



UNIVERSITÀ
CATTOLICA
del Sacro Cuore

Postbiotici microbici per il biocontrollo in agricoltura tra evidenze di efficacia e prospettive di ricerca

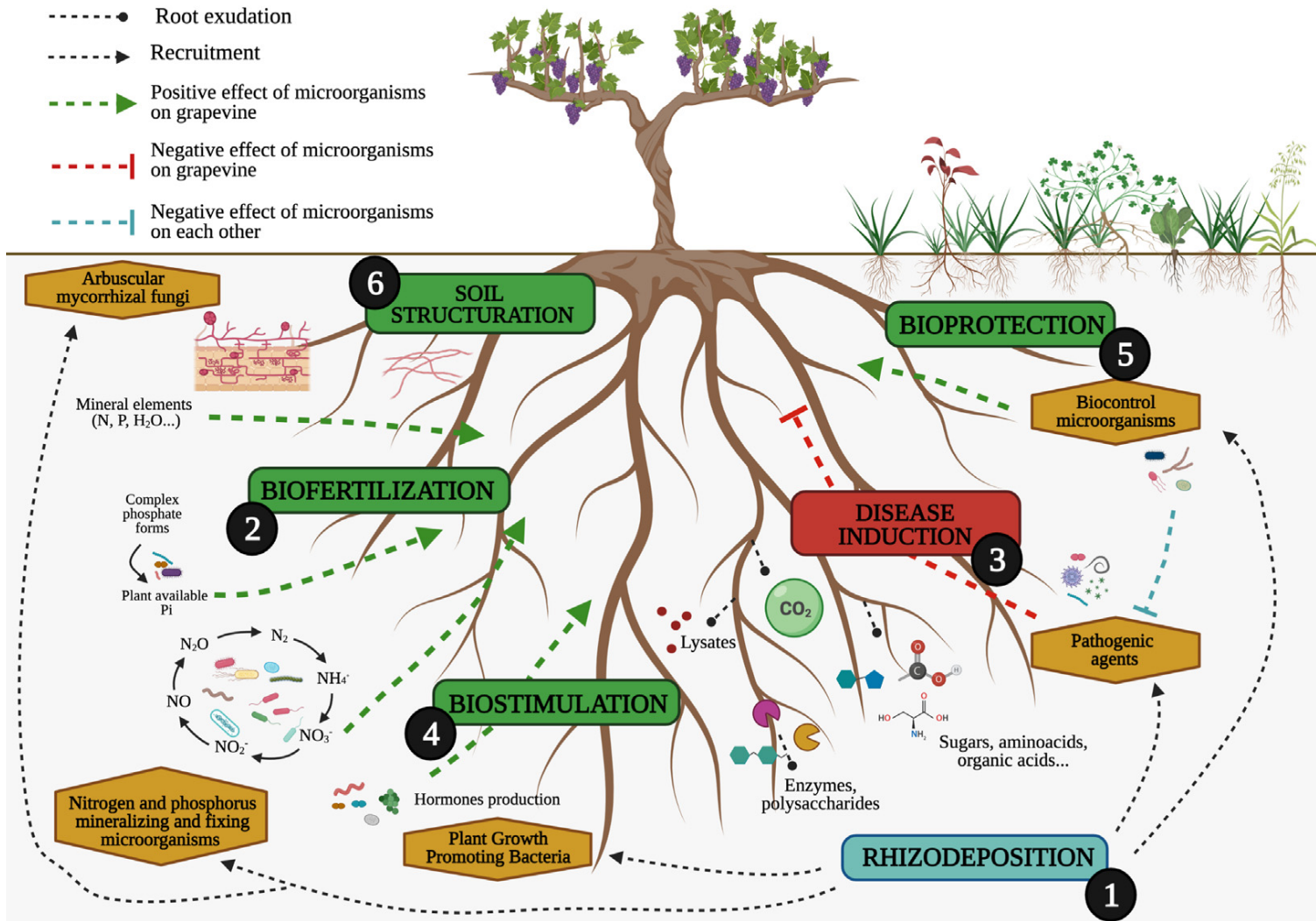
Edoardo Puglisi, *PhD*

Professore Ordinario di Microbiologia Agraria

Facoltà di Scienze Agrarie Alimentari ed Ambientali, Università Cattolica del Sacro Cuore

edoardo.puglisi@unicatt.it

Ecologia microbica e salute della pianta: l'olobionte



Prebiotici, probiotici e postbiotici: dall'uomo alla pianta



UNIVERSITÀ
CATTOLICA
del Sacro Cuore

IN SALUTE UMANA



Supporto ed equilibrio del microbiota intestinale e della salute dell'ospite

PREBIOTICI



Substrati non digeribili che **stimolano selettivamente** la crescita e l'attività del microbiota benefico.

Esempi:

- Inulina
- FOS (frutto-oligosaccaridi)
- GOS (galatto-oligosaccaridi)

PROBIOTICI



Microrganismi **vivi** che, somministrati in quantità adeguate, apportano **benefici** alla salute dell'ospite.

Esempi:

- *Lactobacillus* spp.
- *Bifidobacterium* spp.
- *Saccharomyces boulardii*

POSTBIOTICI



Cellule microbiche **non vive** e/o loro componenti o metaboliti che apportano **benefici** alla salute dell'ospite.

Esempi:

- Acidi organici (es. acido lattico)
- Batteriocine
- Esopolisaccaridi
- Frammenti della parete cellulare



TRASPOSIZIONE AL BENESSERE DELLE PIANTE E DEE SUOLO

IN SALUTE DELLE PIANTE (AGRICOLTURA)



Miglioramento della crescita, resilienza e produttività delle piante



Substrati **selettivi** che stimolano i **microrganismi benefici** nella rizosfera e nella fillosfera, aumentando la diversità e l'attività microbica.

Esempi:

- Essudati radicali
- Estratti di alghe
- Sostanze umiche
- Ammendanti organici (compost, biochar)



Microrganismi **vivi** che colonizzano la pianta o il suolo, favorendo la **crescita** e la **salute** delle piante.

Esempi:

- PGPR (rizobatteri promotori della crescita delle piante)
- *Bacillus* spp.
- *Pseudomonas* spp.
- *Trichoderma* spp.
- Batteri lattici



Cellule microbiche **non vive** o loro **derivati** che agiscono attraverso molteplici **meccanismi** sulle piante e sul suolo.

Esempi:

- Surnatanti privi di cellule
- Acidi organici
- Composti organici volatili (VOC)
- Lipopeptidi
- Siderofori
- Preparati a base di cellule morte

RISULTATI CHIAVE NELLE PIANTE



Promozione della crescita vegetale



Soppressione delle malattie



Maggiore tolleranza agli stress abiotici (siccità, salinità, ecc.)



Migliore efficienza nell'uso dei nutrienti

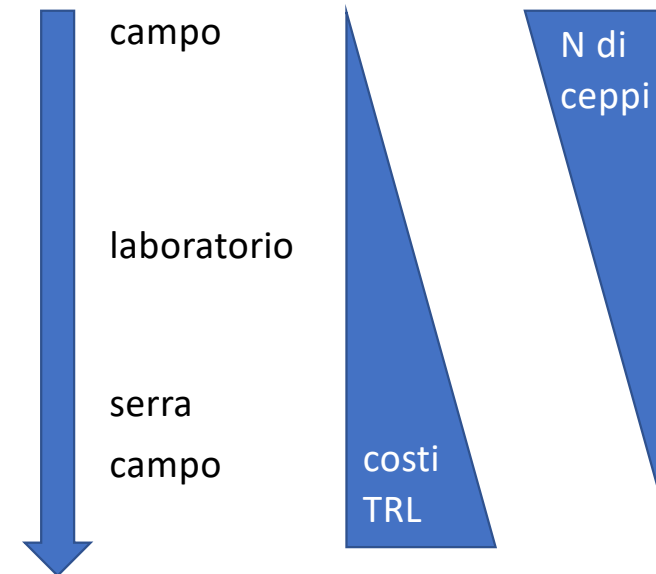


Produzioni agricole sostenibili e resilienti

Come scegliere i migliori agenti di biocontrollo: il bioprospecting

Bioprospecting -> *Sistematica ricerca di prodotti utili derivati da risorse biologiche incluse piante, animali e microorganismi che possono essere sfruttati per la commercializzazione ed il beneficio della società*

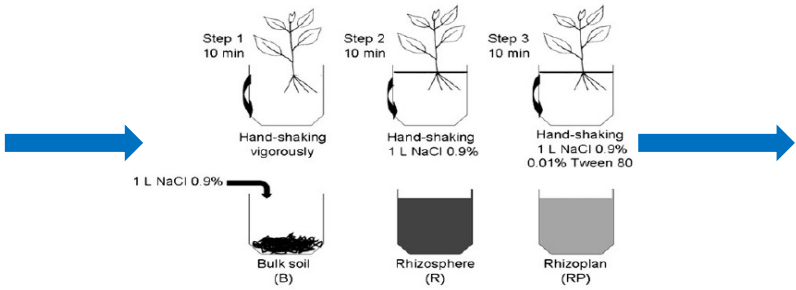
1. Isolamento di ceppi microbici dal suolo e dalla rizosfera
2. Dereplicazione ed identificazione tassonomica
3. Valutazione fenomica *in vitro* di proprietà di biocontrollo
4. Ranking quantitativo delle proprietà di biocontrollo
5. Analisi genomiche per confermare le proprietà, valutare sicurezza ed unicità (IP)
6. Rese in biomassa e scale-up industriale
7. Test di serra e di campo
8. Registrazione e commercializzazione



Bioprospecting: dal laboratorio al campo



rizosfera



Tecniche di isolamento



Culturomica

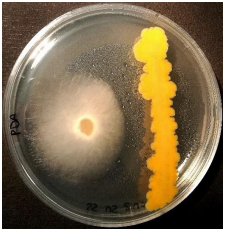
Test in pianta

Genomica

Registrazione

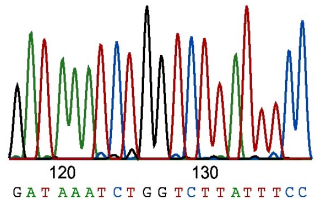
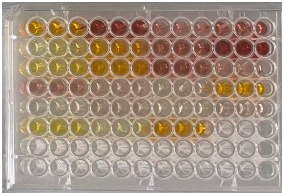


Ranking



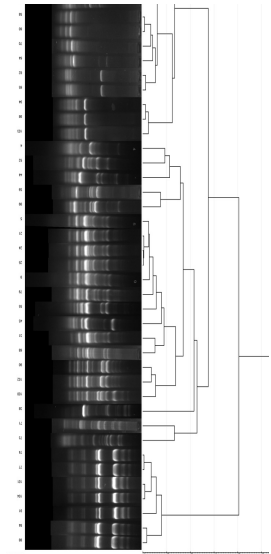
screening

biocontrollo



Identificazione
molecolare

Eliminazione
patogeni



Dereplicazione
molecolare

RANKING DEGLI ISOLATI

Table 4. Ranking of the rhizobacteria based on their in vitro PGP (plant growth promoting) and antifungal assay.

Code	Identity	N Fixation	P Solubilization	IAA Production		Antifungal Activity vs. <i>S. sclerotiorum</i>	Siderophore	Rank
				w/Try	w/o Try			
UC4094	<i>Enterobacter tabaci</i>	1	0.5	0.46	0.42	0.51	0.51	3.41
UC4098	<i>Stenotrophomonas rhizophila</i>	1	0.5	0.16	1.00	0.57	0.00	3.22
UC4109	<i>Enterobacter tabaci</i>	1	0.5	1.00	0.11	0.38	0.17	3.16
UC4127	<i>Klebsiella oxytoca</i>	1	0.5	0.25	0.22	1.00	0.09	3.06
UC4089	<i>Stenotrophomonas pictorum</i>	1	0.5	0.25	0.22	1.00	0.09	2.99
UC4105	<i>Stenotrophomonas pictorum</i>	1	0.25	0.17	0.03	0.75	0.78	2.98
UC4103	[<i>Pseudomonas</i>] <i>hibiscicola</i>	1	0.25	0.04	0.04	0.94	0.68	2.94
UC4123	<i>Klebsiella oxytoca</i>	1	0.5	0.25	0.21	0.93	0.02	2.92
UC4099	<i>Enterobacter tabaci</i>	1	0.5	0.36	0.09	0.45	0.51	2.90
UC4117	<i>Pseudomonas taiwanensis</i>	1	0.75	0.07	0.09	0.59	0.39	2.88
UC4113	[<i>Pseudomonas</i>] <i>hibiscicola</i>	1	0.25	0.04	0.03	0.85	0.68	2.86
UC4096	<i>Stenotrophomonas pavanii</i>	1	0.25	0.04	0.03	0.76	0.77	2.85
UC4090	<i>Aeromonas caviae</i>	1	0.5	0.18	0.12	0.74	0.30	2.84
UC4106	<i>Enterobacter ludwigii</i>	1	0.5	0.36	0.26	0.60	0.08	2.80
UC4093	<i>Stenotrophomonas pictorum</i>	1	0.25	0.02	0.01	0.60	0.91	2.79
UC4082	<i>Pseudomonas pseudoalcaligenes</i>	1	0.25	0.01	0.03	0.90	0.60	2.79
UC4084	<i>Kosakonia radicincitans</i>	1	0.5	0.04	0.02	0.65	0.58	2.78
UC4091	<i>Pseudomonas pseudoalcaligenes</i>	1	0	0.22	0.05	0.92	0.57	2.76
UC4101	<i>Klebsiella grimontii</i>	1	0.5	0.25	0.25	0.61	0.01	2.61
UC4118	<i>Klebsiella oxytoca</i>	1	0.5	0.26	0.22	0.43	0.11	2.52
UC4088	<i>Pseudomonas indoloxydans</i>	1	0	0.06	0.06	0.86	0.53	2.50
UC4087	<i>Pseudomonas indoloxydans</i>	1	0	0.05	0.06	0.82	0.55	2.48
UC4092	<i>Kosakonia radicincitans</i>	1	0.5	0.13	0.13	0.66	0.06	2.48
UC4104	<i>Stenotrophomonas rhizophila</i>	1	0.25	0.04	0.02	0.56	0.58	2.46
UC4110	<i>Kosakonia oryzendophytica</i>	1	0.5	0.06	0.04	0.60	0.18	2.39
UC4126	<i>Pseudomonas japonica</i>	1	0.5	0.18	0.13	0.11	0.42	2.33
UC4122	<i>Pseudomonas taiwanensis</i>	1	0.75	0.00	0.03	0.55	0.55	2.33
UC4125	<i>Delftia tsuruhatensis</i>	1	0	0.01	0.01	0.55	0.55	2.33
UC4102	<i>Chryseobacterium ureilyticum</i>	0	0.25	0.04	0.03	0.55	0.55	2.33
UC4120	<i>Chryseobacterium rhizosphaerae</i>	0	0	0.18	0.02	0.55	0.55	2.33
UC4086	<i>Klebsiella oxytoca</i>	0	0.5	0.54	0.31	0.55	0.55	2.33
UC4112	<i>Pseudomonas taiwanensis</i>	1	0.5	0.01	0.03	0.55	0.55	2.33
UC4081	<i>Chryseobacterium oranimense</i>	0	0.25	0.04	0.03	0.55	0.55	2.33
UC4083	<i>Stenotrophomonas acidamiphila</i>	0	0	0.05	0.04	0.55	0.55	2.33
UC4107	<i>Sphingobacterium canadense</i>	0	0	0.06	0.02	0.55	0.55	2.33
UC4108	<i>Chryseobacterium rhizosphaerae</i>	0	0	0.04	0.03	0.55	0.55	2.33
UC4080	<i>Sphingobacterium detergens</i>	0	0	0.04	0.01	0.55	0.55	2.33
UC4121	<i>Sphingobacterium siyangense</i>	0	0	0.00	0.00	0.55	0.55	2.33

w/Try and w/o Try stands for with or without DL-Tryptophan.



Article

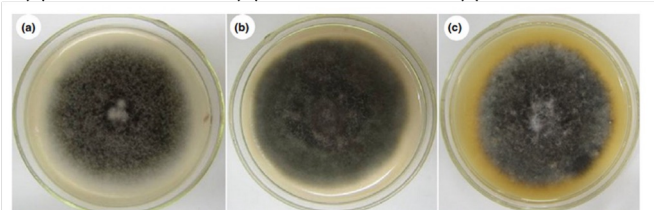
Isolation and Screening of Extracellular PGPR from the Rhizosphere of Tomato Plants after Long-Term Reduced Tillage and Cover Crops

Maria Chiara Guerrieri ¹, Elisabetta Fanfoni ¹, Andrea Fiorini ², Marco Trevisan ^{1,*} and Edoardo Puglisi ¹ 

Biocontrollo di *Alternaria* e micotossine

97 isolates tested VS.

(a) *A. tenuissima* (b) *A. alternata* (c) *A. solani*



Dual plate assay



LC-MS/MS

Biomass reduction
measured against
Alternaria spp. alone

Alternaria spp. mycotoxins:

- Tenuazonic acid (TeA)
- Alternariol (AOH)
- Alternariol methyl ether (AME)
- Tentoxine (TEN)

MYCOTOXINS

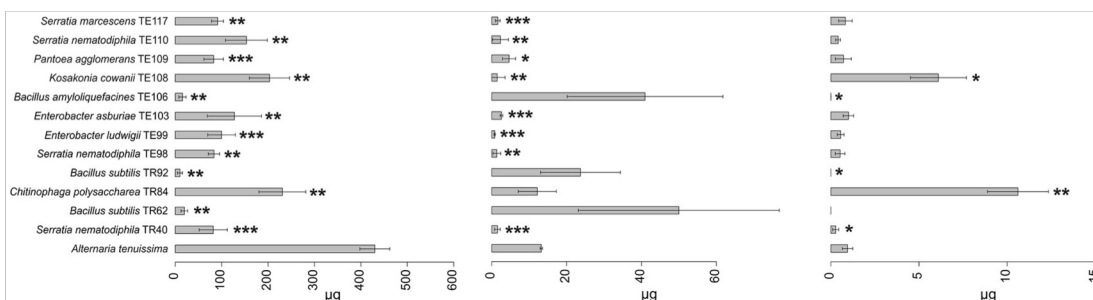


FIGURE 1
Barplot representing average production ($\mu\text{g} \pm \text{SD}$) of tenuazonic acid (TeA), alternariol (AOH), and tentoxin (TEN) mycotoxins by *A. tenuissima* in the presence of the top 12 strains in the ranking and in the absence of any strain (reference bar at the bottom of the barplot). Asterisks indicate the statistical significance between the values measured for the reference and the one for the isolate $*P \leq 0.05$, $**P \leq 0.01$, and $***P \leq 0.001$. Alternariol monomethyl ether (AME) results were not shown since no statistically significant results were observed in any of the strains.



OPEN ACCESS

EDITED BY
Musharaf Ahmad,
University of Agriculture, Peshawar, Pakistan

REVIEWED BY
Tanja Berić,
University of Belgrade, Serbia
Maria Ludovica Saccà,
Council for Agricultural and Economics
Research (CREA), Italy
Raja Asad Ali Khan,
Hainan University, China

*CORRESPONDENCE
Maria Elena Antinori
✉ mariaelena.antinori@unicatt.it

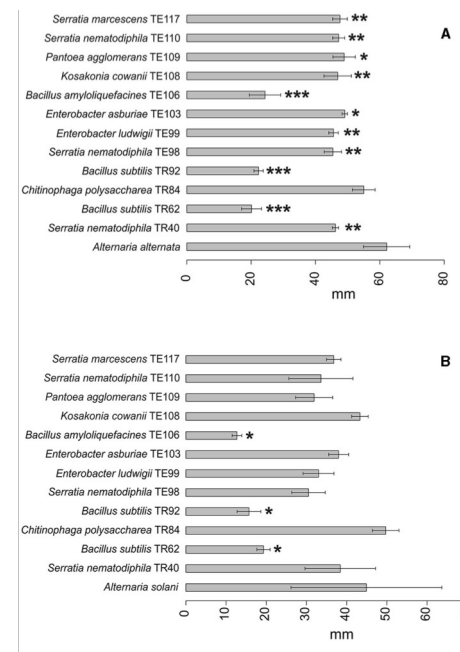
RECEIVED 12 May 2023
ACCEPTED 18 July 2023
PUBLISHED 04 August 2023

Enhancing plant defense using rhizobacteria in processing tomatoes: a bioprospecting approach to overcoming Early Blight and *Alternaria* toxins

Gabriele Bellotti¹, Maria Chiara Guerrieri¹, Paola Giorni²,
Giulia Bulla², Andrea Fiorini², Terenzio Bertuzzi³,
Maria Elena Antinori^{1*} and Edoardo Puglisi¹

¹Department for Sustainable Food Process, Università Cattolica del Sacro Cuore, Piacenza, Italy,
²Department of Sustainable Crop Production, Università Cattolica del Sacro Cuore, Piacenza, Italy,
³Department of Animal Science, Food and Nutrition, Università Cattolica del Sacro Cuore, Piacenza, Italy

FUNGAL BIOMASS



Design di consorzi microbici per il controllo in campo di *Alternaria*



Consorzio 1

Bacillus spp. (PR92)
Chitinophaga spp. (PR84)
Bacillus spp. (PR106)
Bacillus spp. (PR59)

Consorzio 2

Pseudomonas spp. (PR30)
Bacillus spp. (PR62)
Bacillus spp. (PR106)
Pseudomonas spp. (PR88)

Consorzio 3

Variovorax spp. (PR65)
Chitinophaga spp. (PR84)
Bacillus spp. (PR106)

Consorzio 4

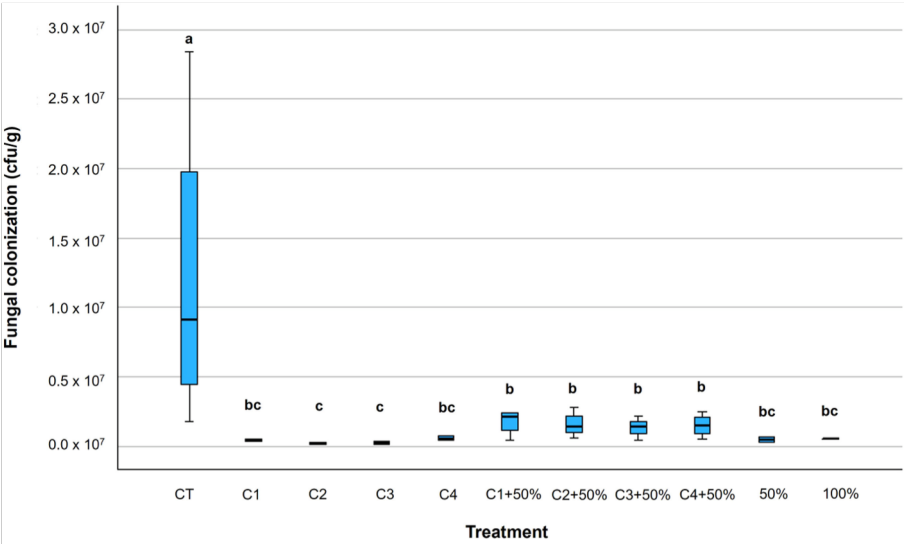
Serratia spp. (PR40)
Kosakonia spp. (PR108)

CODICE	Batterio	<i>A. solani</i>				<i>A. tenuissima</i>					<i>A. alternata</i>					PGPR properties		
		ranking riduzione crescita	ranking riduzione alternariolo	ranking riduzione alternariolo etere	ranking riduzione tentossina	RANKING riduzione crescita	RANKING riduz tenuazonico	RANKING riduz alternariolo	RANKING riduz alternariolo etere	RANKING riduz tentossina	RANKING riduzione crescita	ranking riduzione tenuazonico	ranking riduzione alternariolo	ranking riduzione alternariolo etere	ranking riduzione tentoxina	N fix	P sol	Sid
PR92	<i>Bacillus</i> spp.	1,50	-1	1	1	2,00	2,00	-3,00	-3,00	2,00	1,50	2,00	1,00	3,00	1,50	+	LEVEL 1	52%
PR84	<i>Chitinophaga</i> spp.	-1,00	1,5	1	-3	0	1,00	0,50	-1,00	-3,00	0,50	1,50	0,50	1,50	1,00	-	LEVEL 2 +	0
PR106	<i>Bacillus</i> spp.	1,50	1	1,5	-3	1,50	2,00	-3,00	-3,00	2,00	1,50	2,00	1,00	1,50	2,00	+	LEVEL 1	24%
PR59	<i>Bacillus</i> spp.	-1,00	1,5	1	-3	0,50	-3,00	1,50	0,50	-3,00	0,50	1,00	-2,00	-1,00	1,50	+	LEVEL 1	0
PR30	<i>Pseudomonas</i> spp.	1,00	1	1	-3	0,50	1,00	-3,00	-3,00	-3,00	0,50	2,00	0,50	1,50	1,00	+	LEVEL 2	0
PR62	<i>Bacillus</i> spp.	1,50	-3	1	-3	2,00	2,00	-3,00	-3,00	2,00	1,50	2,00	1,50	2,00	2,00	+	LEVEL 1	36%
PR106	<i>Bacillus</i> spp.	1,50	1	1,5	-3	1,50	2,00	-3,00	-3,00	2,00	1,50	2,00	1,00	1,50	2,00	+	LEVEL 1	24%
PR88	<i>Pseudomonas</i> spp.	-1,00	-3	-3	-3	0,50	-3,00	1,50	0,50	1,50	0,50	1,00	1,00	-3,00	1,00	+	LEVEL 2 +	0
PR65	<i>Variovorax</i> spp.	-1,00	1	1	-3	0	2,00	-3,00	-3,00	-3,00	-1,00	2,00	1,00	2,00	-3,00	+	LEVEL 1	0
PR84	<i>Chitinophaga</i> spp.	-1,00	1,5	1	-3	0	1,00	0,50	-1,00	-3,00	0,50	1,50	0,50	1,50	1,00	-	LEVEL 2 +	0
PR106	<i>Bacillus</i> spp.	1,50	1	1,5	-3	1,50	2,00	-3,00	-3,00	2,00	1,50	2,00	1,00	1,50	2,00	+	LEVEL 1	24%
PR40	<i>Serratia</i> spp.	0,50	2	2	0,5	1,00	2,00	2,00	1,50	1,50	1,00	2,00	1,50	2,00	-3,00	+	LEVEL 2 -	69%
PR108	<i>Kosakonia</i> spp.	0,50	2	2	-3	0,50	1,50	2,00	1,50	-3,00	0,50	2,00	1,00	1,50	1,00	+	LEVEL 3	0

TABLE 1 List of rhizobacteria used in the assembly of the four consortia.

Consortium	Strain codes	Rhizobacterial species
C1	TR92	<i>Bacillus subtilis</i>
	TR84	<i>Chitinophaga arvensicola</i>
	TE106	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>
	TR59	<i>Bacillus pumilus</i>
C2	TR30	<i>Pseudomonas fluorescens</i>
	TR62	<i>Bacillus subtilis</i>
	TE106	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>
	TR88	<i>Pseudomonas brassicacearum</i>
C3	TR65	<i>Variovorax paradoxus</i>
	TR84	<i>Chitinophaga arvensicola</i>
	TE106	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>
C4	TR40	<i>Serratia nematodiphila</i>
	TE108	<i>Kosakonia cowanii</i>

The 16S sequences used for taxonomic assignment can be found at GenBank OQ990921-OQ991008. TR, Tomato Rhizosphere; TE, Tomato Endosphere.



Check for updates

OPEN ACCESS

EDITED BY
Luisa Ghelardini,
University of Florence, Italy

REVIEWED BY
Loukas I. Kanetis,
Cyprus University of Technology, Cyprus
Chiara Aglietti,
University of Florence, Italy

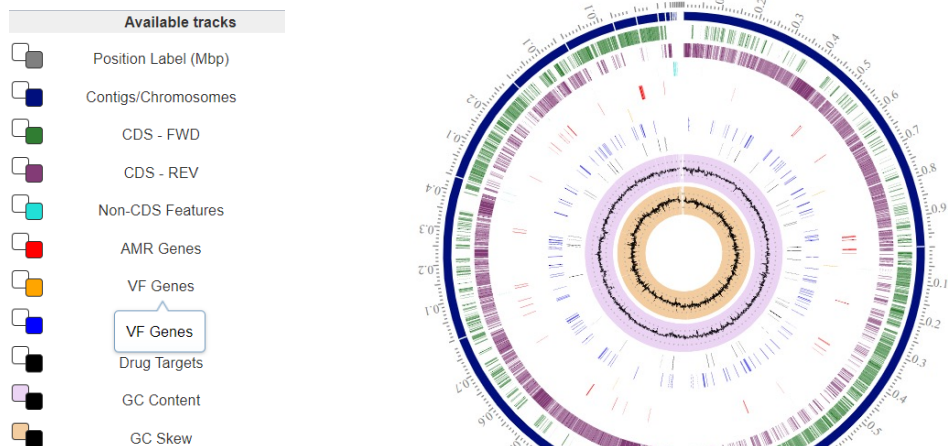
*CORRESPONDENCE
Terenzio Bertuzzi
✉ terenzio.bertuzzi@unicatt.it

RECEIVED 11 June 2024
ACCEPTED 02 August 2024
PUBLISHED 21 August 2024

In planta evaluation of different bacterial consortia for the protection of tomato plants against *Alternaria* spp. infection and *Alternaria* toxins presence in fruits

Paola [Giorni](#)¹, Giulia [Bulla](#)¹, Gabriele [Bellotti](#)², Maria Elena [Antinori](#)², Maria Chiara [Guerrieri](#)², Andrea [Fiorini](#)¹, Terenzio [Bertuzzi](#)^{3*} and Edoardo [Puglisi](#)²

Treatment	Tenuazonic acid (µg/kg)	Significance
CT	~1200	a
C1	~550	ab
C2	~200	ab
C3	~750	ab
C4	~600	ab
C1+50%	~50	b
C2+50%	~1350	a
C3+50%	~1650	a
C4+50%	~100	ab
50%	~550	ab
100%	~200	ab



Integrated Genomic and Greenhouse Assessment of a Novel Plant Growth-Promoting Rhizobacterium for Tomato Plant

Maria Chiara Guerrieri¹, Andrea Fiorini², Elisabetta Fanfoni¹, Vincenzo Tabaglio², Pier Sandro Cocconcelli¹, Marco Trevisan^{1*} and Edoardo Puglisi¹

¹ Department for Sustainable Food Process, Università Cattolica del Sacro Cuore, Piacenza, Italy, ² Department of Sustainable Crop Production, Università Cattolica del Sacro Cuore, Piacenza, Italy

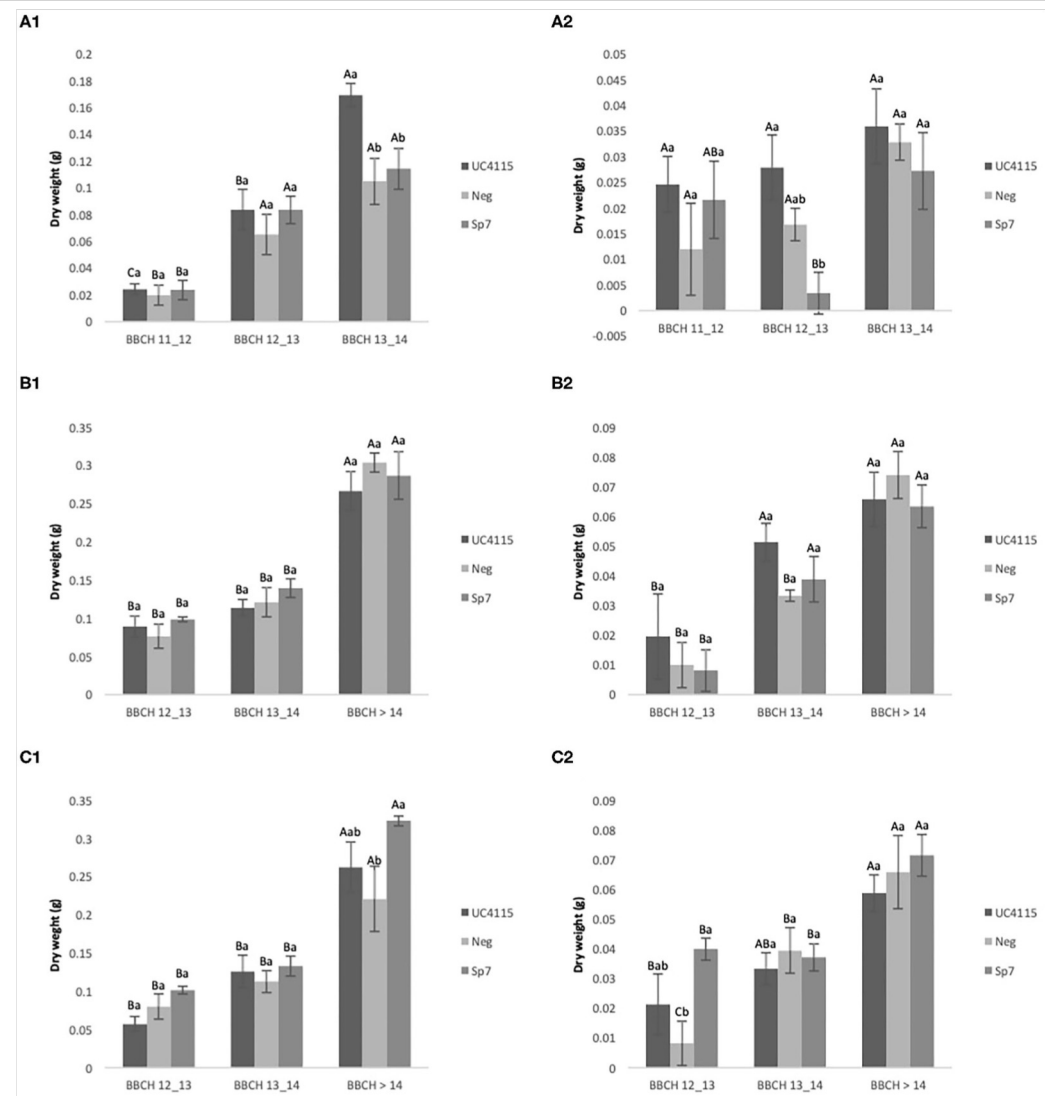
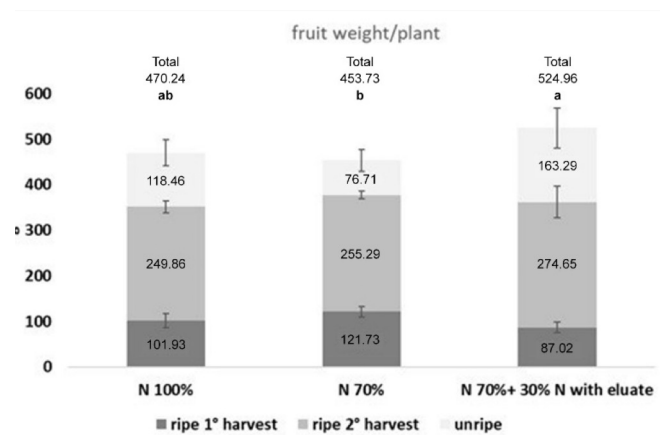


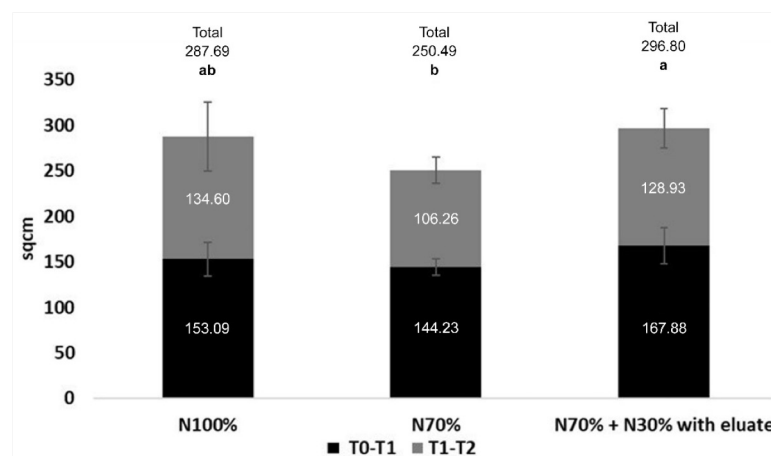
FIGURE 3 | Organic experiment. Evolution over time of tomato plant above-ground biomass (**A1,B1,B2**) and below-ground biomass (**A2,B2,C2**) after inoculation with UC4115, Sp7, and negative control at seed level (**A1,A2**), root level (**B1,B2**) and seed plus root level (**C1,C2**). Mean values $\pm$ standard deviation. Capital letters indicated differences among physiological state (BBCH) of tomato plant within the same inoculation; lowercase letters indicate differences among different inoculations within the same physiological state.

Attività biostimolante degli eluati microbici

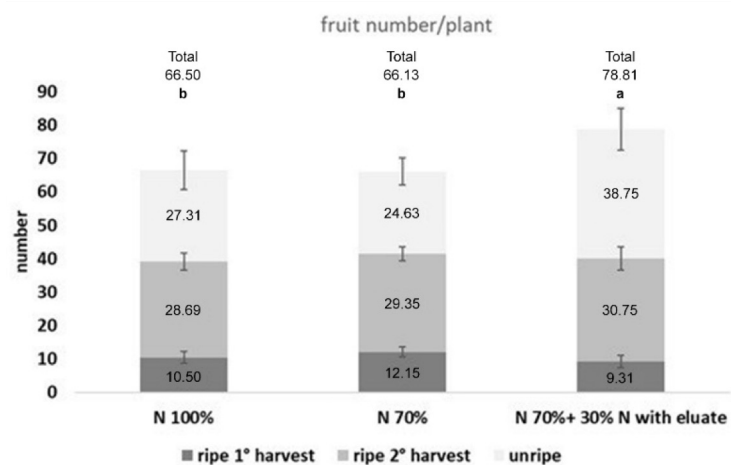
Peso delle bacche



Produzione totale



Numero di bacche



Article

LABs Fermentation Side-Product Positively Influences Rhizosphere and Plant Growth in Greenhouse Lettuce and Tomatoes

Gabriele Bellotti ¹, Eren Taskin ¹, Simone Sello ², Cristina Sudiro ², Rossella Bortolaso ², Francesca Bandini ¹, Maria Chiara Guerrieri ¹, Pier Sandro Cocconcelli ¹, Francesco Vuolo ^{3,*} and Edoardo Puglisi ¹

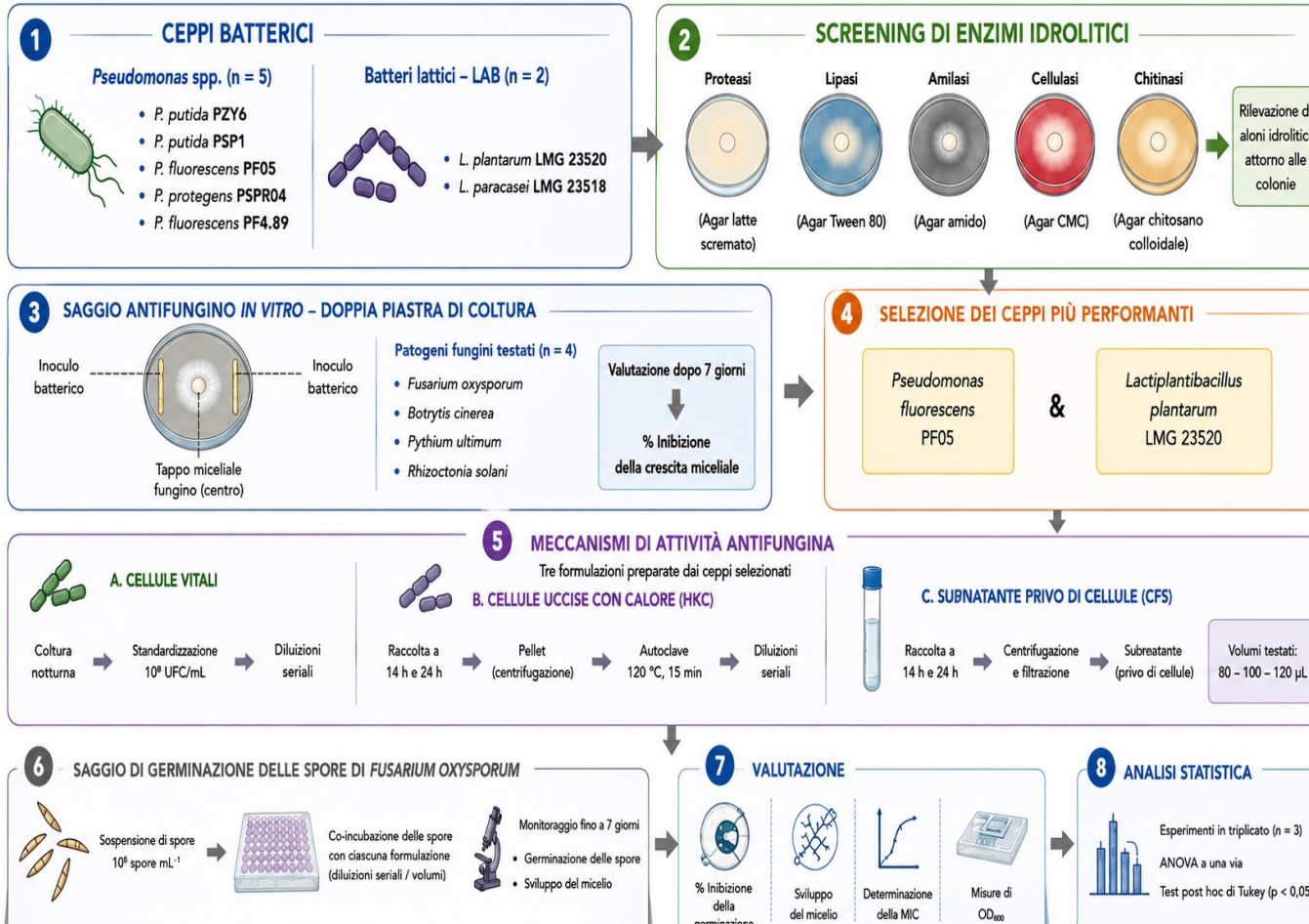
¹ Department for Sustainable Food Process (DISTAS), Faculty of Agriculture, Food and Environmental Sciences, Università Cattolica del Sacro Cuore, 29121 Piacenza, PC, Italy

² Landlab S.r.l., 36050 Quinto Vicentino, VI, Italy

³ Sacco S.r.l., Via Alessandro Manzoni 29/A, 22071 Cadorago, CO, Italy

* Correspondence: f.vuolo@saccosrl.it

Confronto tra cellule vive, cellule morte ed eluati nel biocontrollo



microorganisms



Brief Report

Evaluating the Role of Viable Cells, Heat-Killed Cells or Cell-Free Supernatants in Bacterial Biocontrol of Fungi: A Comparison Between Lactic Acid Bacteria and *Pseudomonas*

Francesca Di Rico ¹, Francesco Vuolo ^{2,*} and Edoardo Puglisi ¹

¹ Department of Food Science and Technologies for Sustainable Agro-Food Chain (DiSTAS), Università Cattolica del Sacro Cuore, 29122 Piacenza, PC, Italy; francesca.dirico@unicatt.it (F.D.R.); edoardo.puglisi@unicatt.it (E.P.)

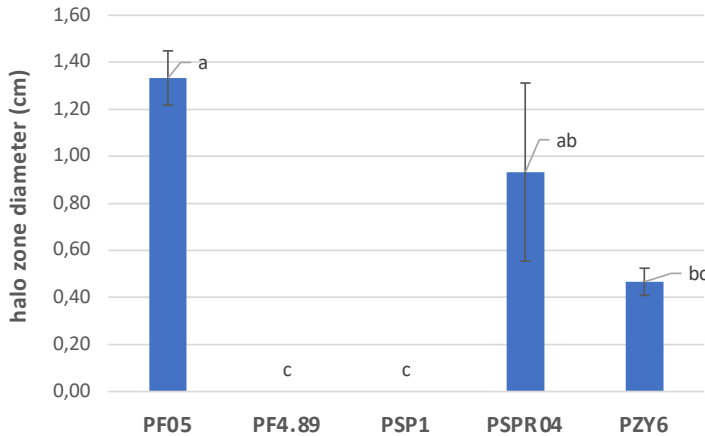
² Sacco System, 22071 Cadorago, CO, Italy
* Correspondence: f.vuolo@saccosrl.it

Confronto tra cellule vive, cellule morte e surnatante nel biocontrollo

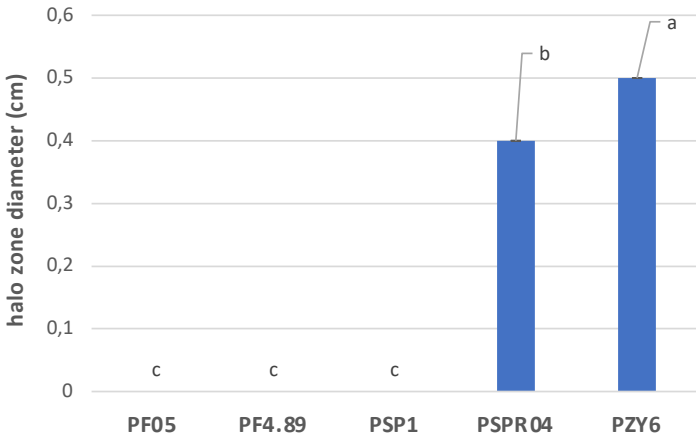


% Inhibition of Mycelial Growth				
<i>Pseudomonas</i> spp.	<i>F. oxysporum</i>	<i>B. cinerea</i>	<i>P. ultimum</i>	<i>R. solani</i>
PZY6	34.83 ± 5.28 b	−3.34 ± 1.99 b	8.10 ± 1.55 c	−12.51 ± 13.62 b
PSP1	35.95 ± 4.95 b	−0.74 ± 3.44 b	−0.56 ± 1.57 d	−14.46 ± 8.54 b
PF05	84.16 ± 1.5 a	78.45 ± 4.01 a	46.73 ± 3.12 a	29.88 ± 18.00 a
PSPR04	35.30 ± 6.88 b	−3.20 ± 1.12 b	23.26 ± 5.02 b	−9.45 ± 22.41 b
PF4.89	32.07 ± 8.43 b	−3.43 ± 1.88 b	−0.18 ± 0.90 d	15.04 ± 20.98 a
LAB strains	<i>F. oxysporum</i>	<i>B. cinerea</i>	<i>P. ultimum</i>	<i>R. solani</i>
LMG 23520	41.52 ± 9.37 a	14.85 ± 4.28 a	35.15 ± 33.44 a	−18.91 ± 16.51 a
LMG 23518	31.16 ± 10.70 ab	1.68 ± 1.09 b	36.66 ± 25.80 a	−24.55 ± 8.47 a

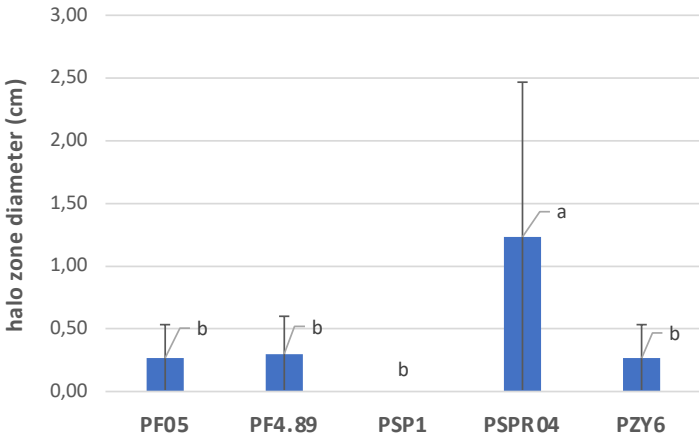
PROTEASI



LIPASI

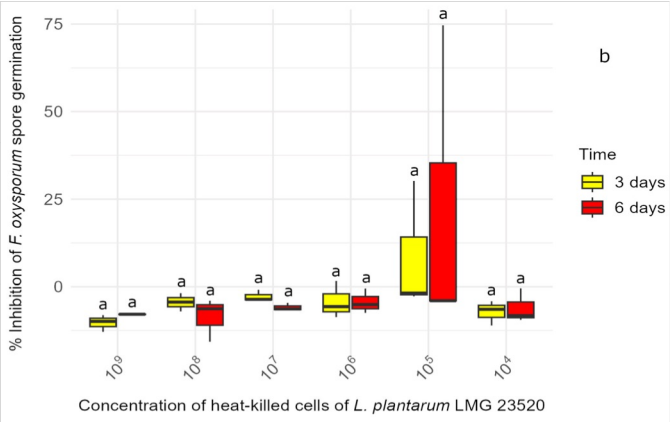
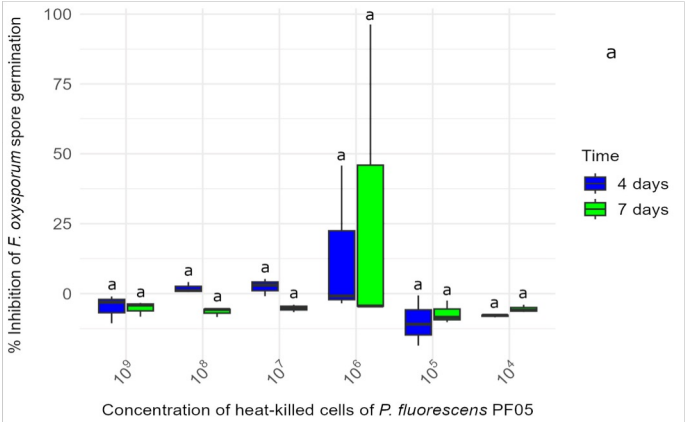


CELLULASI

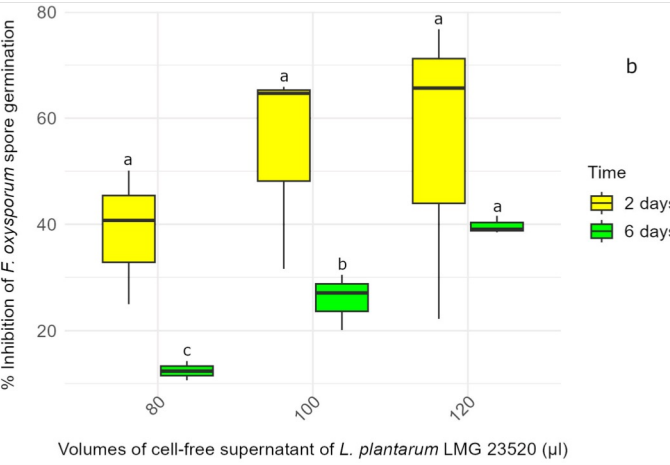
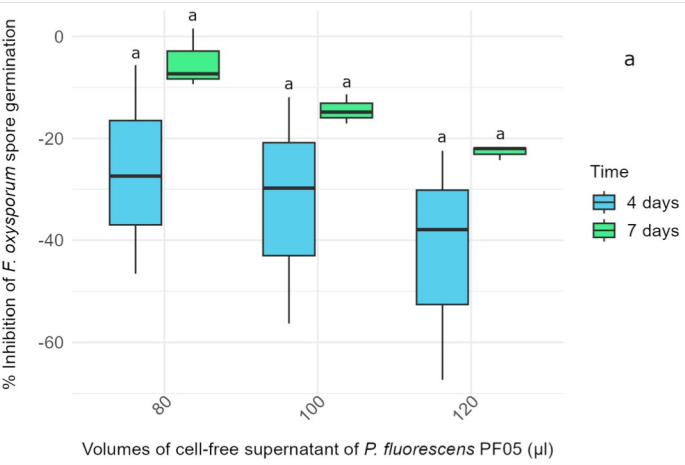


Confronto tra cellule vive, cellule morte ed eluati nel biocontrollo

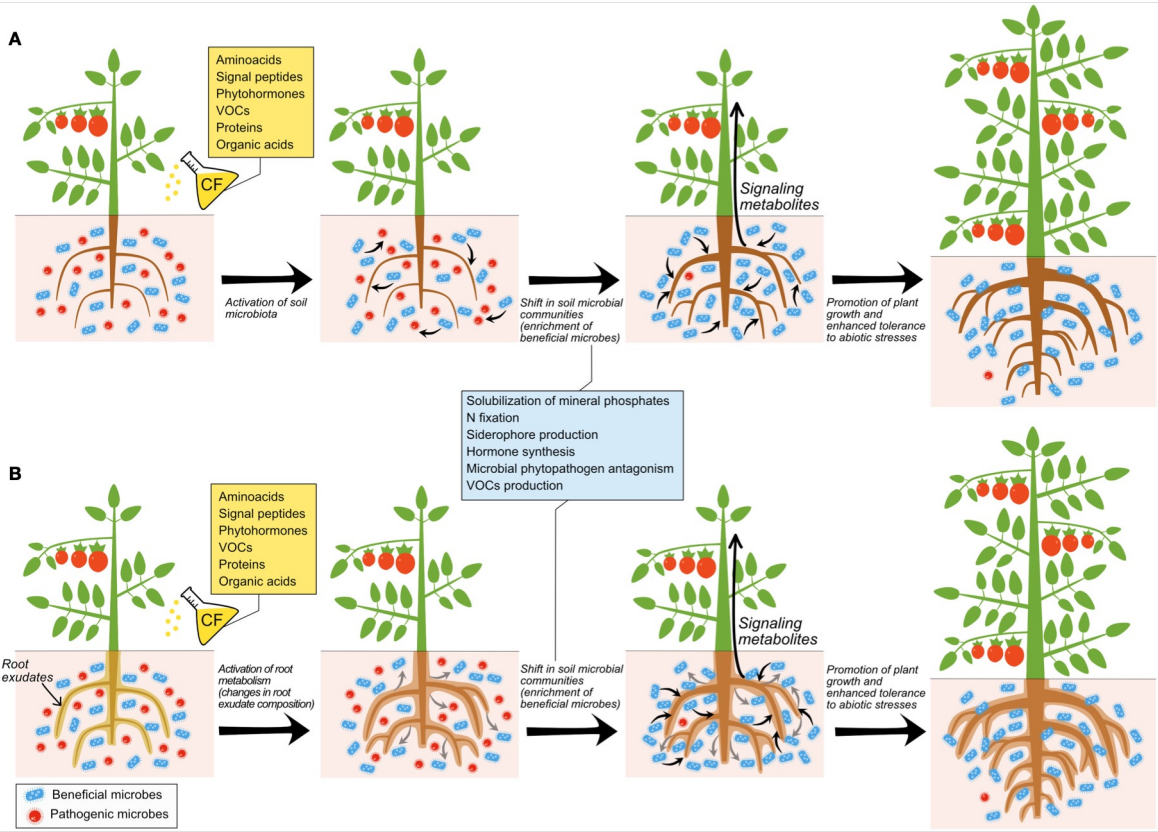
CELLULE UCCISE



SURNATANTE



Evidenze e meccanismi di azione



Morcillo RJL et al (2022) Cell-free microbial culture filtrates as candidate biostimulants to enhance plant growth and yield and activate soil- and plant-associated beneficial microbiota. *Front. Plant Sci.* 13:1040515. doi: 10.3389/fpls.2022.1040515

Table 2. Studies of biocontrol properties of cell-free supernatants (CFS) and CFSs metabolites of plant growth-promoting bacteria (PGPB) against bacterial phytopathogens.

PGPB Strain	Pathogen	Compound	Pt – Experiment	Ref
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> strain FZB42	<i>Bacillus brevis</i> ; <i>Bacillus subtilis</i> ; <i>Paenibacillus granivorans</i> ; <i>Micrococcus luteus</i>	Amylocyclin	C+E+DP – V	[44]
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> strain RC-2	<i>Agrobacterium tumefaciens</i> <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i>	Iturin	C+F – X (<i>Morus alba</i>)	[45]
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> strain KM658175	<i>Clavibacter michiganensis</i> ssp. <i>michiganensis</i>	-	C – V	[46]
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> strain KPS46	<i>Xanthomonas axonopodis</i> pv. <i>glycines</i>	Surfactin	C+F – G (<i>Glycine max</i>)	[47]
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> (SS-12.6, SS-38.4); <i>Bacillus pumilus</i> SS-10.7	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>aptata</i>	Iturin	C+E – V+P (<i>Beta vulgaris</i>)	[48]
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> Bk7; <i>Brevibacillus laterosporus</i> spp. (B4, S5); <i>Alcaligenes faecalis</i> spp. (Bk1, P1)	<i>Xanthomonas oryzae</i> pv. <i>oryzae</i>	-	C+F – V	[49]
<i>Bacillus licheniformis</i> N1	<i>Xanthomonas oryzae</i> pv. <i>oryzae</i>	Iturin A, Surfactin	C+DP – V+G (<i>Oryza sativa</i>)	[50]
<i>Bacillus</i> sp. SS12.9	<i>Xanthomonas oryzae</i>	Iturins	C+E – V	[51]
<i>Bacillus</i> sp. EA-CB0959	<i>Ralstonia solanacearum</i>	Fengycin, Iturin, surfactin,	C/E/DP- V + G (<i>Musa</i>)	[52]
<i>Bacillus subtilis</i> NB22, UB24	<i>Xanthomonas oryzae</i> ; <i>Pseudomonas lachrymans</i>	Iturin	C+F+E – V+X+G (<i>Oryza sativa</i> ; <i>Cucumis sativus</i>)	[53]
<i>Bacillus subtilis</i> 14B	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>	-	C+DP – V+G (<i>Solanum lycopersicum</i>)	[54]
<i>Bacillus subtilis</i> (ATCC 6633; BBG100)	<i>Erwinia chrysanthemi</i> ; <i>Pseudomonas aeruginosa</i> ; <i>Micrococcus luteus</i>	Mycosubtilin, surfactin, subtilin, subtilosin, rhizoctinins	C+E – V	[55]
<i>Bacillus subtilis</i> IH7	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>	Bac IH7	C+E+DP – V	[56]
Lactic acid bacteria	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>actinidiae</i> ; <i>Xanthomonas arboricola</i> pv. <i>pruni</i> ; <i>Xanthomonas fragariae</i>	D- and L-lactic acid	C+F – V	[57]
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> RZS3; <i>Alcaligenes</i> sp. STC1	<i>Pseudomonas solanacearum</i>	Siderophores	C – V	[58]
<i>Ochrobactrum lupini</i> KUDC1013	<i>Pectobacterium carotovorum</i>	PAA, H, LA/LPs/Flagella	C+E/C+DP – P (<i>Nicotiana tabacum</i>)	[59]
<i>Paenibacillus polymyxa</i>	<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i>	-	C – V C+F – G (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>acephala</i>)	[60]
<i>Paenibacillus</i> sp. B2	<i>Pseudomonas viridiflava</i> ; <i>Erwinia carotovora</i>	Polymyxin B	C+DP – V	[61]

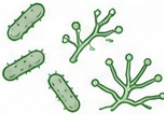
PAA, Phenylacetic acid; H, 1-hexadecene; LA, Linoleic acid; LPs, lipopolysaccharides; PT, production technique utilized to obtain CFS/metabolites; C, centrifugation; F, Filtration; E, solvent extraction; DP, several downstream processes; V, in vitro antagonism; X, ex vivo antagonism; P, in vitro growth; G, greenhouse/pot growth.

Pellegrini, M et al (2020) Cell-Free Supernatants of Plant Growth-Promoting Bacteria: A Review of Their Use as Biostimulant and Microbial Biocontrol Agents in Sustainable Agriculture. *Sustainability* 2020, 12, 9917.

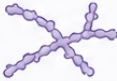
La situazione attuale in EU

SOSTANZE ATTIVE DI ORIGINE MICROBICA NEL FRAMEWORK FITOSANITARIO UE (2026)

Dati aggiornati: EU Pesticides Database, maggio 2026

TOTALE SOSTANZE ATTIVE APPROVATE 453 (Reg. UE 540/2011)	SOSTANZE CHIMICHE E NATURALI  ≈ 390 (~86%)	MICROORGANISMI VIVI (MICROBIALI)  > 60 (~13-14%) <i>Bacillus, Trichoderma, Pseudomonas, Streptomyces, Beauveria, ecc.</i>	DERIVATI MICROBICI NON VIVENTI ("POSTBIOTIC-LIKE")  5 (~1%) Prodotti derivati o metaboliti di microrganismi
--	--	---	--

5 DERIVATI MICROBICI NON VIVENTI APPROVATI NELL'UE

1. CEREVISANE	2. SPINOSAD	3. SPINETORAM	4. ABAMECTINA	5. MILBEMECTINA
 Origine: <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	 Origine: <i>Saccharopolyspora spinosa</i>	 Origine: <i>Saccharopolyspora spinosa</i>	 Origine: <i>Streptomyces avermitilis</i>	 Origine: <i>Streptomyces hygroscopicus</i>
 Tipologia Parete cellulare di lievito	 Metabolita secondario	 Derivato semisintetico delle spinosine	 Metabolita secondario	 Metabolita secondario
 Componenti bioattivi β-glucani mannoproteine	 Spinosine A e D	 Spinosine J e L	 Avermectine B1a e B1b	 Milbemicine A3 e A4
 Meccanismo d'azione Elicitore delle difese naturali della pianta (induzione ISR)	 Insetticida (attività su insetti target, azione sui recettori nAChR)	 Insetticida (attività su insetti target, azione sui recettori nAChR)	 Insetticida / acaricida (azione su canali del Cl⁻ glutammato-dipendenti)	 Acaricida (azione su canali del Cl⁻ glutammato-dipendenti)
 Uso autorizzato Fungicida (orticoltura, frutticoltura, colture ornamentali)	 Insetticida (ampie colture)	 Insetticida (ampie colture)	 Acaricida / insetticida (orticoltura, frutticoltura, colture arboree)	 Acaricida (orticoltura, frutticoltura, colture arboree)
 Stato UE Sostanza di base (Reg. UE 2017/470)	 Sostanza attiva approvata (Reg. CE n. 1107/2009)	 Sostanza attiva approvata (Reg. CE n. 1107/2009)	 Sostanza attiva approvata (Reg. CE n. 1107/2009)	 Sostanza attiva approvata (Reg. CE n. 1107/2009)

Nota: il termine "postbiotico" non è riconosciuto nella normativa fitosanitaria UE; utilizzato qui in senso descrittivo per indicare derivati microbici non viventi.

- Gli agenti di biocontrollo microbico rappresentano uno strumento di grande utilità
- Dal punto di vista dell'ecologia microbica biocontrollo e biostimolazione sono effetti sinergici con cui i microorganismi aiutano la pianta
- Molto spesso non occorrono cellule vive per ottenere gli effetti: lisati cellulari, e surnatanti come gli eluati derivanti dalla produzione industriale dei microorganismi hanno effetti simili se non superiori
- Molti metaboliti sono stati identificati, altri non ancora
- Meccanismi di azione solo in parte conosciuti
- Nuove prospettive di ricerca: sRNAs e vescicole extracellulari come induttori di resistenza modulabili in funzione della coltura e del patogeno



Chimica - UCSC

Luigi Lucini
Leilei Zhang
Marco Trevisan

Agronomia - UCSC

Vincenzo Tabaglio
Andrea Fiorini
Federico Capra

Patologia Vegetale - UCSC

Paola Giorni
Tito Caffi

Viticoltura- UCSC

Stefano Poni
Tommaso Frioni

Microbiologia - UCSC

Francesca Bandini
Gabriele Bellotti
Ginevra Canavera
Francesca Di Rico
Rebecca Ghisolfi
Maria Chiara Guerrieri
Filippo Vaccari

Eren Taskin
Pier Sandro Cocconcelli

ISA – SPIN OFF UCSC

Marco Trevisan
Maria Elena Antinori
Victor Sanchez Rivera

