanti ed esiste una definizione comune in tutti gli Stati membri.



Regolamento UE sui prodotti fertilizzanti (2019/1009)



- «Biostimolante delle piante»: un prodotto che **stimola i processi nutrizionali** delle piante indipendentemente dal **tenore di nutrienti del prodotto** al solo scopo di migliorare una o più delle seguenti caratteristiche della pianta o della rizosfera vegetale:
 - a) efficienza nell'uso dei nutrienti;
 - b) tolleranza allo stress abiotico;
 - c) caratteristiche di qualità;
 - d) disponibilità di nutrienti confinati nel suolo o nella rizosfera.
- A. Biostimolanti microbici delle piante (solo quattro tipi di microrganismi)
- B. Biostimolanti vegetali non microbici

EU biostimolanti vegetali

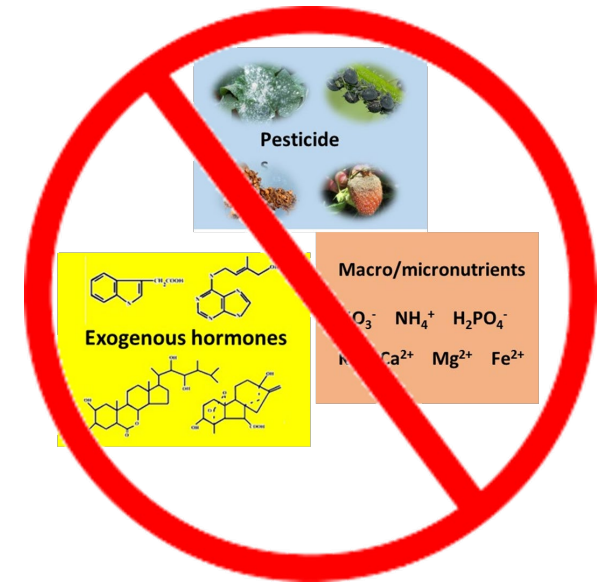
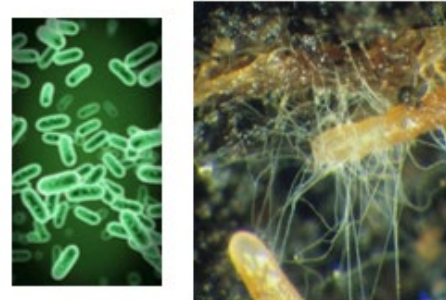
Sostanze bioattive

- Sostanze umiche
- Alghe / estratti vegetali
- Idrolizzati proteici e aminoacidi



Microrganismi

- Mycorrhizal fungi
- Plant Growth Promoting *Rhizobacteria* (*Azospirillum*, *Azotobacter* and *Rhizobium spp.*)

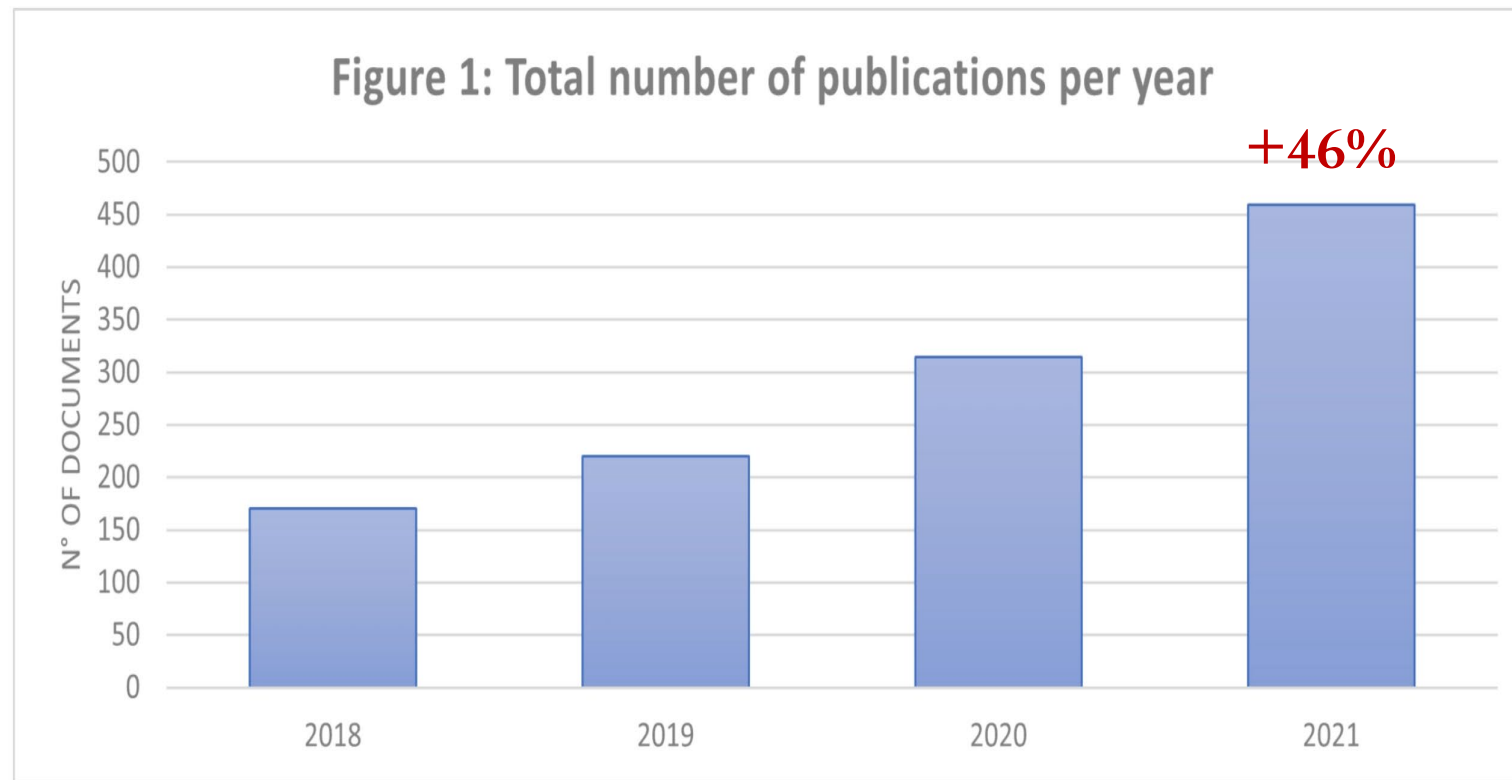


<1% dei nutrienti applicati alle piante

Numero di articoli sottoposti a revisione paritaria contenenti il termine "biostimolante delle piante" nel titolo e/o nell'abstract e/o nelle parole chiave

- La parola biostimolante è stata sempre più utilizzata dalla letteratura scientifica negli anni successivi, ampliando la gamma di sostanze e di modalità di azione

Figure 1: International Scientific Production 1997-2020 (n° of articles per year)



TENDENZE DI RICERCA SUI BIOSTIMOLANTI

Figure 2: Breakdown of papers by substance (2021)

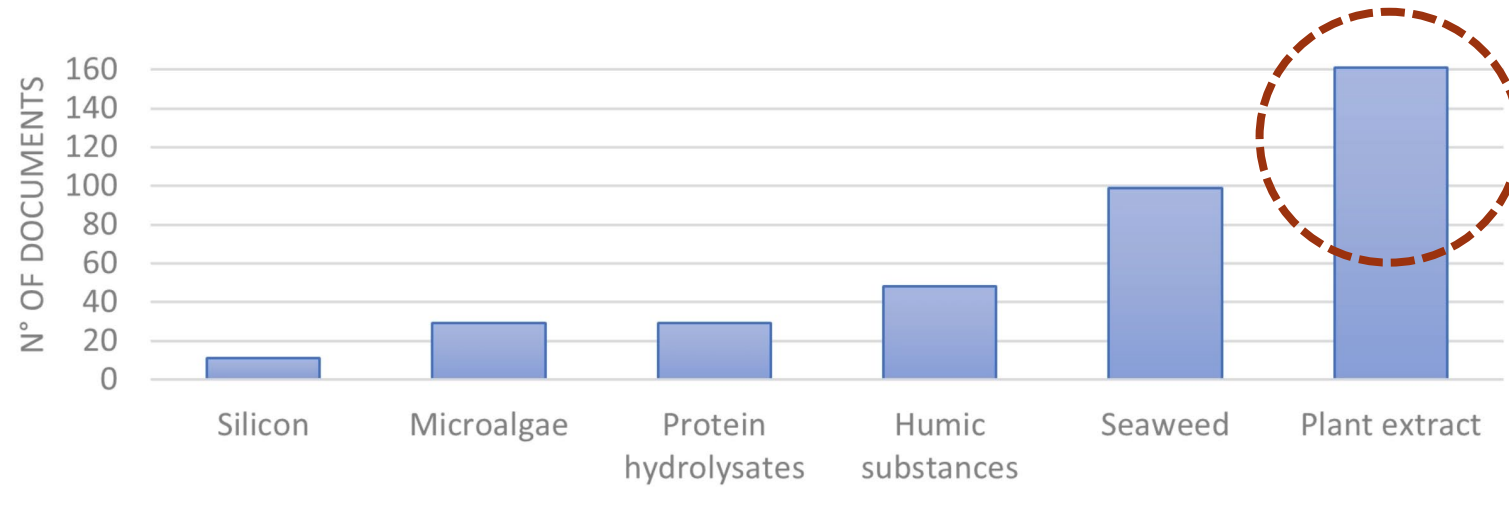
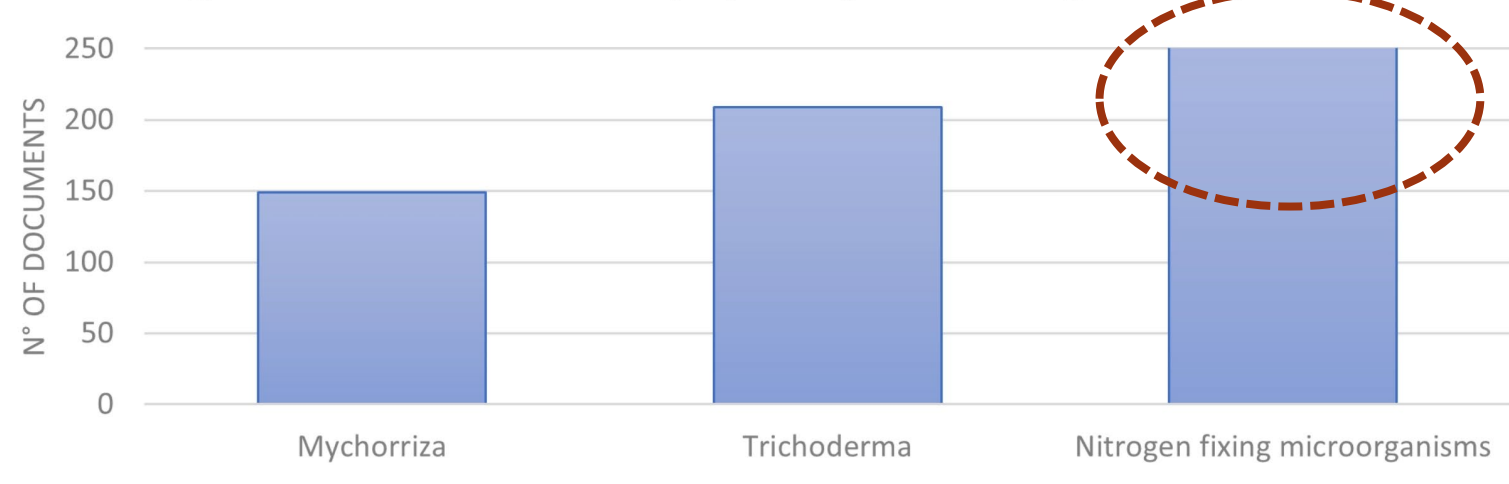


Figure 3: Breakdown of paper by micro-organism (2021)



TENDENZE DI RICERCA SUI BIOSTIMOLANTI

Figure 4: Breakdown of papers by biostimulant effect (2021)

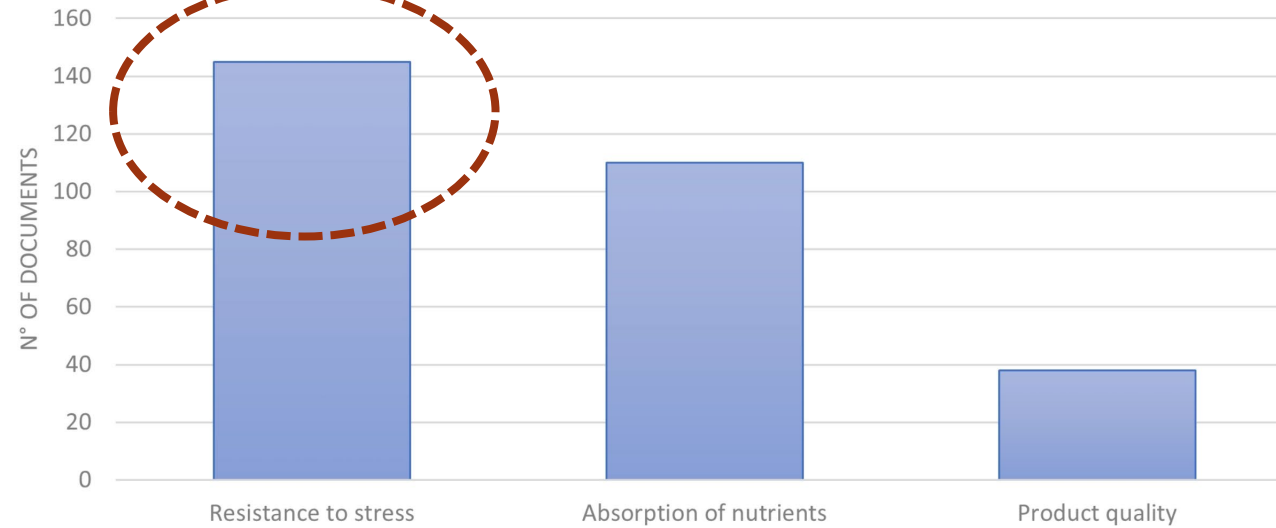
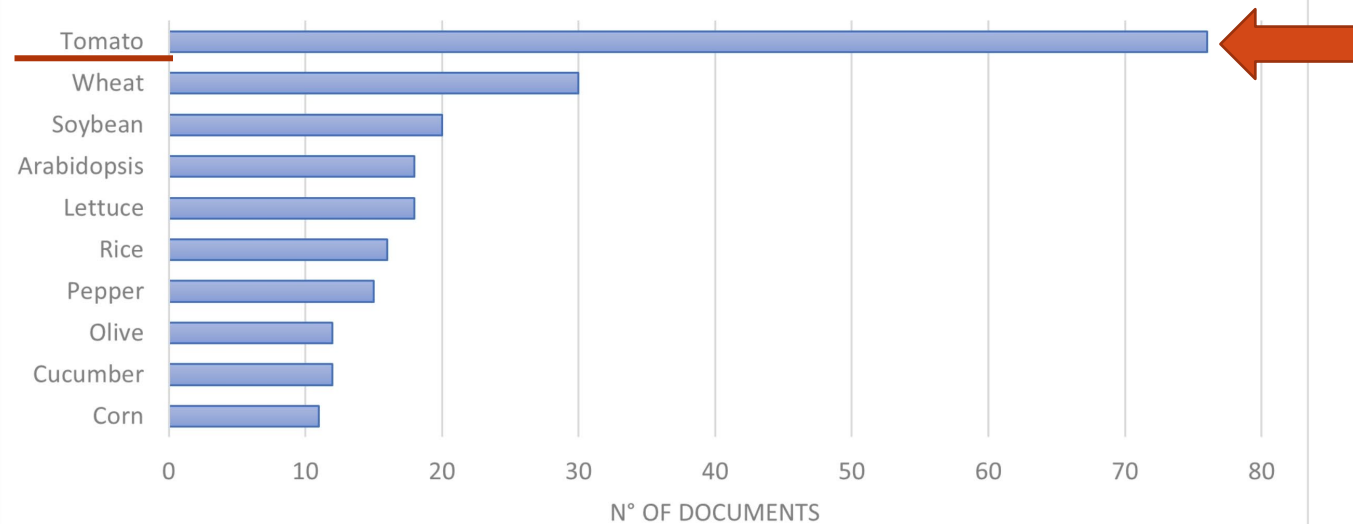


Figure 7: Breakdown of papers by crop (2021)



TENDENZE DI RICERCA SUI BIOSTIMOLANTI

Figure 5: Breakdown of papers by abiotic stress (2021)

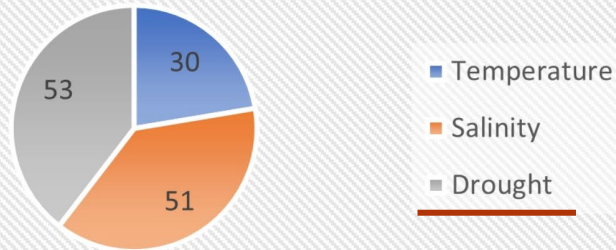


Figure 6: Breakdown of papers by nutrients (2021)

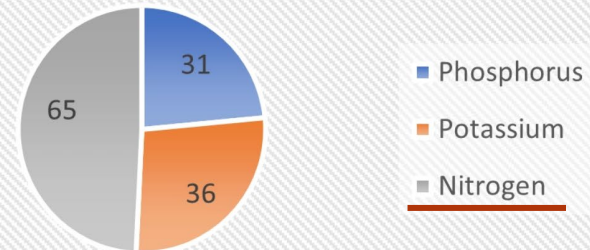
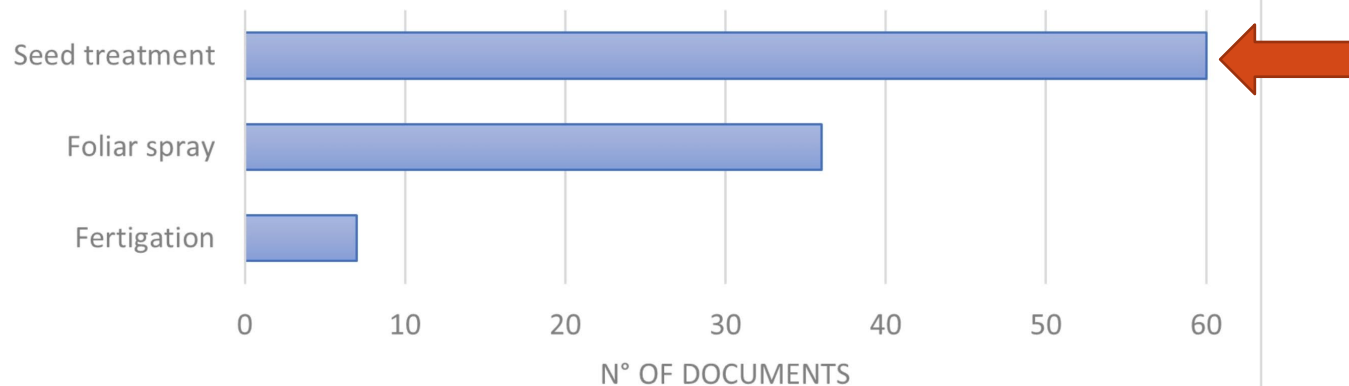


Figure 8: Breakdown of papers by application method (2021)



Ricerca sui biostimolanti

*AUMENTO DELLA RESA MINIMA CORRELATO ALL'USO DI BIOSTIMOLANTI
RIPORTATO AL 5-10% MA DIFFICILE DA GENERALIZZARE*

Prova sul campo

- Raccolto
- Suolo
- Microbiota
- Clima
- Sistema di produzione
- Gestione
- Interazioni
- ...



Prodotto

- Principi attivi o microrganismi
- Modalità d'azione
- Materia prima
- Processo produttivo
- Dose
- Metodo di applicazione
- Interazioni
- ...

Idrolizzati proteici e nutrizione vegetale



Idrolizzati proteici

Miscele di polipeptidi, oligopeptidi e amminoacidi ottenuti mediante idrolisi parziale di proteine di origine animale o vegetale e disponibili come estratti liquidi o polvere solubile.



Utilizzato per applicazioni fogliari, per applicazioni di rivestimento di terreni e sementi e in misura minore per la fertirrigazione sia in campo aperto che in serra



Active compounds

- **Aminoacidi liberi**
- **Peptidi**
-
- Carboidrati solubili
- Fenoli
- Acidi organici
- Elementi minerali
- Altri composti

Biostimulant effects

- Stimolazione della crescita
(→radice)
- Efficienza nell'uso dei nutrienti
- Tolleranza allo stress abiotico
- Qualità del prodotto

DIRECT

INDIRECT

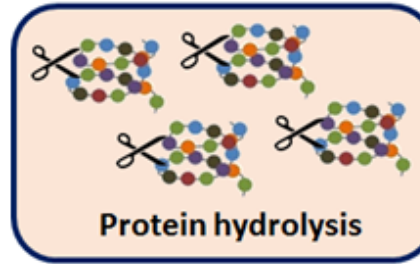
Produzione di idrolizzati proteici



Protein sources

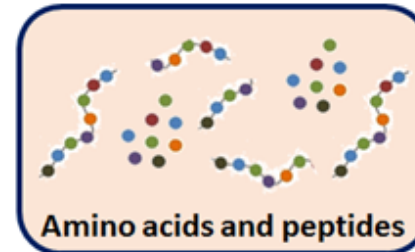
Biomassa vegetale di diversa origine
Alta concentrazione di acido aspartico e glutammico

Enzymatic hydrolysis
(protease/s; t up to 60°C)



Sottoprodotti dell'industria del cuoio o della pesca, ecc.
Alto contenuto di glicina e prolina

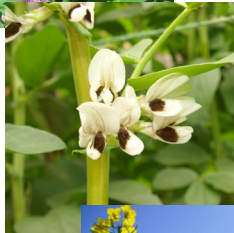
(acidic or alkaline, t up to 150°C)



> 90% del mercato si basa su idrolizzati proteici di origine animale prodotti chimicamente

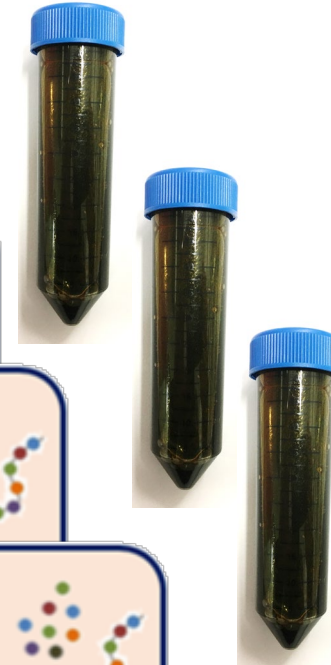
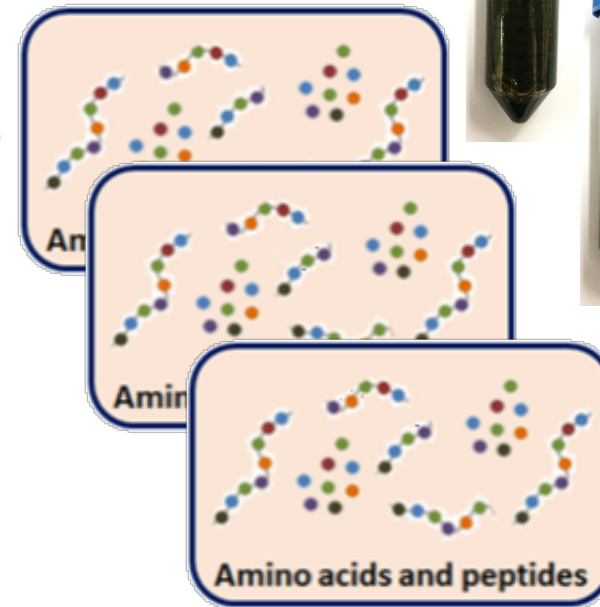
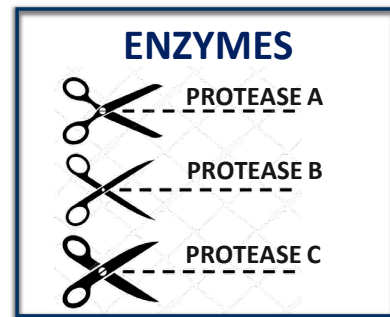
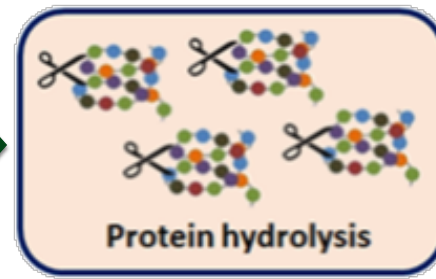
Idrolizzati proteici di origine vegetale

PLANT BIOMASS



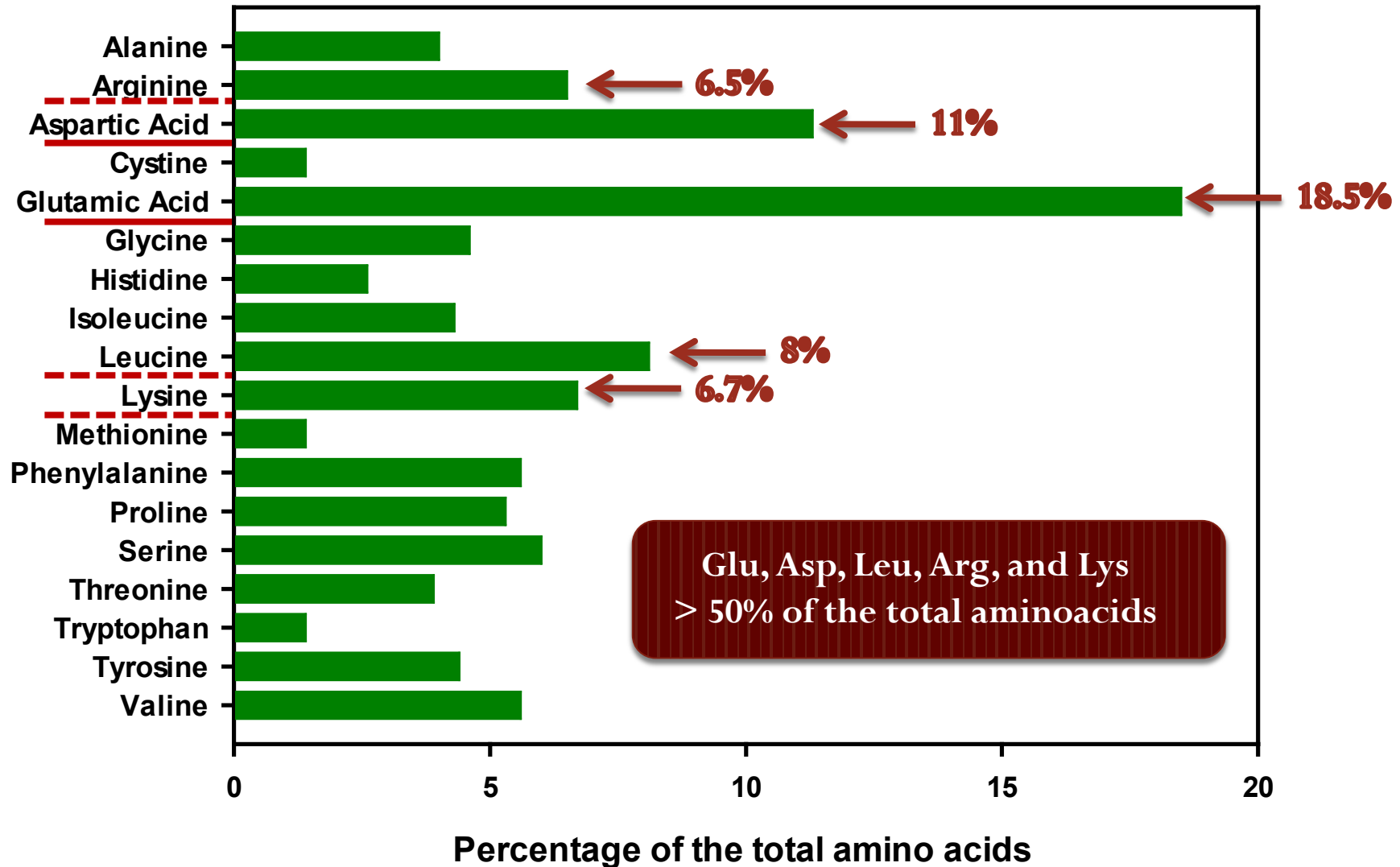
Proteases
T < 60 °C

- Meno aminoacidi liberi e più peptidi solubili e aminoacidi termolabili (es. triptofano).



- Le proteine vengono tagliate in sequenze specifiche, gli aminoacidi sono conservati in forma L)

Aminogramma di un tipico PH di origine vegetale



dopo idrolisi enzimatica e analisi cromatografica liquida ad alte prestazioni

(Colla *et al.*, 2014, *Front. Plant Sci.*, 5:448)

Sicurezza delle colture: problema di salinità

- Spray fogliare di idrolizzati proteici commerciali su basilico



Clorosi fogliare e sintomi di lesioni

Idrolizzato proteico di origine animale
(idrolisi chimica)



Alta concentrazione di aminoacidi liberi
e alta salinità



Idrolizzato proteico di origine
vegetale (idrolisi enzimatica)

(Rouphael *et al.*, 2021, *Sci. Hortic.* 284:110123)

PH di origine vegetale e nutrizione vegetale

Assimilazione dei nutrienti

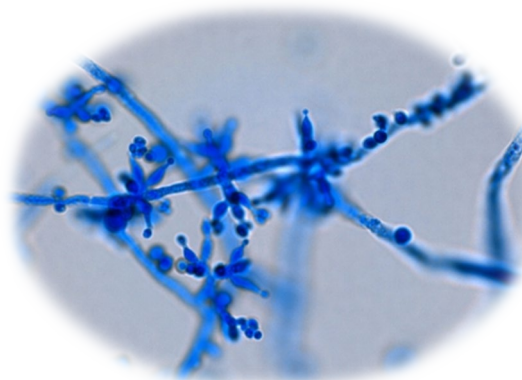
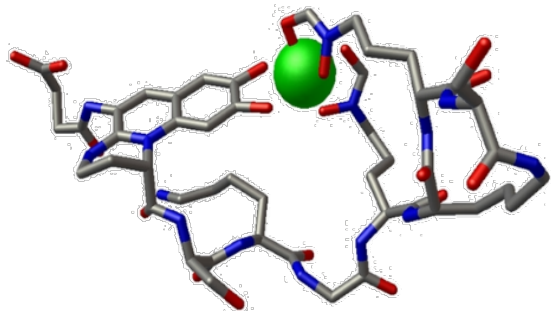
Assorbimento dei nutrienti

Disponibilità di nutrienti



PH di origine vegetale e nutrizione vegetale

- I PH di origine vegetale possono migliorare la nutrizione delle piante:
 - Suscitare attività simil-auxina (ad es. radicazione) aumentando così la capacità di assorbimento dei nutrienti delle colture.
 - Agire come agenti complessanti dei nutrienti prevenendone l'insolubilizzazione (disponibilità di nutrienti).
 - Aumentare la mobilità dei nutrienti negli organi vegetali.
 - Stimolare microrganismi benefici (batteri azotofissatori, batteri/funghi solubilizzanti i nutrienti).



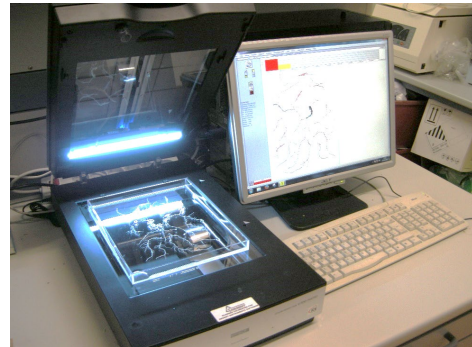
PH di origine vegetale e assorbimento dei nutrienti



Effetti del PH di origine vegetale sulla radicazione



PH (ml L ⁻¹)	Shoot dry weight (mg/plant)	Root dry weight (mg/plant)	Root length (cm/plant)	Root surface (cm ² /plant)
0	361.0 b	20.1 b	150.1 b	17.3 b
6	437.0 a	27.1 a	186.3 a	21.8 a



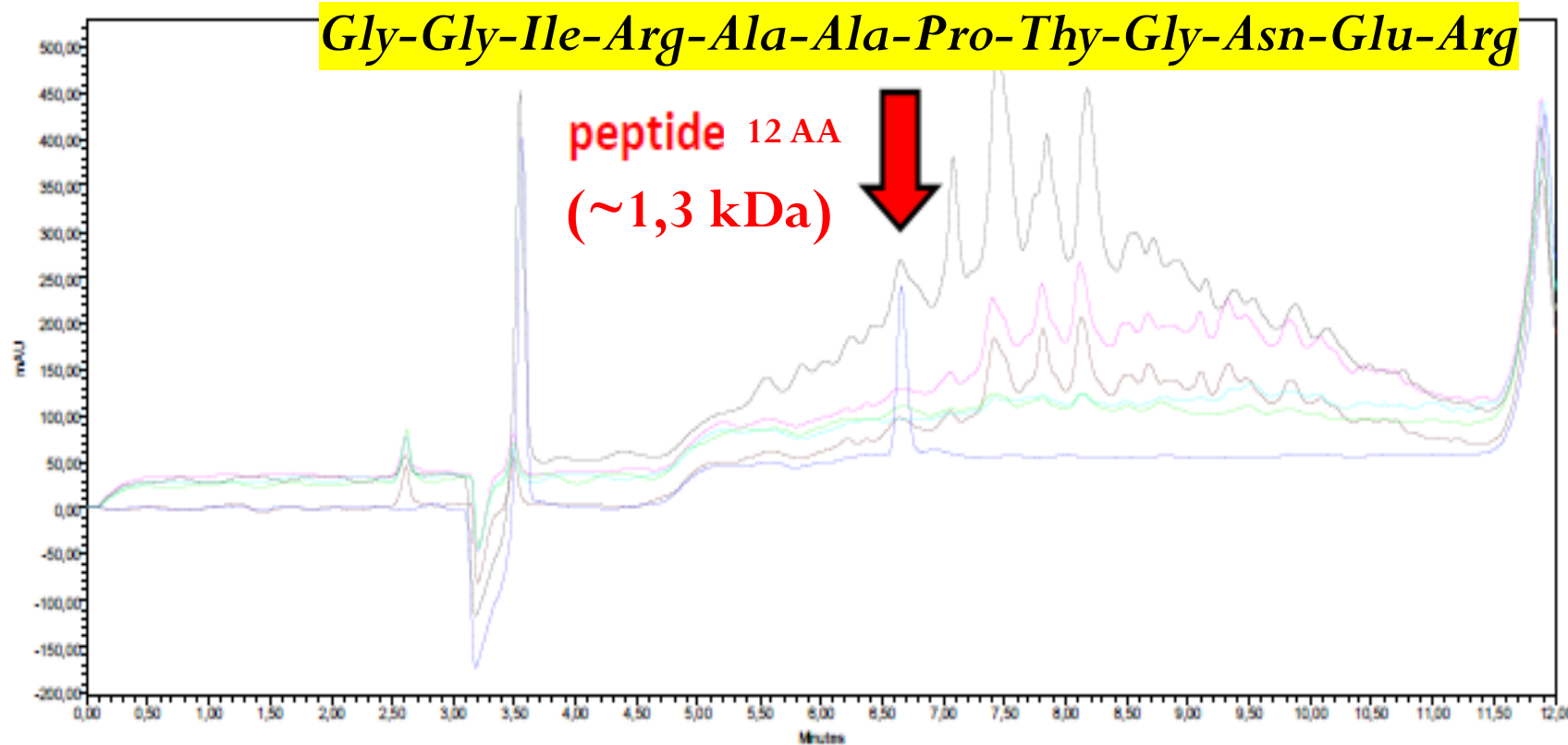
Determination of the root system morphology done by a WinRHIZO Pro connected to a STD4800 scanner

Talee non radicate immerse per 5 minuti in una soluzione contenente 0 o 6 ml/L di idrolizzato proteico derivato dal legume

- Effetti simil-auxinici (confermati dal saggio biologico sulla velocità di allungamento del coleoptile del mais)
- Attribuito all'azione auxina-simile di specifici peptidi o a specifici amminoacidi (ad esempio triptofano) coinvolti nelle vie biosintetiche dell'auxina

(Colla et al., 2014, Front. Plant Sci., 5:448)

Peptide promotore dei peli radicali ottenuto attraverso l'idrolisi enzimatica della farina di soia



Stimolanti (inducibili dall'auxina) geni chiave che aumentano il numero di radici e la lunghezza dei peli radicali

(Matsumiya *et al.*, 2012. *J. Pept. Sci.*, 18(3):177-82;
Matsumiya & Kubo, 2011. In: *Soybean and Nutrition. IntechOpen*)



Article

Vegetal-Derived Biostimulant Enhances Adventitious Rooting in Cuttings of Basil, Tomato, and Chrysanthemum via Brassinosteroid-Mediated Processes

Hye-Ji Kim ^{1,*}, Kang-Mo Ku ², Seunghyun Choi ¹ and Mariateresa Cardarelli ³

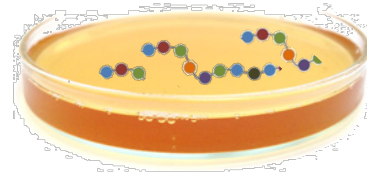


Talee non radicate immerse nelle soluzioni di idrolizzato proteico derivato dal legume utilizzando un metodo di immersione rapida basale

- Formazione avventizia della radice indotta dal PH (analogamente all'applicazione esogena dell'auxina).
- Profilo ormonale del PH: concentrazione troppo bassa di auxina e precursori delle BRs (campesterolo, stigmasterolo e beta-sitosterolo).
- Effetti ormonali esercitati principalmente da processi BR-mediati durante l'interazione con meccanismi auxin-mediati.

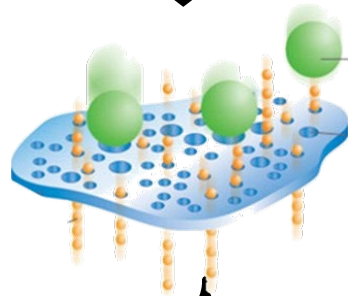
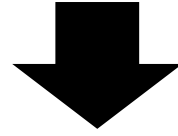
Peptidi di segnalazione (catene di aminoacidi corti)

**Idrolizzato proteico
derivato dal legume**



Prodotto intero

**Separazione in frazioni
peptidiche**



Membrane per dialisi

PH1

(0.5-1 kDa)

Peptide range

5AA→9AA

PH2

(1-5 kDa)

Peptide range

9AA→45AA

PH3

(5-8 kDa)

Peptide range

45AA→73AA

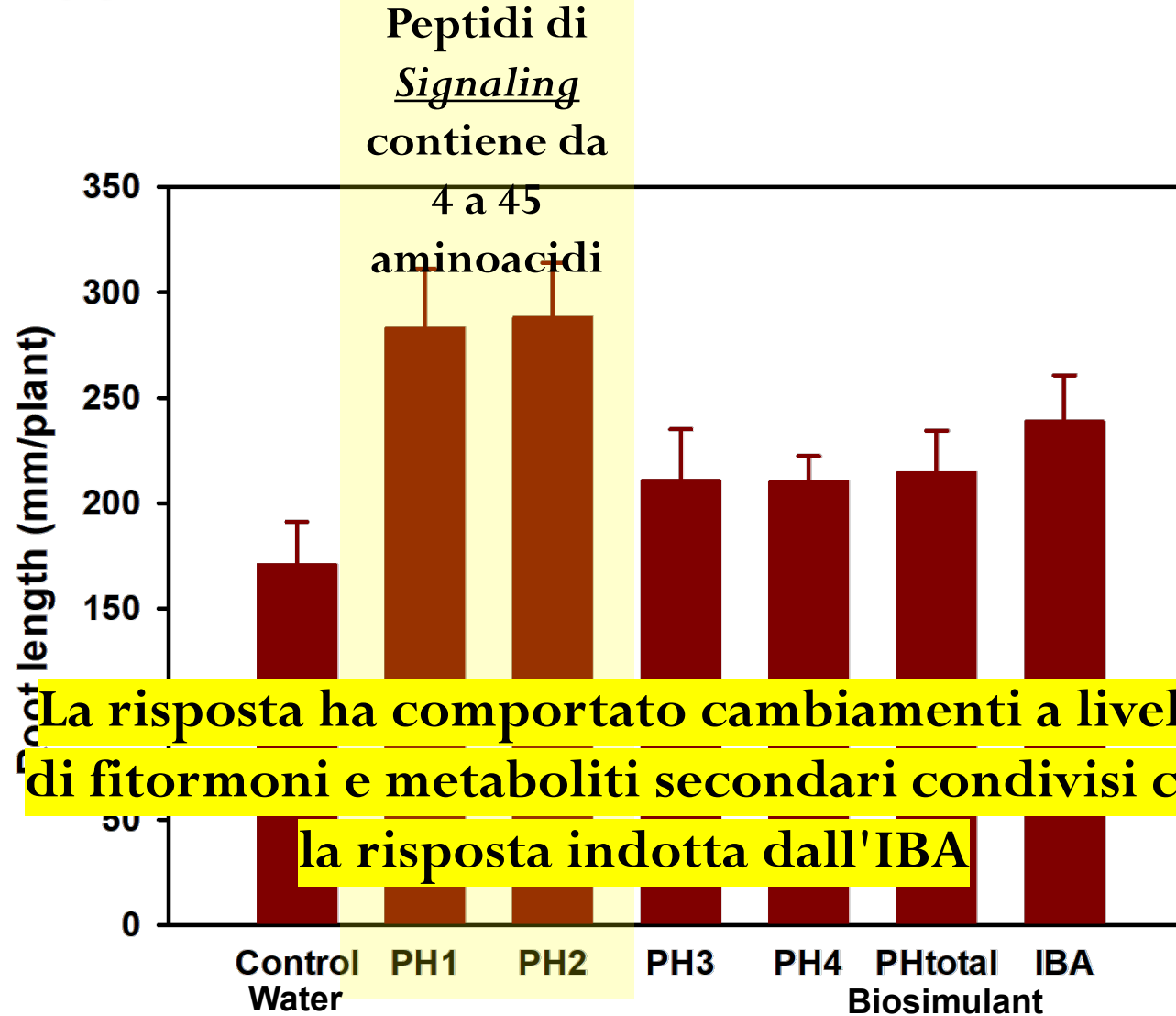
PH4

(5-8 kDa)

Peptide range

>73AA

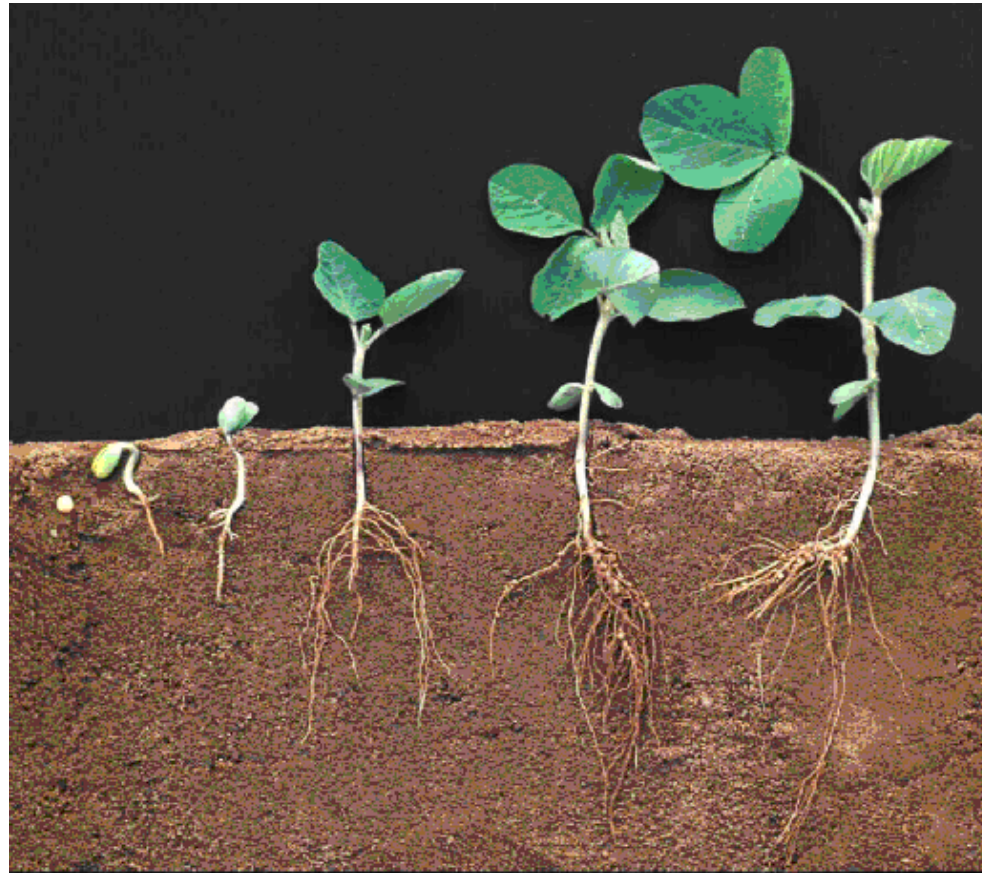
Saggio di radicazione del pomodoro



Talee non radicate immerse per 5 minuti in una soluzione contenente il PH o le sue frazioni (0,3 g N/L); acqua distillata e acido indolo-3-butirrico (IBA 0,6 g/L) utilizzati rispettivamente come controllo negativo e positivo.

PH di origine vegetale e crescita delle radici

- Gli idrolizzati proteici stimolano la crescita delle radici fini e quindi la disponibilità di nutrienti per l'assorbimento delle radici.



Applicazione del PH di origine vegetale in vivaio (g kg⁻¹ DW)



Miglioramento della qualità dei trapianti in termini di biomassa radicale e germogliata, area fogliare e indice SPAD

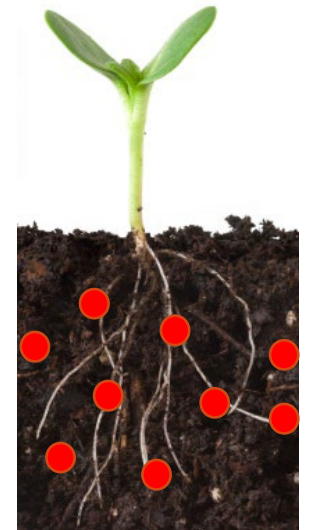


N

PH (g/L)	Eggplant	Pepper	Tomato
0.0	19.7	22.2	15.9
0.5	16.7	25.2	14.4
1.0	17.9	24.6	14.9
2.0	20.6	22.7	17.2
4.0	25.1	26.8	20.9
Significance	***	*	***

K

PH (g/L)	Eggplant	Pepper	Tomato
0.0	22.9	33.0	20.9
0.5	21.0	35.2	21.0
1.0	22.3	37.3	21.6
2.0	23.9	35.2	22.9
4.0	25.4	39.7	25.2
Significance	***	***	**



Applicazione microgranulare di idrolizzato proteico derivato da legumi al terreno di coltura in pre-semina.

(Rouphael et al., *Sci. Hortic.* 2021, 290: 110554)

Contenuto di nutrienti fogliari

Le applicazioni fogliari di un idrolizzato proteico derivato dal legume hanno aumentato la crescita, la composizione minerale delle foglie, la resa e la qualità dei frutti del pomodoro serra

Legume-derived PH (ml L ⁻¹) <i>Foliar application</i>	Mineral composition of leaves (g kg ⁻¹ D.W.)						
	N	P	S	K	Ca	Mg	Na
0.0	29.1	2.2 b	6.8	32.8 b	25.6	6.8 b	3.1
2.5	30.7	2.5 b	8.2	34.4 ab	28.2	7.8 b	2.8
5.0	32.5	3.0 a	8.2	37.5 a	29.7	9.7 a	2.8



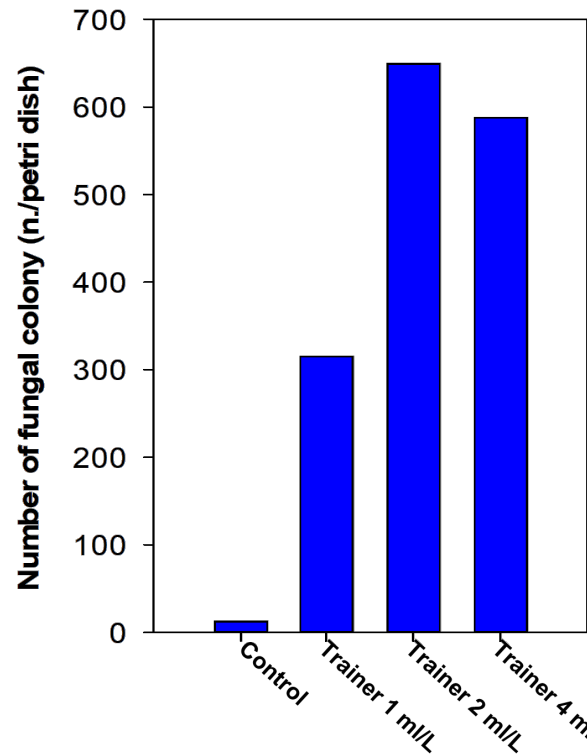
(Rouphael *et al.*, 2017, *Sci. Hortic.* 226: 353-360)

PH di origine vegetale e disponibilità di nutrienti

Disponibilità di nutrienti



PH di origine vegetale & *Trichoderma atroviride*



Sospensione acquosa di *Trichoderma atroviride* MUCL45632 (1×10^3 CFU mL⁻¹) contenente idrolizzato proteico derivato da legumi o acqua in terreno sabbioso.

Effects of a protein hydrolysate-based biostimulant and two micronutrient based fertilizers on plant growth and epiphytic bacterial population of lettuce

F. Luziatelli¹, A.G. Ficca¹, G. Colla², E. Svecova² and M. Ruzzi¹



Acta Hort. 1148. ISHS 2016. DOI 10.17660/ActaHortic.2016.1148.5
Proc. II World Congress on the Use of Biostimulants in Agriculture
Eds.: P. Brown and S. Muhammad

 **frontiers**
in Plant Science

ORIGINAL RESEARCH
published: 07 February 2017
doi: 10.3389/fpls.2017.00131

*Microbial-based biostimulant containing *Rhizophagus intraradices* and *Trichoderma atroviride* + legume-derived protein hydrolysate*



Synergistic Action of a Microbial-based Biostimulant and a Plant Derived-Protein Hydrolysate Enhances Lettuce Tolerance to Alkalinity and Salinity

Youssef Roupael¹, Mariateresa Cardarelli², Paolo Bonini³ and Giuseppe Colla^{4*}

(Cardarelli *et al.*, 2020, *Agronomy* 10, 6: 842)

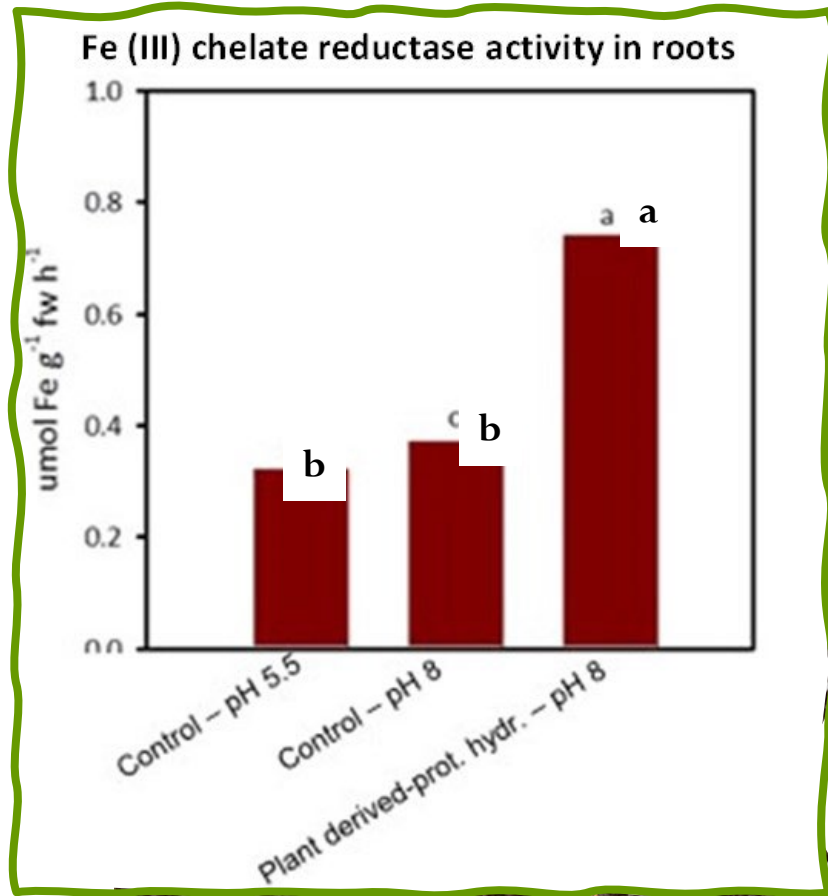
PH di origine vegetale e assimilazione dei nutrienti

Assimilazione dei nutrienti

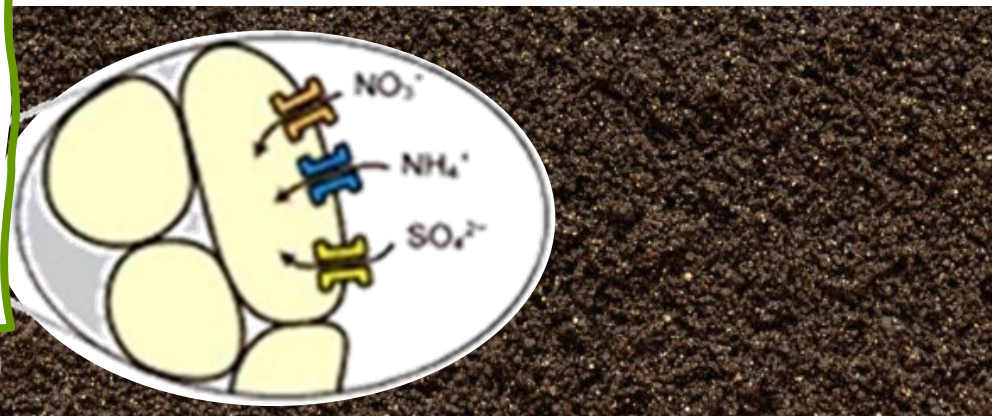


PH di origine vegetale e nutrizione vegetale

- Il PH di origine vegetale può stimolare i trasportatori di nutrienti delle radici e specifici enzimi radicali coinvolti nell'assorbimento dei nutrienti.



- *Pomodoro coltivato idroponicamente*
- *0, 0,1 e 0,2 mL L⁻¹ di PH aggiunto alla soluzione nutritiva normale o calce (10 mM NaHCO₃; 0,5 g L⁻¹ CaCO₃)*
- *Attività della FeIII-chelato reduttasi indotta da PH e foglia che promuove l'assorbimento e la successiva assimilazione di Fe in presenza di deficit di Fe indotto da calce*
- *PH aumento della concentrazione di clorophyll e ferro fogliare e crescita delle piante in condizioni limitanti di Fe*
- *Correlato all'azione di aminoacidi specifici (ad esempio acido glutammico)*



(Cerdán *et al.*,
2013, *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 176,
859-866)

PH vegetale e assimilazione dei nutrienti



NH_4^+

Amino acidi

NO_2^-



NO_3^-

Proteine



Ammonium and amino acid transporters, nitrate reductase, nitrite reductase and glutamate synthase

Protein Hydrolysate Stimulates Growth in Tomato Coupled With N-Dependent Gene Expression Involved in N Assimilation

Francesco Sestili¹, Youssef Roupael², Mariateresa Cardarelli³, Anna Pucci¹, Paolo Bonini⁴, Renaud Canaguier⁵ and Giuseppe Colla^{1*}

Stimolazione dell'espressione genica di specifici trasportatori ed enzimi coinvolti nell'assimilazione dell'azoto inorganico nelle radici.

Efficienza nell'uso dell'azoto (NUE)

$$\text{NUE} = \text{N-Uptake Efficiency} \times \text{N-Utilization Efficiency}$$



$$\frac{Y}{N_F} = \frac{N_P}{N_F} \times \frac{Y}{N_P}$$

Y = Biomassa vegetale

N_F = Dose di applicazione di nutrienti

N_P = Contenuto di nutrienti nella pianta

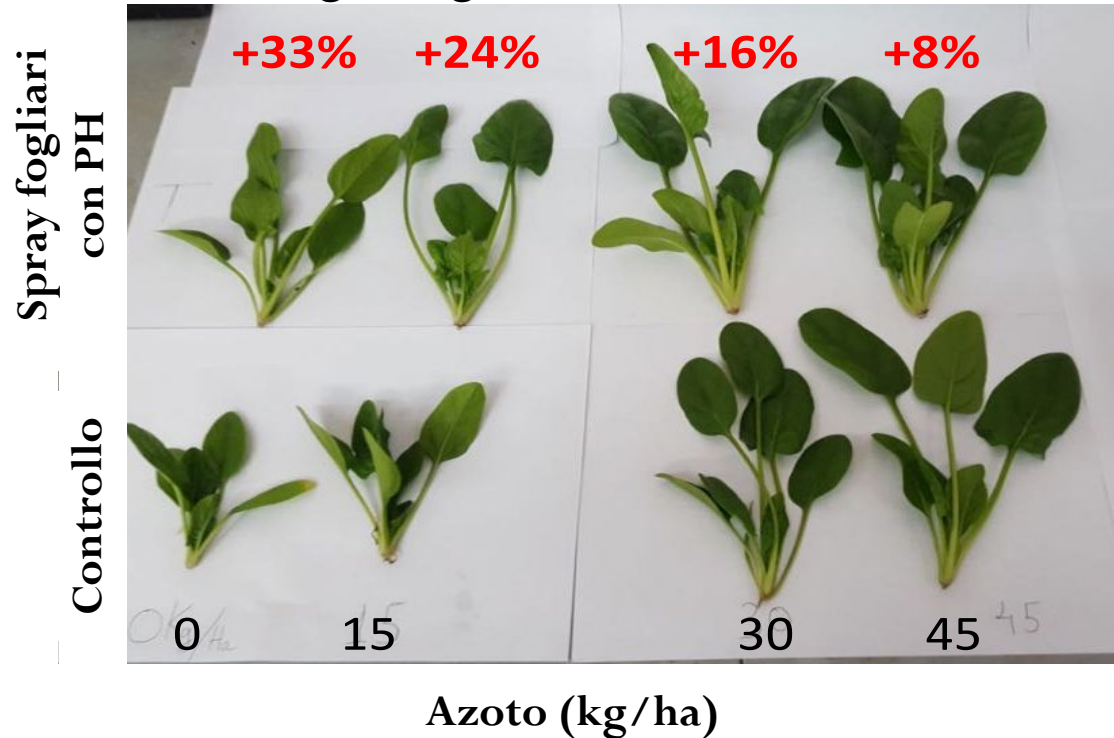
NUE = Resa (biomassa) per unità di input di fertilizzante

NUpE = assorbimento di nutrienti per input di fertilizzante

NUtE = Resa (biomassa) per unità di input di assorbimento dei nutrienti

Efficienza nell'uso dell'azoto (NUE)

Biomassa di germogli freschi

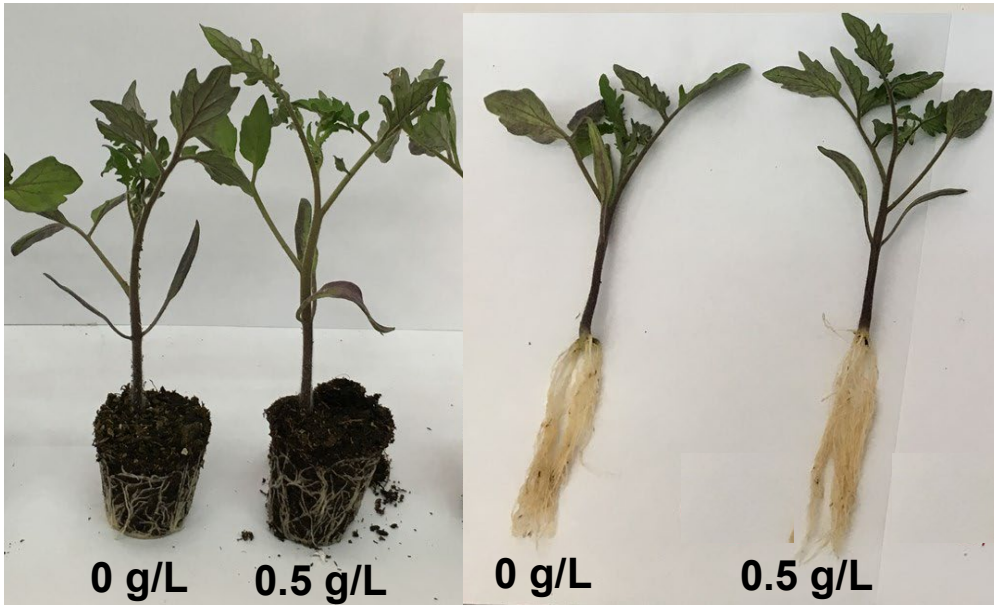


- Condizioni: serra
- Terreno: sabbioso
- Concimazione: 0, 15, 30 e 45 kg N/ha
- Coltura: 'Ornitorinco' *Spinacia oleracea*
- Biostimolante: PH derivato dal legume (0 o 4 ml/L)
- Applicazioni fogliari: 4 trattamenti a intervalli di 7 giorni

PH (ml/L)	NUE (t/kg)		
	15 kg N/ha	30 kg N/ha	45 kg N/ha
0	0.56	0.34	0.27
4	0.70 (+25%)	0.40 (+16%)	0.29 (+8%)

(Carillo *et al.*, 2019, *Agronomy* 9, 8: 450)

Efficienza nell'uso dell'azoto (NUE)



Applicazione microgranulare di idrolizzato proteico derivato da legumi al terreno di coltura (0 o 0,5 g/L) nella pre-semina dei trapianti di pomodoro

PH (g/L)	NUE (t/kg)	=	NU _p E (kg/kg)	x	NU _t E (t/kg)
0.0	10.9		0.17		62.9
0.5	12.3 (+13.2%)		0.18 (+5.3%)		67.8 (+7.4%)

(Rouphael *et al.*, submitted to *Front. Plant Sci.*)

Conclusive remarks

- I prodotti a base di idrolizzato proteico sono stati spesso segnalati per mostrare variazioni nelle loro composizioni ed effetti; È importante standardizzare il processo di produzione in termini di materia prima, fonti di enzimi e condizioni di idrolisi.
- Gli idrolizzati proteici di origine vegetale sono in grado di migliorare direttamente e indirettamente l'efficienza nell'uso dei nutrienti delle colture, specialmente in condizioni di scarso apporto di nutrienti.
- Gli effetti biostimolanti degli idrolizzati proteici di origine vegetale sembrano principalmente correlati alla composizione specifica di peptidi e aminoacidi.
- Gli effetti biostimolanti non sono completamente noti; solo recentemente grazie all'uso delle scienze "omiche" sta diventando possibile chiarire le modalità d'azione.
- Sono disponibili conoscenze limitate sugli effetti degli idrolizzati proteici sulle comunità microbiche che vivono nella rizosfera o nella fillosfera e sulle potenziali azioni sinergiche.
- **SONO NECESSARI PIÙ LAVORI DI RICERCA (INTERDISCIPLINARI)**