

Progetto *GO OBA.NUTRA.FOOD - Ortobioattivo: agroecologia per la produzione sostenibile di ortaggi nutraceutici* Sottomisura 1.1 (CUP ARTEA 863467)

Piano di Sviluppo Rurale 2014/2020 - Bando relativo al Sostegno per l'attuazione dei Piani Strategici e la costituzione e gestione dei Gruppi Operativi PEI-AGRI - annualità 2017

RUOLO DEI MICRORGANISMI: BATTERI E FUNGHI *Manuela Giovannetti, Università di Pisa*

29 marzo 2022 - ore 10-12

6 aprile 2022 - ore 10-12

14 aprile 2022 - ore 10-12

Per poter inviare il ppt in pdf ho dovuto togliere alcune foto e slides.

L'agricoltura intensiva, che si è sviluppata nella seconda metà del secolo scorso nei paesi occidentali, globalmente conosciuta come RIVOLUZIONE VERDE, ha rappresentato un grande successo, avendo sopperito al bisogno di cibo di molti popoli in tutto il mondo

Secondo l'agronomo americano Tilman nel giro di 35 anni è raddoppiata la produzione mondiale di grano, ma questo ha richiesto incrementi di 7 e 3,5 volte del tasso globale annuale di fertilizzazione azotata e fosfatica, ed al raddoppio delle terre irrigate.

Questi alti inputs energetici e chimici hanno influenzato tutti gli ecosistemi terrestri e marini, provocando:

- contaminazione delle acque
- rilascio di gas serra
- perdita di diversità genetica
- eutrofizzazione di laghi, fiumi, mari
- erosione dei suoli e desertificazione
- perdita di fertilità dei suoli

Emissioni di gas serra globali:

- 25% del rilascio totale umano di CO_2 ,
- 50% di metano
- 75% of N_2O

Table 4. Average use of pesticides from 2001 to 2012 in European countries. The quantity of pesticide used (kg/ha) is calculated by dividing the total quantity of pesticide used in a given country by the agricultural areas (Source: FAOSTAT).

Country	Pesticide usage (kg/ha) ^a				Pesticide usage (kg/ha) ^b			
	FB ^c	H ^d	I ^e	Total	FB	H	I	Total
Austria	1.08	1.08	0.09	2.25	0.48	0.48	0.04	1.00
Belgium	2.92	4.73	0.83	8.48	1.82	2.95	0.52	5.29
Cyprus	1.94	0.88	1.70	4.52	1.82	0.87	1.68	4.36
Czech Republic	0.36	0.88	0.06	1.30	0.27	0.67	0.05	0.99
Denmark	0.26	1.03	0.02	1.31	0.22	0.91	0.02	1.15
Estonia	0.07	0.55	0.02	0.63	0.04	0.38	0.01	0.44
Finland	0.09	0.57	0.01	0.67	0.09	0.56	0.01	0.66
France	1.98	1.35	0.10	3.43	1.31	0.89	0.07	2.27
Germany	0.79	1.37	0.10	2.26	0.56	0.98	0.07	1.61
Greece	1.28	0.67	0.65	2.59	0.58	0.30	0.29	1.17
Hungary	0.55	0.88	0.33	1.75	0.45	0.73	0.27	1.46
Ireland	0.50	1.73	0.04	2.27	0.13	0.45	0.01	0.59
Italy	4.82	0.92	1.16	6.90	3.35	0.64	0.81	4.80
Latvia	0.11	0.48	0.02	0.61	0.07	0.31	0.01	0.39
Lithuania	0.12	0.60	0.01	0.73	0.09	0.43	0.01	0.52
Netherlands	3.94	3.03	1.32	8.30	2.18	1.67	0.73	4.57
Poland	0.37	0.69	0.06	1.12	0.29	0.54	0.05	0.88
Portugal	5.59	0.98	0.21	6.78	3.08	0.54	0.12	3.73
Romania	0.23	0.40	0.11	0.74	0.15	0.27	0.07	0.50
Slovakia	0.23	0.71	0.05	0.99	0.17	0.50	0.04	0.70
Spain	0.74	0.61	0.73	2.08	0.46	0.37	0.45	1.28
Sweden	0.09	0.64	0.01	0.74	0.07	0.54	0.01	0.62
United Kingdom	0.93	2.47	0.20	3.60	0.32	0.85	0.07	1.24
Total	28.97	27.24	7.84	64.05	18.00	16.83	5.39	40.23
Average	1.26	1.18	0.34	2.78	0.78	0.73	0.23	1.75
EU								

^a Arable land and permanent crops.

^b Arable land, permanent crops, permanent meadows, and pastures.

^c Fungicides and bactericides.

^d Herbicides.

^e Insecticides.

Uso di pesticidi dal
2001 al 2012 in
Europa (Kg/ha).
Italia al terzo posto
dopo Belgio e Olanda

- Dobbiamo ridisegnare il sistema di produzione del cibo e dare più importanza alla sostenibilità che alla produzione.
- Catherine Badgley, Nature 419, 777 (24 October 2002)

- INDIVIDUAZIONE DELLE PRATICHE AGRONOMICHE CHE PERMETTANO DI CONSERVARE E INCREMENTARE LA FERTILITA' DEI SUOLI E DI RIDURRE L' INPUT ENERGETICO.

- SVILUPPO DI NUOVE VARIETA' CAPACI DI PRODURRE CON MINORI APPORTI CHIMICI, DI RESISTERE ALLE MALATTIE E TOLLERARE STRESS IDRICI E SALINI.

COME?

Utilizzando pratiche basate sulle **proprietà intrinseche del suolo e delle sue risorse naturali** - completamente ignorate dalle tecniche adottate dall'agricoltura intensiva - come i **microrganismi biofertilizzanti e biostimolanti**, capaci di fissare l'azoto atmosferico, di aumentare l'assorbimento di fosforo, azoto e di altri minerali fondamentali per la crescita delle piante, di proteggere le piante dagli attacchi dei patogeni e di ristabilire, mantenere ed accrescere la fertilità del suolo.

In agricoltura biologica, la fertilità del suolo e la produttività sono basate sui processi biologici governati dai microrganismi benefici del suolo, che influenzano la salute, la produttività e la biodiversità delle piante.

Un esempio molto significativo: risultati di ricerche che hanno messo a confronto tecniche di coltivazione convenzionali ad alto input di pesticidi e fertilizzanti chimici con sistemi organici dove l'azoto è fornito da microrganismi azotofissatori associati alle radici di piante leguminose (200 Kg di azoto per ettaro per anno, Drinkwater et al., 1998).

Dopo 10 anni il raccolto medio di mais differisce di meno dell'1%, ma i sistemi convenzionali fanno registrare un impatto ambientale molto più elevato: il 60% in più di nitrati è dilavato e finisce nelle acque.

Soil Fertility and Biodiversity in Organic Farming

Paul Mäder,^{1*} Andreas Fließbach,¹ David Dubois,² Lucie Gunst,²
Padruot Fried,² Urs Niggli¹

*SCIENCE 2002,
296, 1694-1697*

An understanding of agroecosystems is key to determining effective farming systems. Here we report results from a 21-year study of agronomic and ecological performance of biodynamic, bioorganic, and conventional farming systems in Central Europe. We found crop yields to be 20% lower in the organic systems, although input of fertilizer and energy was reduced by 34 to 53% and pesticide input by 97%. Enhanced soil fertility and higher biodiversity found in organic plots may render these systems less dependent on external inputs.

21 anni di ricerche su performance agronomica ed ecologica di sistemi biodinamici, biologici e convenzionali in Europa Centrale.

Raccolti: 20% più bassi nei sistemi biologici, ma input energetici ridotti del 53% e uso pesticidi ridotto del 97%.

Aumenta fertilità del suolo e biodiversità, che rende i sistemi biologici più resilienti e meno dipendenti da inputs esterni.

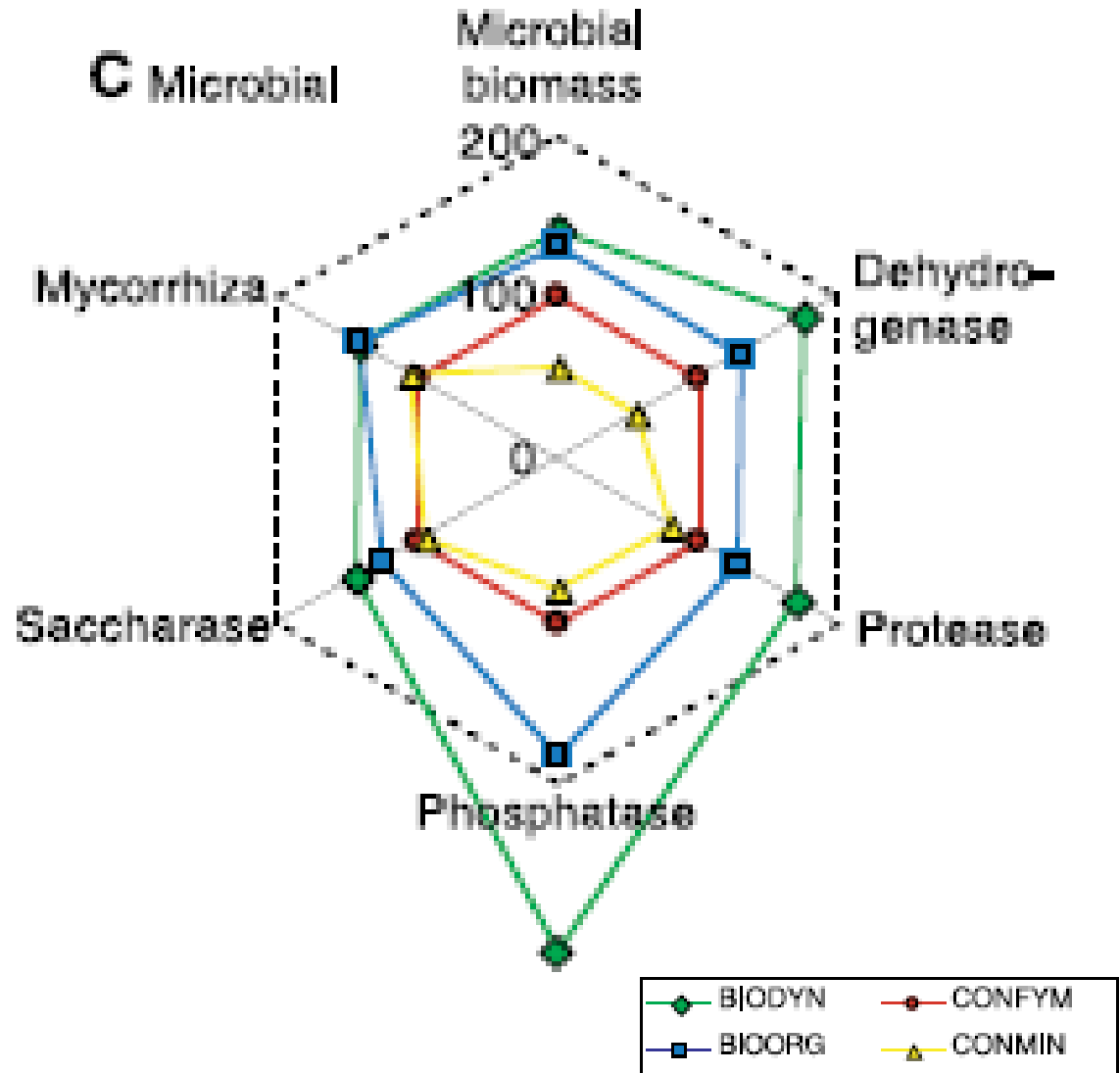
Soil Fertility and Biodiversity in Organic Farming

Paul Mäder,^{1*} Andreas Fließbach,¹ David Dubois,² Lucie Gunst,² Padruot Fried,² Urs Niggli¹

An understanding of agroecosystems is key to determining effective farming systems. Here we report results from a 21-year study of agronomic and ecological performance of biodynamic, bioorganic, and conventional farming systems in Central Europe. We found crop yields to be 20% lower in the organic systems, although input of fertilizer and energy was reduced by 34 to 53% and pesticide input by 97%. Enhanced soil fertility and higher biodiversity found in organic plots may render these systems less dependent on external inputs.

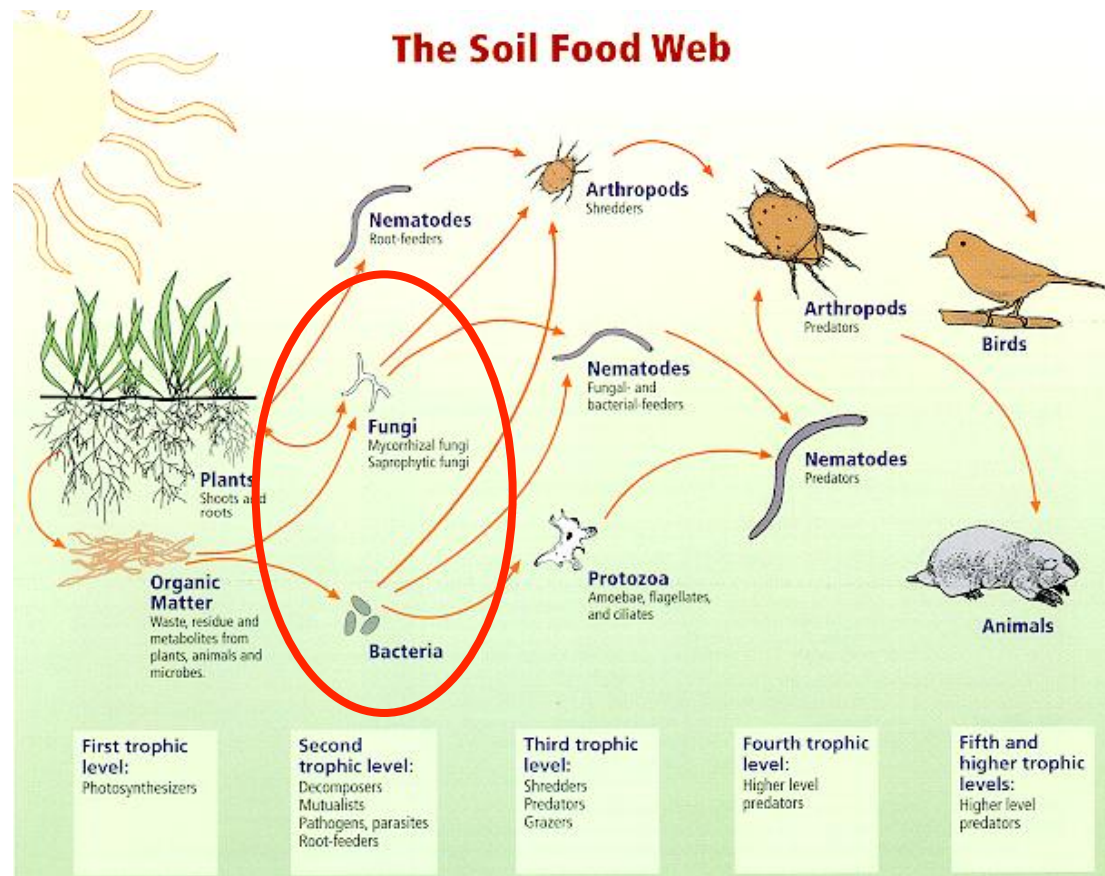
Science 2002,
296: 1694-1697

Proprietà fisiche,
chimiche e
biologiche dei
suoli nel sistema
agricolo DOC



SUOLO, essenza di tutta la vita sulla terra.

Presiede a importanti e numerose funzioni dell'ecosistema: produttività primaria, purificazione delle acque, biodegradazione degli inquinanti, nutrizione delle piante, cicli biogeochimici.



BIODIVERSITA' DEL SUOLO

UNA MANCIATA DI TERRA E' PIENA DI VITA!

In una manciata di terra (100 g) possiamo trovare un mondo di organismi viventi, la maggior parte dei quali a noi sconosciuti. L'esistenza di questo "mondo misterioso" risulta essenziale per la vita e deve essere protetta.



BIOMASSA DEI
MAGGIORI
COMPONENTI DEL
BIOTA IN UN SUOLO
TEMPERATO
COLTIVATO A PRATO
(ton/ha)

Batteri	1-2
Attinomiceti	0-2
Funghi	2-5

Conoscenza della complessa rete di interazioni che regola il funzionamento degli agroecosistemi.

How Belowground Biota Drives the Aboveground Subsystem. Ecological Linkages Between Aboveground and Belowground Biota. Wardle et al., Science, 304, 5677, 1629-1633, 2004

“I meccanismi attraverso cui la produttività primaria è regolata dalle interazioni che avvengono nel suolo sono ben conosciuti. Per esempio, i simbionti mutualistici come i funghi micorrizici possono aumentare l’accesso ai nutrienti limitanti, con un feedback positivo sulla produttività vegetale.

MICRORGANISMI DEL SUOLO FONDAMENTALI PER IL COMPLETAMENTO DEI CICLI BIOGEOCHIMICI

BIOMASSA DEI MAGGIORI COMPONENTI DEL BIOTA IN UN SUOLO TEMPERATO COLTIVATO A PRATO

SOIL BIOTA

BIOMASSA (ton/ha)

Radici piante	fino a 90, ma generalmente circa 20
Batteri	1-2
Attinomiceti	0-2
Funghi	2-5
Protozoi	0-0.5
Nematodi	0-0.2
Lombrichi	0-2.5
Altri animali	0-0.5

**I MICRORGANISMI PIU' IMPORTANTI AI FINI DELLA
FERTILITA' DEL SUOLO:**

**BATTERI AZOTOFISSATORI
FUNGHI MICORRIZICI**

Le micorrize, simbiosi tra funghi e piante

Le micorrize sono associazioni simbiotiche mutualistiche prodotte dalla associazione tra funghi che vivono nel terreno e la maggior parte delle piante terrestri: queste simbiosi coinvolgono circa 6000 specie di funghi e 240.000 specie vegetali.

**In natura
il 90% delle
piante
non possiede
radici, ma
MICORRIZE**

MICORRIZE ARBUSCOLARI

Presenti nella maggior parte
delle piante agrarie

NESSUNA SPECIFICITA' D'OSPITE

Una specie fungina può colonizzare migliaia
di specie di piante diverse e una stessa
pianta può essere colonizzate da diverse
specie fungine

GLOMEROMYCOTA
≅ 320 specie

Le micorrize arbuscolari si trovano nell'80%
delle piante, e nella maggior parte delle
piante coltivate

CEREALI

riso, mais, grano, orzo, miglio

LEGUMI

fagioli, lenticchie, piselli

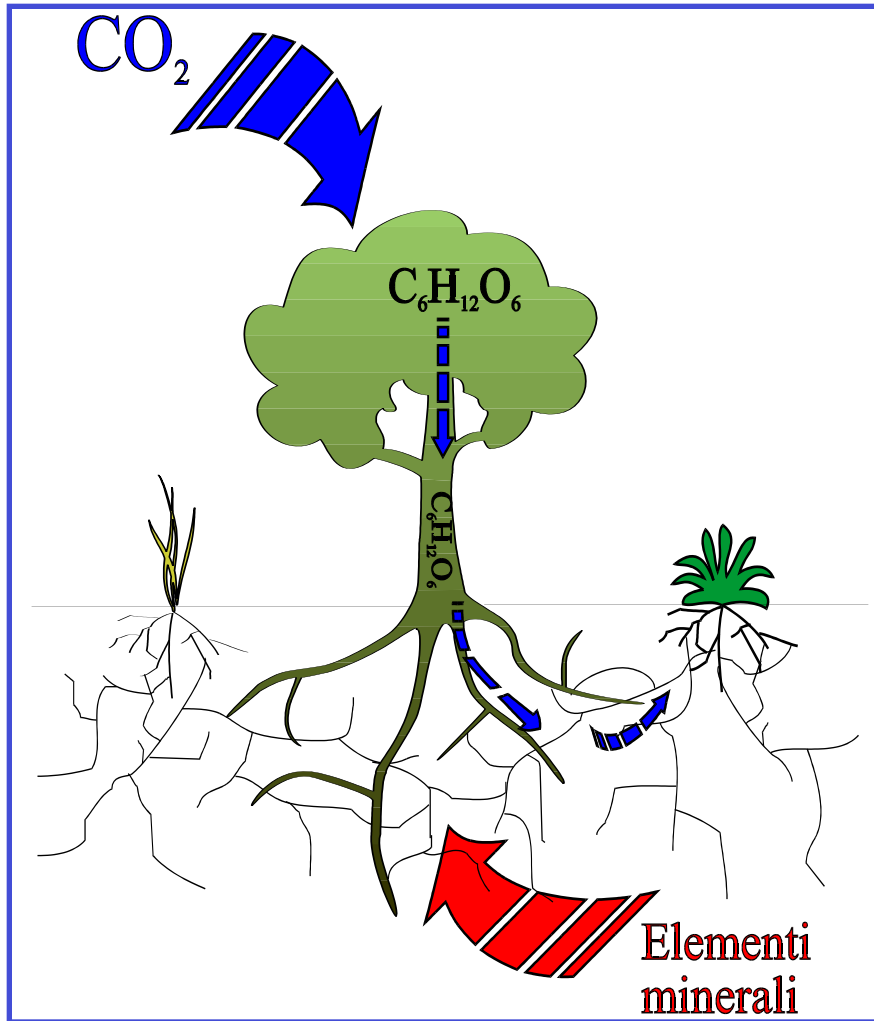
ORTAGGI E FRUTTA

compresi vite e olivo

E in piante importanti dal punto di vista industriale come girasole, cotone, canna da zucchero, tabacco, albero della gomma

SIMBIOSI MUTUALISTICA

I funghi micorrizici ricevono zuccheri dalla pianta ospite, in cambio di nutrienti minerali che assorbono dal suolo e traslocano alla pianta, attraverso una fitta rete di ife extraradicali che dalla radice colonizzata si estende nell'ambiente circostante.



Benefici della simbiosi micorrizica sulla pianta

- **Maggiore efficienza nell'assorbimento del fosforo dal terreno**
- **Maggiore assorbimento di microelementi quali: Cu, Zn, K, Ca**
- **Maggiore selettività nell'assorbimento dal suolo di Fe, Na, Cl**
- **Maggiore capacità di suzione dell'acqua dal suolo e migliore sua traslocazione all'interno della pianta**
- **Maggiore tolleranza ai patogeni e parassiti sia della parte aerea che di quella radicale**
- **Maggiore resistenza a stress abiotici quali: alte temperature, stress idrici e salini, acidità del terreno e alla presenza di metalli pesanti**

Benefici della simbiosi micorrizica

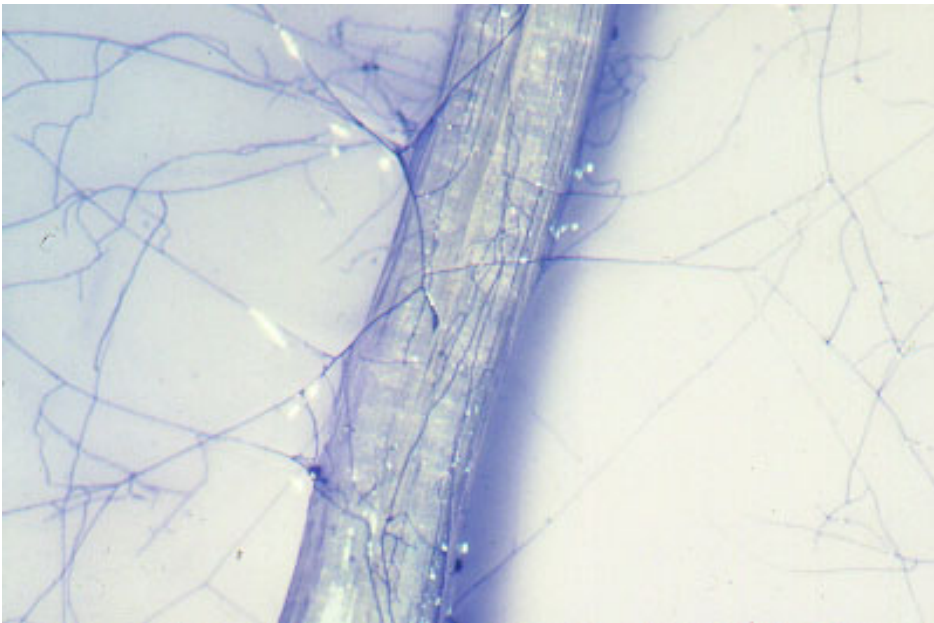
- Maggiore tolleranza ai patogeni
- Maggiore resistenza a stress abiotici quali: alte temperature, siccità, presenza di sali e metalli pesanti



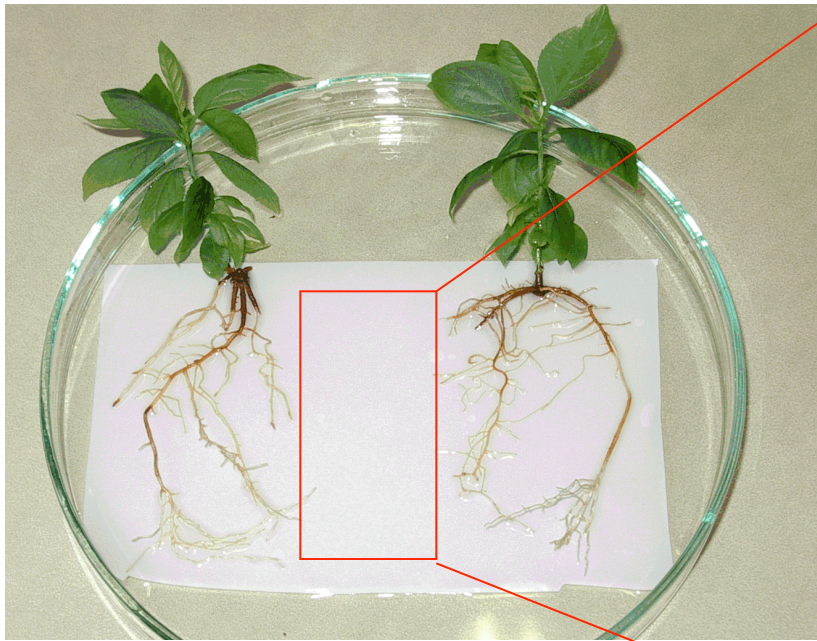
Meccanismi per la difesa delle piante da stress biotici:

- competizione per i siti di infezione
- produzione di sostanze chimiche differenziali
- produzione di antibiotici e siderofori da parte dei **batteri associati**

Strutture fungine extraradicali: micelio extraradicale, che rappresenta la struttura chiave per l'assorbimento dei nutrienti minerali (P, N, Cu, Zn, K, Ca, S, acqua). Connette piante diverse e ridistribuisce le risorse all'interno della comunità vegetale: è stato definito dalla rivista Nature "wood wide web"



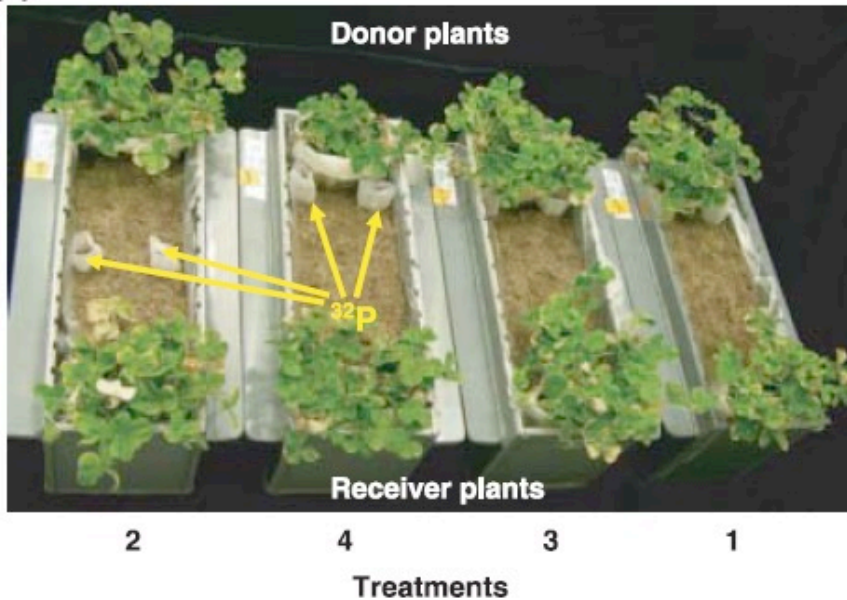
La wood wide web connette piante appartenenti a famiglie, generi e specie diverse



BELOWGROUND PLANT INTERCONNECTIONS

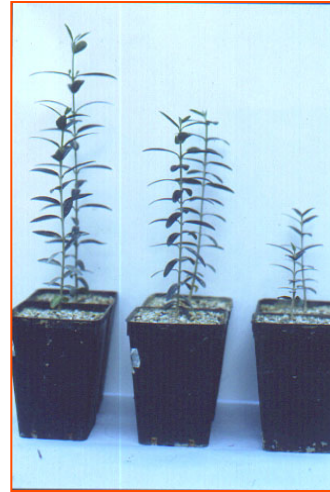
(Giovannetti et al., 2004, New Phytologist, 164:175-181)

(a)



Il nostro studio ha aperto la strada a esperimenti che hanno dimostrato che le reti micorriziche del suolo che interconnettono piante diverse possono rappresentare un mezzo per il trasferimento di nutrienti da una pianta all'altra (Mikkelsen et al., 2008)

BIODIVERSITA' FUNZIONALE DEI FUNGHI MICORRIZICI ARBUSCOLARI: SELEZIONE DI ISOLATI INFETTIVI ED EFFICIENTI

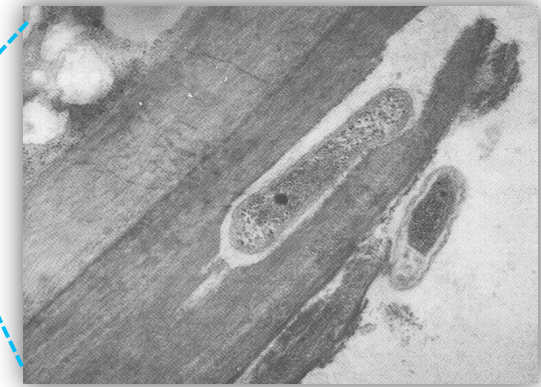
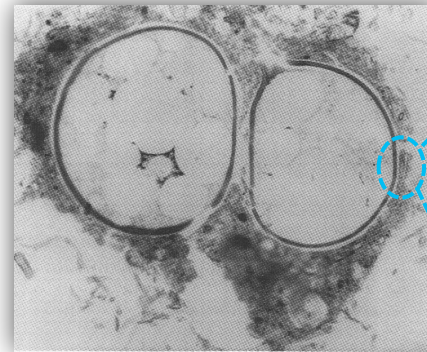
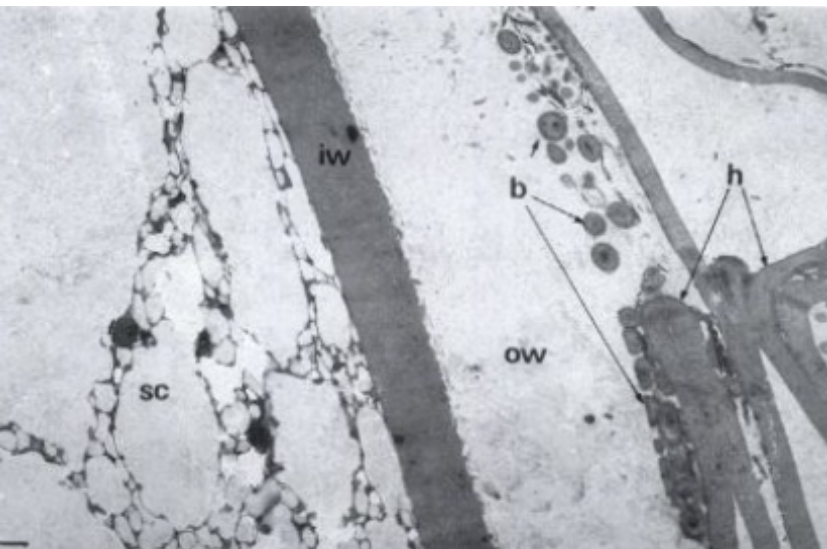
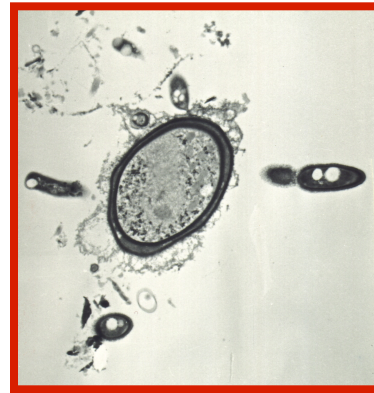
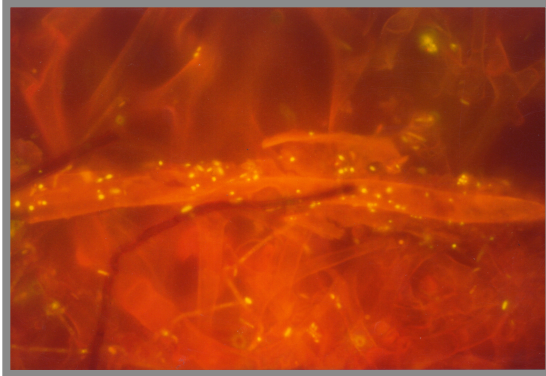


INFETTIVITA'

Abilità dell'isolato fungino di stabilire rapidamente un'estesa infezione micorrizica nelle radici della pianta ospite.

EFFICIENZA misurata in genere in termini di risposta di crescita dell'ospite, anche se molti fattori contribuiscono a determinare la loro 'performance simbiotica'.

BATTERI ASSOCIATI AGLI AMF: CHI SONO?



Ultrastructural Spatial Distribution of Bacteria Associated with Sporocarps of *Glomus mosseae*

CARLO FILIPPI¹, GIOVANNA BAGNOLI², ANNA SILVIA CITERNESI²,
and MANUELA GIOVANNETTI^{1*}

Symbiosis, 24 (1998) 1-12

BATTERI ASSOCIATI: CHE COSA FANNO?

Multifunctionality and diversity of culturable bacterial communities strictly associated with spores of the plant beneficial symbiont *Rhizophagus intraradices*

Fabio Battini, Caterina Cristani, Manuela Giovannetti, Monica Agnolucci*

Department of Agriculture, Food and Environment, University of Pisa, Via del Borghetto 80, 56124 Pisa, Italy

La maggior parte (90%) dei batteri isolati dalle spore di *R. intraradices* IMA6 mostrava attività PGP



I batteri fosforolitici possono essere utilizzati, da soli o in combinazione con i funghi AMF, come biofertilizzanti, quelli capaci di produrre IAA come biostimolanti, quelli capaci di produrre siderofori come bioprotettori, nei sistemi agrari sostenibili.

BATTERI ASSOCIATI AGLI AMF

La caratterizzazione funzionale dei batteri associati a spore di AMF ha evidenziato la presenza di batteri fosfatolitici, azotofissatori, produttori di ormoni, siderofori, esopolisaccaridi e antibiotici

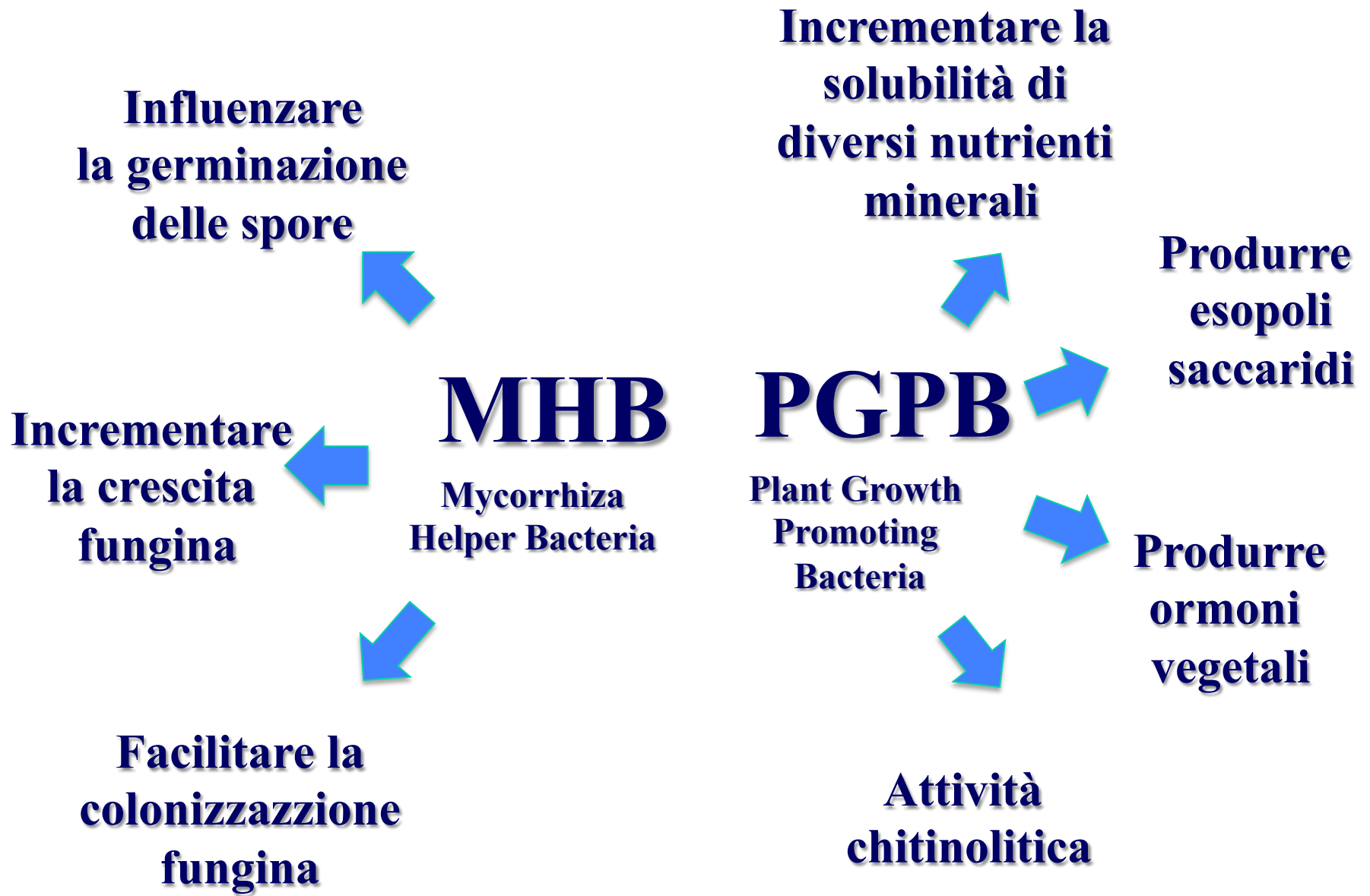
Multifunctionality and diversity of culturable bacterial communities strictly associated with spores of the plant beneficial symbiont

Rhizophagus intraradices

Microbiological Research 183 (2016) 68–79

Fabio Battini, Caterina Cristani, Manuela Giovannetti, Monica Agnolucci *

Department of Agriculture, Food and Environment, University of Pisa, Via del Borghetto 80, 56124 Pisa, Italy



BATTERI ASSOCIATI: COME POSSONO
ESSERE UTILIZZATI?


SCIENTIFIC REPORTS



OPEN

**Facilitation of phosphorus uptake in
maize plants by mycorrhizosphere
bacteria**

SCIENTIFIC REPORTS | 7: 4686 | DOI:10.1038/s41598-017-04959-0

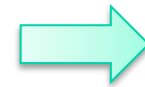
Fabio Battini¹, Mette Grønlund^{2,3}, Monica Agnolucci¹, Manuela Giovannetti¹ &
Iver Jakobsen ^{2,3}

BATTERI ASSOCIATI: COME POSSONO ESSERE UTILIZZATI?

DOMANDA a cui lo studio risponde: la crescita e l'assorbimento di fosforo delle piante di mais micorrizzate trae beneficio dall'inoculo con 10 diversi batteri AMF-associati?

EXP.1

S. meliloti TSA3
S. meliloti TSA41
Lysinibacillus sp.
CH19



Rhizophagus
irregularis
BEG87

EXP.2

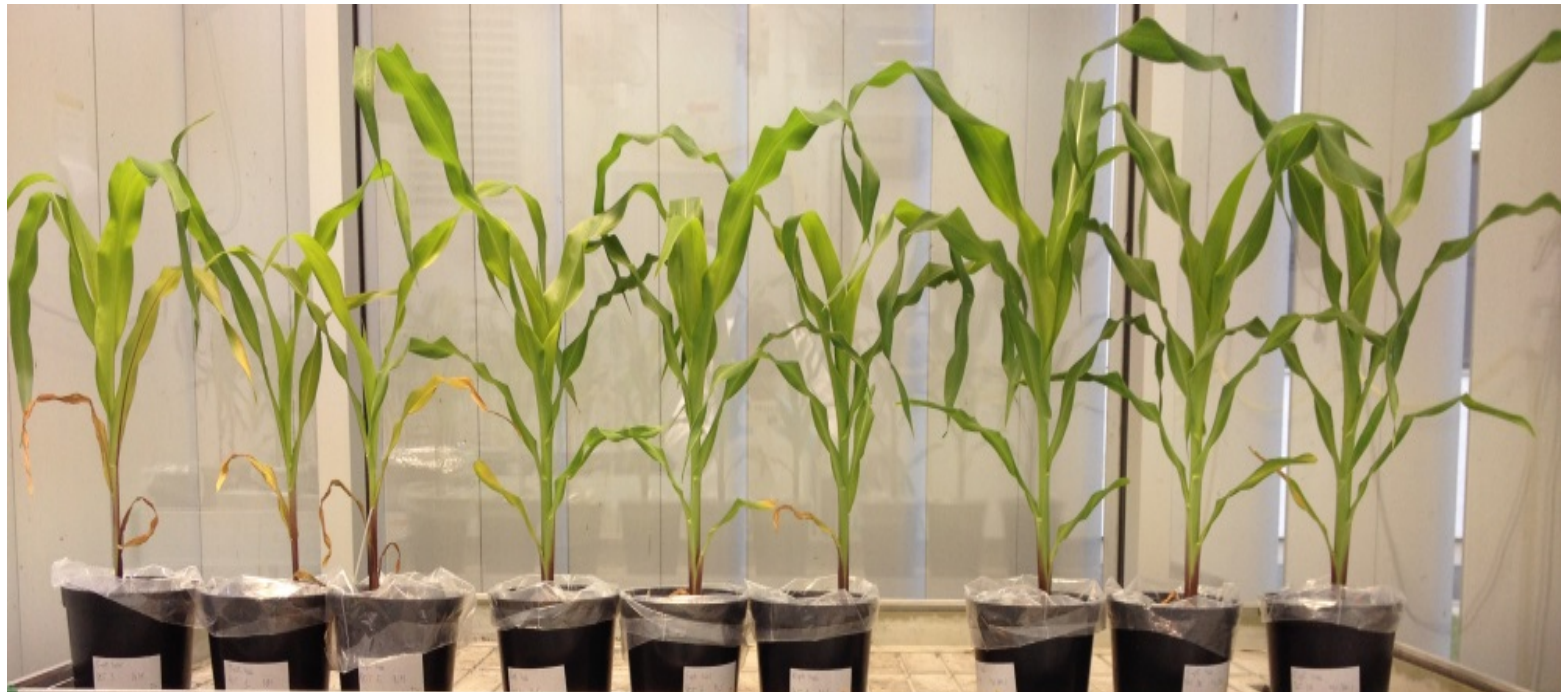
S. meliloti TSA41
S. meliloti TSA26
Streptomyces sp. W43
Streptomyces sp. W64
Streptomyces sp. W77
Streptomyces sp. W94
S. meliloti N29
Bacillus sp. CH10



Rhizophagus
irregularis
BEG87

OPEN Facilitation of phosphorus uptake in maize plants by mycorrhizosphere bacteria

SCIENTIFIC REPORTS | 7: 4686 | DOI:10.1038/s41598-017-04959-0



NM

AMF

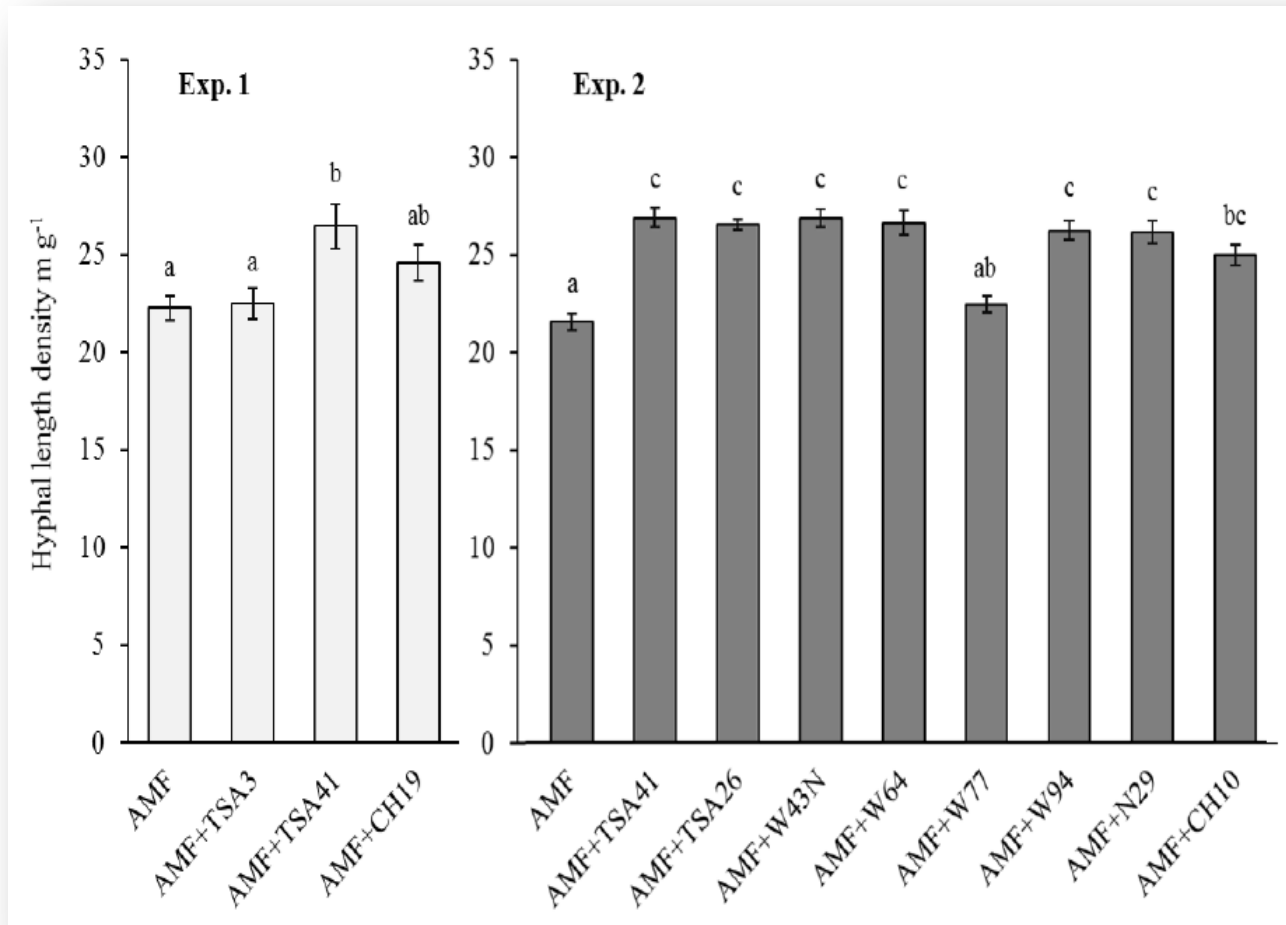
AMF + *Lysinibacillus* sp. CH19

Peso secco fusto

+110%

+117% (+127% TSA41)

Nei due esperimenti, il fungo micorrizico aumentava significativamente il peso secco e il contenuto in fosforo del fusto e delle radici del mais, e la lunghezza radicale ($P < 0.001$)



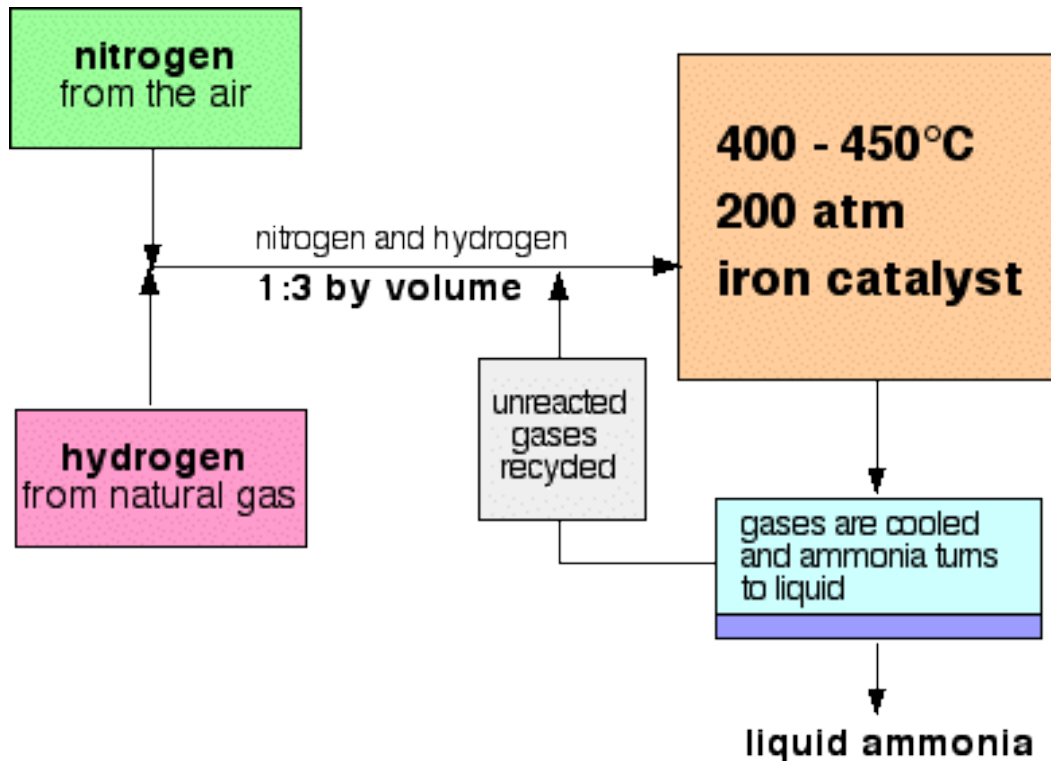
FISSAZIONE DELL' AZOTO e BATTERI AZOTOFISSATORI

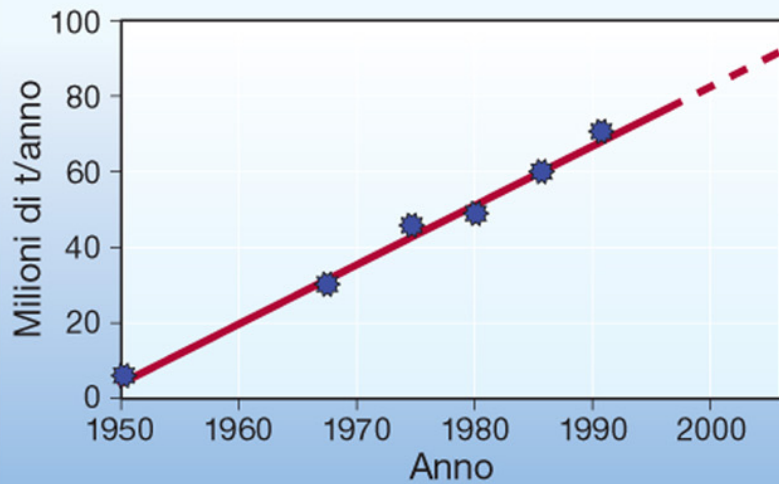
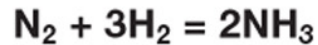
1. Fissazione Chimica

Il processo Haber (sviluppato nel 1908) è un metodo chimico per produrre ammoniaca partendo da azoto molecolare e idrogeno:



Le condizioni per la reazione sono estreme: 400-450°C e 200 atm. di pressione. Tali condizioni forniscono l'energia di attivazione necessaria per la reazione.





Processo industriale

Haber-Bosch

Per ottenere **100 kg N-NH₃** occorrono

- **1700 kg** di petrolio-equivalenti (*nafta, olio combustibile, metano*)
- produzione **idrogeno gassoso**
- pressioni elevate (**350-1000 ATM**)
- temperature elevate (**300-500 °C**)
- **catalizzatori** chimici

Mentre i **microrganismi azotofissatori** producono da pochi kg finanche a **700-1000 kg di N fissato/anno/ettaro**

- a **temperatura ambiente**
- a **pressione atmosferica**

I **rizobi** sono i batteri che vivono in simbiosi con le leguminose, formando noduli sulle loro radici e fissando azoto all'interno di essi.

I **rizobi** formano associazioni simbiotiche con circa 17500 specie diverse di piante leguminose, e sono capaci di fissare fino a 300 Kg di azoto per ettaro per anno.

Il prodotto della azotofissazione da parte dei batteri è l'ammonio, che viene rilasciato alla pianta ospite, mentre i rizobi utilizzano dal 20 al 30% degli zuccheri prodotti dalla pianta per fotosintesi.



Tab. 20.8**Principali gruppi di inoculazione
incrociata nelle leguminose**

Pianta ospite	Nodulata da
Pisello	<i>Rhizobium leguminosarum</i> biovar <i>viciae</i> ^a
Fagiolo	<i>Rhizobium leguminosarum</i> biovar <i>phaseo-</i>
	<i>li</i> ^a
Fagiolo	<i>Rhizobium tropici</i>
Loto	<i>Mesorhizobium loti</i>
Trifoglio	<i>Rhizobium leguminosarum</i> biovar <i>trifolii</i> ^a
Erba medica	<i>Sinorhizobium meliloti</i>
Soia	<i>Bradyrhizobium japonicum</i>
Soia	<i>Bradyrhizobium elkanii</i>
Soia	<i>Rhizobium fredii</i>
<i>Sesbania rostrata</i> (un legume tropicale)	<i>Azorhizobium caulinodans</i>

^a Esistono diverse varietà (biovar) di *Rhizobium leguminosarum*, ognuna delle quali è capace di nodulare una diversa leguminosa.

Diversi fattori modulano il VALORE FUNZIONALE del cibo

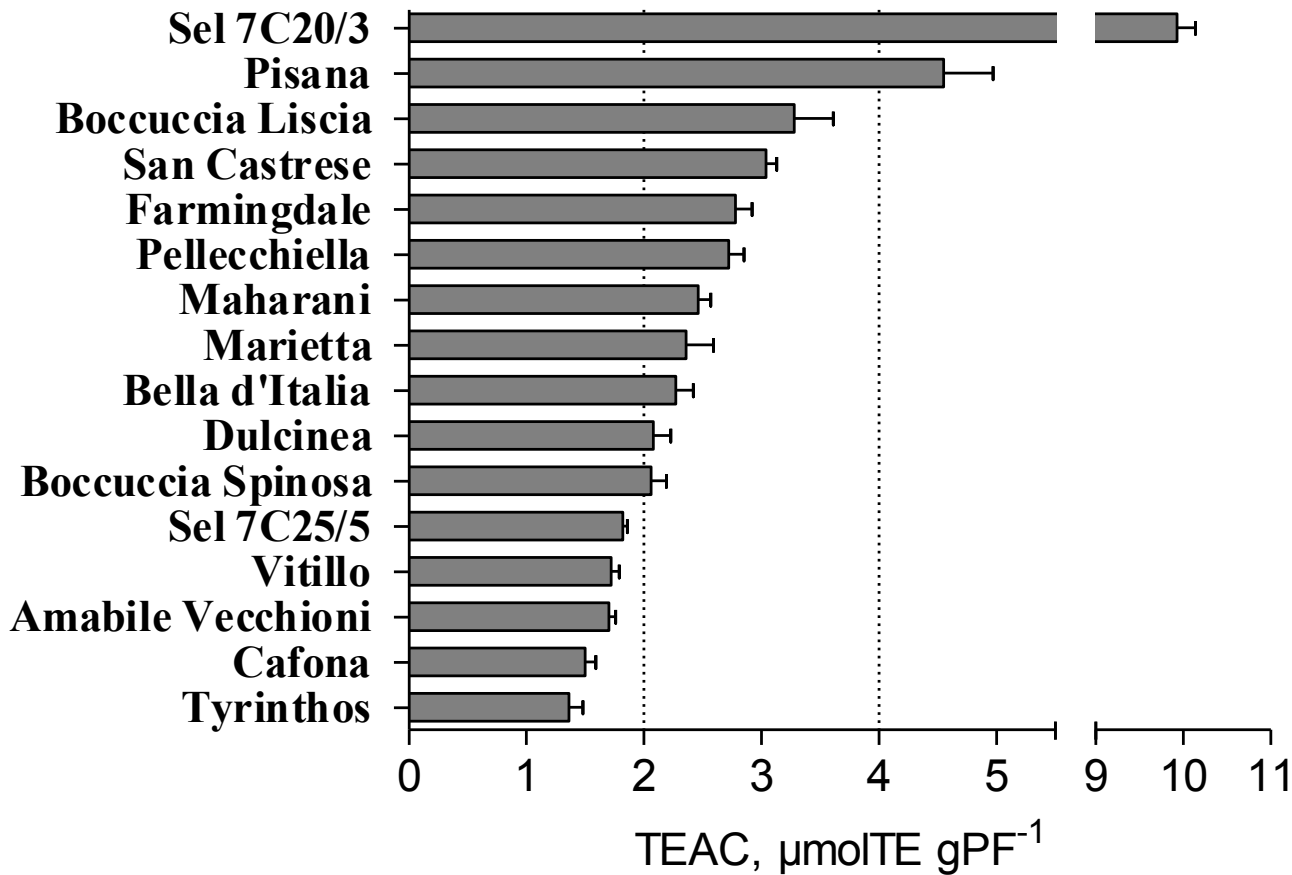
PRATICHE AGRONOMICHE

- Genotipo pianta
- Convenzionale vs. biologico
- Cover crops e green covers
- Irrigazione
- Qualità dell'aria e della luce
- Arature e qualità del suolo
- Tempo di raccolta e gestione della post-raccolta
- Uso di fertilizzanti chimici e biocidi
- Uso di biofertilizzanti e biostimolanti

PRODUZIONE DI CIBO FUNZIONALE

Il GENOTIPO della pianta influenza la produzione di diversi metaboliti:

- acido ascorbico, le cui concentrazioni variavano da 20 to 300 mg/kg nelle mele, da 300 a 500 mg/kg nelle arance, da 290 a 800 mg/kg nei kiwi, in dipendenza della cultivar (Johnston et al. 1999; Huang et al, 2004)

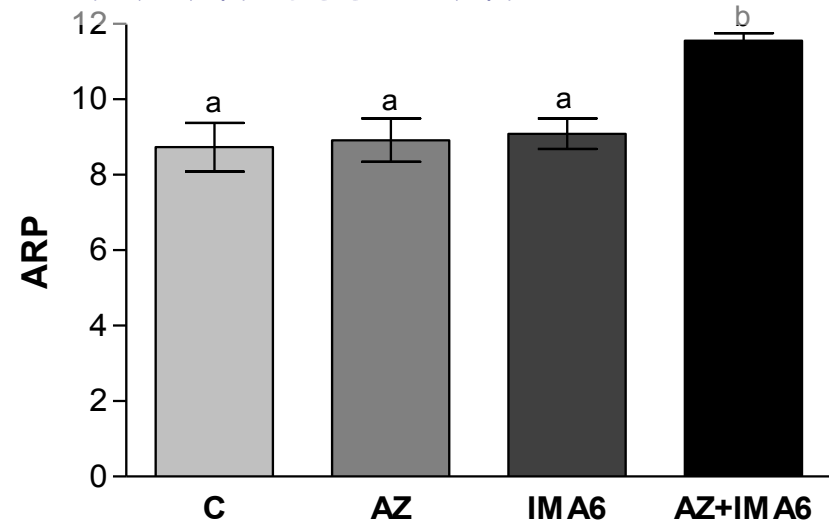
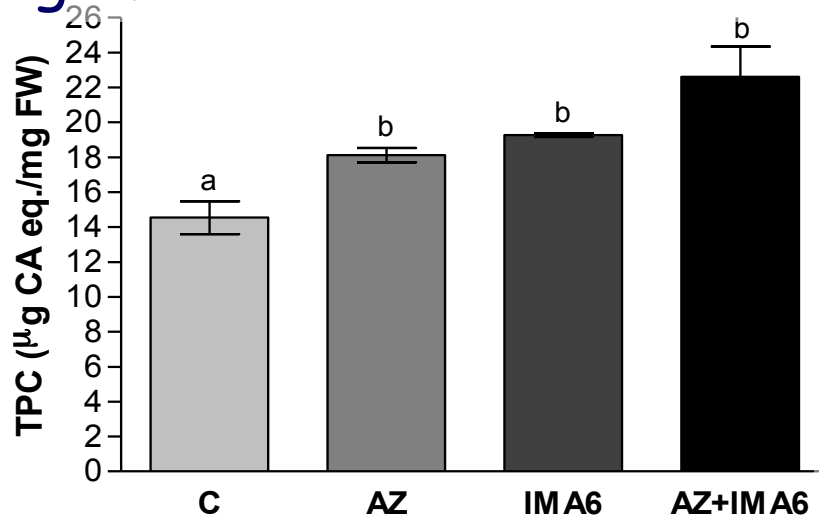


Capacità antiossidante totale rilevata in alcune cultivar e nuove selezioni di albicocco. Valori espressi come micromoli di Trolox Equivalenti per grammo di peso fresco ($\mu\text{molTE gPF}^{-1}$) (Viti et al., 2009).

La simbiosi micorrizica induce cambiamenti citologici e metabolici: proliferazione di plastidi, attivazione del ciclo di Krebs, aumento della produzione di acidi grassi, apocarotenoidi, aminoacidi come la tirosina, che, con la fenilalanina e il triptofano, è il principale precursore dei polifenoli (Peipp et al., 1997; Fester et al., 2001; Hans et al., 2004; Lohse et al., 2005).

Valore nutraceutico del cibo derivato da piante micorrizate - carciofo

I capolini di carciofo prodotti da piante micorrizate contenevano livelli più elevati di fenoli e mostravano un significativo aumento dell'attività antiossidante



Plant Soil
DOI 10.1007/s11104-010-0417-z

REGULAR ARTICLE

**Mycorrhizal colonization impacts on phenolic content
and antioxidant properties of artichoke leaves
and flower heads two years after field transplant**

Nello Ceccarelli • Maurizio Curadi •
Luca Martelloni • Cristiana Sbrana •
Piero Picciarelli • Manuela Giovannetti

Valore nutraceutico del cibo derivato da piante micorrizate - pomodoro

POMODORI PRODOTTI DA PIANTE MICORRIZATE

CALCIO	+15%
POTASSIO	+18%
FOSFORO	+59%
ZINCO	+27%
LICOPENE	+18,5%

Nutraceutical value and safety of tomato fruits produced by mycorrhizal plants

British Journal of Nutrition (2012), **107**, 242–251

M. Giovannetti^{1*}, L. Avio², R. Barale³, N. Ceccarelli¹, R. Cristofani⁴, A. Iezzi¹, F. Mignolli¹, P. Picciarelli¹, B. Pinto⁴, D. Reali⁴, C. Sbrana² and R. Scarpato³

Valore nutraceutico del cibo derivato da piante micorrizate - lattuga

Scientia Horticulturae 224 (2017) 265–271

Contents lists available at ScienceDirect

Scientia Horticulturae

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

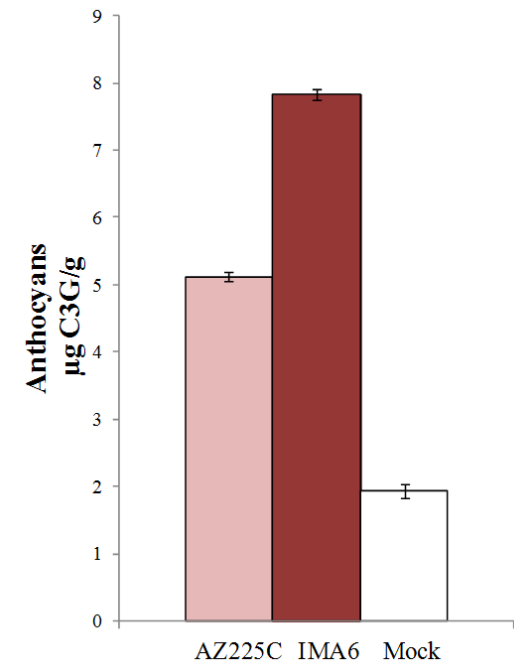


Arbuscular mycorrhizal fungi affect total phenolics content and antioxidant activity in leaves of oak leaf lettuce varieties



L. Avio^{a,*}, C. Sbrana^a, M. Giovannetti^{b,c}, S. Frassinetti^a

La lattuga a foglia rossa micorrizata conteneva livelli più elevati di antocianine e mostrava un significativo aumento dell'attività antiossidante. *R. irregulare* era più efficiente di *F. mosseae* nell'aumentare il contenuto di sostanze salutistiche



Valore nutraceutico del cibo derivato da piante micorrizzate - basilico

La simbiosi micorrizica aumentava la produzione di fitochimici benefici come antocianine e acido rosmarinico nella cultivar a foglie rosse Dark Opal cresciuta in condizioni commerciali (Battini et al., 2016)

AGRICOLTURA BIOLOGICA

Effetti sulla qualità nutrizionale e nutraceutica del cibo

British Journal of Nutrition (2014), **112**, 794–811

Higher antioxidant and lower cadmium concentrations and lower incidence of pesticide residues in organically grown crops: a systematic literature review and meta-analyses

18 scienziati da 9 paesi: UK, USA, Italia, Grecia, Polonia, Finlandia, Repubblica Ceca, Svizzera, Francia

343 pubblicazioni scientifiche

CIBO DA COLTURE BIOLOGICHE

Acidi fenolici	+19%
Flavanoni	+69%
Stilbeni	+28%
Flavoni	+26%
Flavonoli	+50%
Antocianine	+51%

GRAZIE PER L' ATTENZIONE
manuela.giovannetti@unipi.it