

The Mission “Soil Health & Food”



Difesa del Suolo e della Biodiversità

Il suolo rizosferico: una nicchia ecologica utile quanto dimenticata

The rhizospheric soil - a useful but neglected ecologic niche

Giuseppe Corti, Presidente della Società Italiana di Pedologia

Intanto, la definizione ...

The Rhizosphere

Glossary of Soil Science Terms, SSSA, 1997

It is “the zone of soil immediately adjacent to plant roots in which the kinds, number, or activities of microorganisms differ from that of the bulk soil”

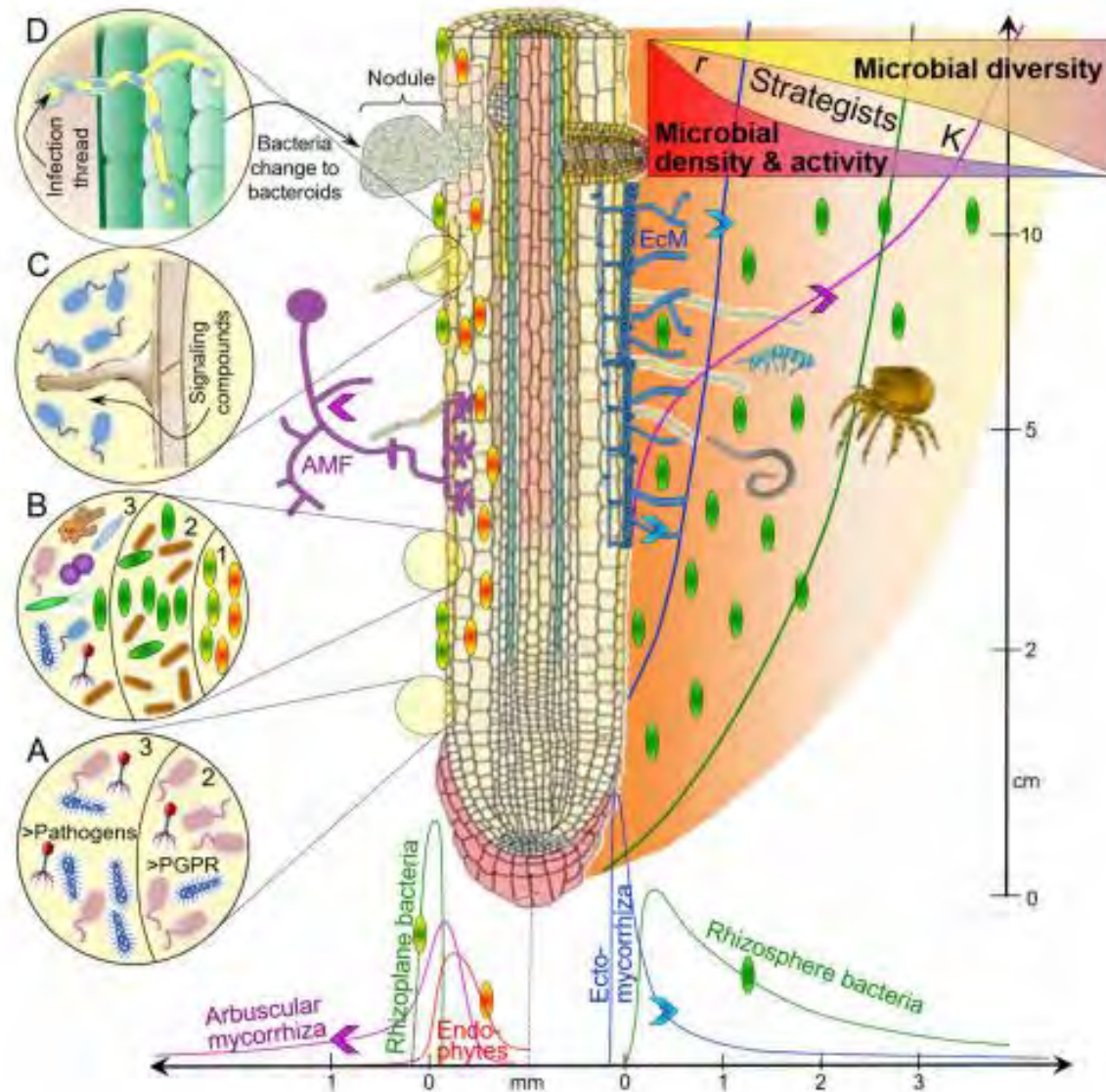
Hiltner in 1904

Microbial populations in the Rhizosphere can be 10-100 times larger than the populations in the bulk soil.

Rhizosphere is a unique environment created by the coexistence of soil and roots and the associated microorganisms

Huang and Gobran (2005)

In prossimità delle radici si trovano molti più ceppi microbici dotati di attività anche più particolari di quelle possedute dai microrganismi che si trovano nel bulk soil: le radici secernono una serie di sostanze utili ad attrarli e farli sviluppare per trarne benefici. Se tali interazioni possono realizzarsi con piante annuali, figuriamoci con quelle poliennali!

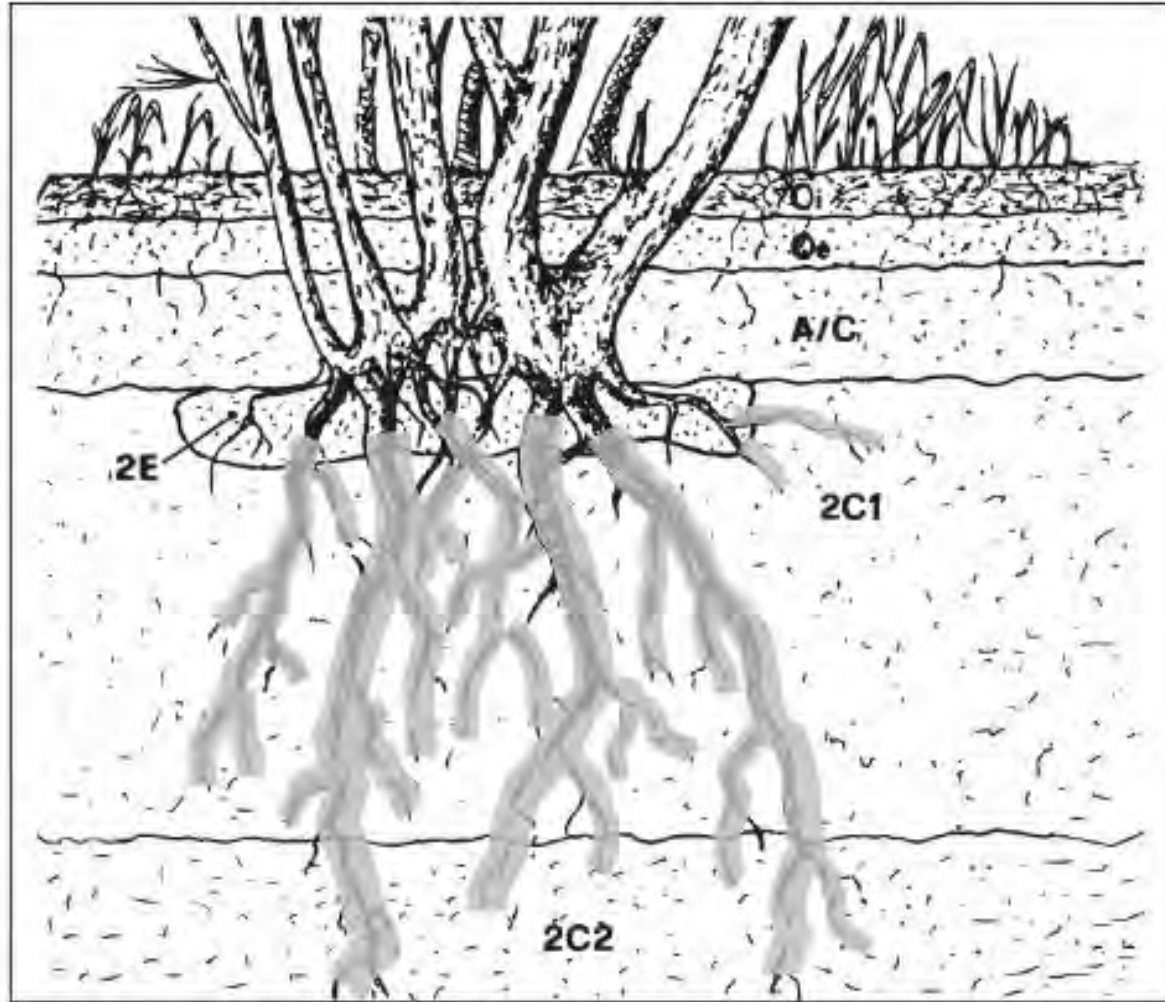


Distribution of life in the rhizosphere.

- Arbuscular mycorrhiza (violet, AMF)
 - Ectomycorrhiza (blue, EcM);
 - Endophytic, Rhizoplane and Rhizosphere bacteria (green).
- A: higher density of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) compared to pathogens in 2) the rhizosphere and 3) reverse in bulk soil;
 - B: abundance of various microbial groups 1) on rhizoplane, 2) in the rhizosphere, 3) in bulk soil;
 - C: release of signaling compounds and attraction of rhizobia and other PGPR;
 - D: infection of root hairs by rhizobia and formation of nodules. The numbers in the loupes reflect: 1) rhizoplane, 2) the rhizosphere, 3) bulk soil.

Note that the size of (micro)organisms is not proportional to their real size.

Infatti, soprattutto in ambienti difficili, i processi che avvengono nella rizosfera sono quelli che permettono alle piante di sopravvivere.



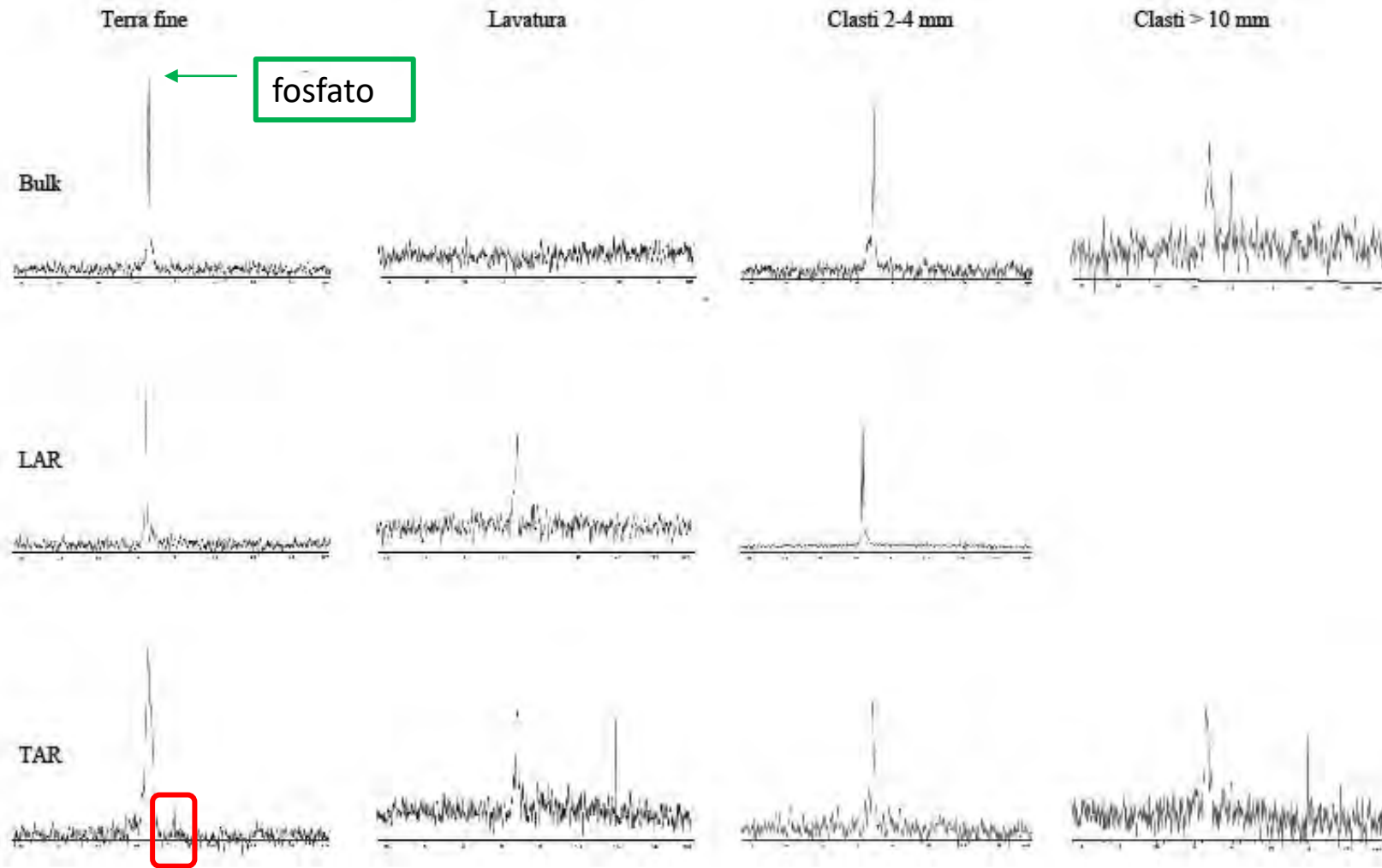
Strategy adopted by *Genista aetnensis* (BIV.) DC. to colonize pyroclastic deposit on mount Etna, Italy” (Corti et al., 2005)

La bassissima disponibilità di nutrienti forza le radici ad emettere acido ossalico per alterare i minerali e ottenere nutrienti, così che nella rizosfera si ha:

- pH più basso che nel bulk
- Più argilla
- Più capacità di scambio cationico
- Più sostanza organica
- Maggiore disponibilità di P

Fig. 2. Draft of the root system of the *Genista aetnensis* (Biv.) DC, which showed the soil horizons of the profile opened at Mount Vetore (Sicily, Italy). The grey shades around the roots indicated the yellowish-brown-coloured rhizosphere soil.

Quel che succede nella rizosfera della ginestra, però, è davvero particolare: causa la natura dei suoli, la disponibilità di P è bassissima e la pianta ha trovato una strategia vincente: alimentare ceppi microbici produttori di acido teicoico.



^{31}P NMR spectra

Acido teicoico:
Polimero complesso fatto di zuccheri e gruppi fosfatici che costituisce la membrana cellulare di cellule procariotiche

Tipico di microrganismi coinvolti nella maturazione dei formaggi, una strategia eccezionale per ostacolare l'allontanamento di P in suoli eccessivamente drenati. Quando i microrganismi muoiono, le molecole di acido teicoico sono attaccate grazie ai monomeri di zucchero e il P viene liberato e assorbito dalla pianta

Corti G, Agnelli A, Cuniglio R, Fernández Sanjurjo M, Cocco S (2005). Characteristics of rhizosphere soil from natural and agricultural environments. In: Huang PM, Gobran GR (Eds.), Biogeochemistry of the Trace Elements in the Rhizosphere. Elsevier Science, Amsterdam, pp. 57-1

L'abilità dei vegetali di sviluppare particolari strategie con la mediazione dei microrganismi si verificano, con maggiore o minore intensità, in tutte le piante e sono sempre mediate e sfruttate dai microrganismi.

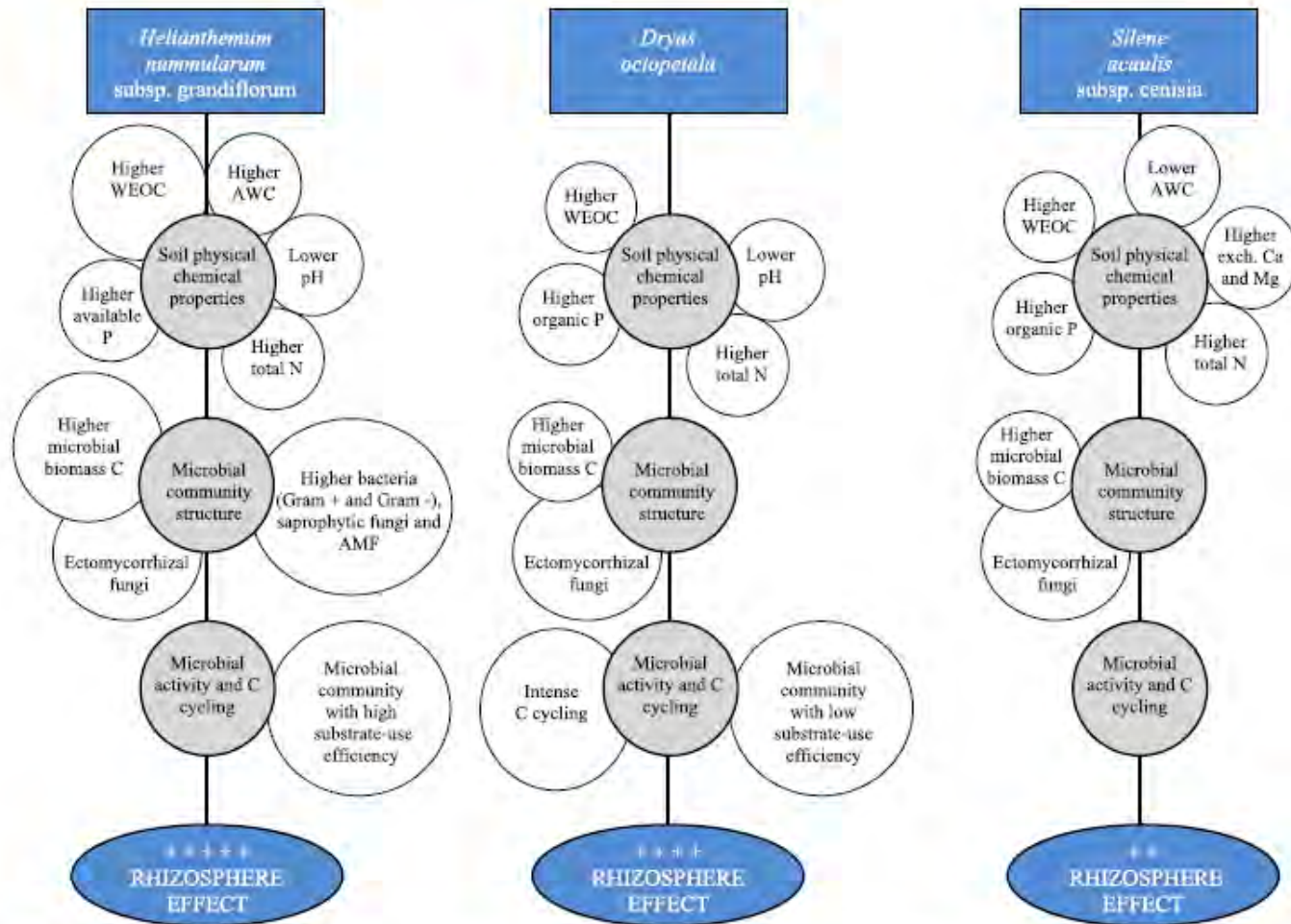


Fig. 7. Schematic representation of the rhizosphere effect induced by *Helianthemum nummularium* subsp. *grandiflorum*, *Dryas octopetala* and *Silene acaulis* subsp. *cenisia*. Cannella valley, Majella massif (Italy). The rhizosphere effect of each species is evaluated by contrasting the properties of the rhizosphere with those of the bulk. The absence of circles means no difference occurring between rhizosphere and bulk, while the dimension of the circle is indicative of the extent of the difference (not in scale).

L. Massaccesi, G.M.N. Benucci, G. Gigliotti, S. Cocco, G. Corti, A. Agnelli (2015). Rhizosphere effect of three plant species of environment under periglacial conditions (Majella Massif, central Italy). *Soil Biology & Biochemistry*

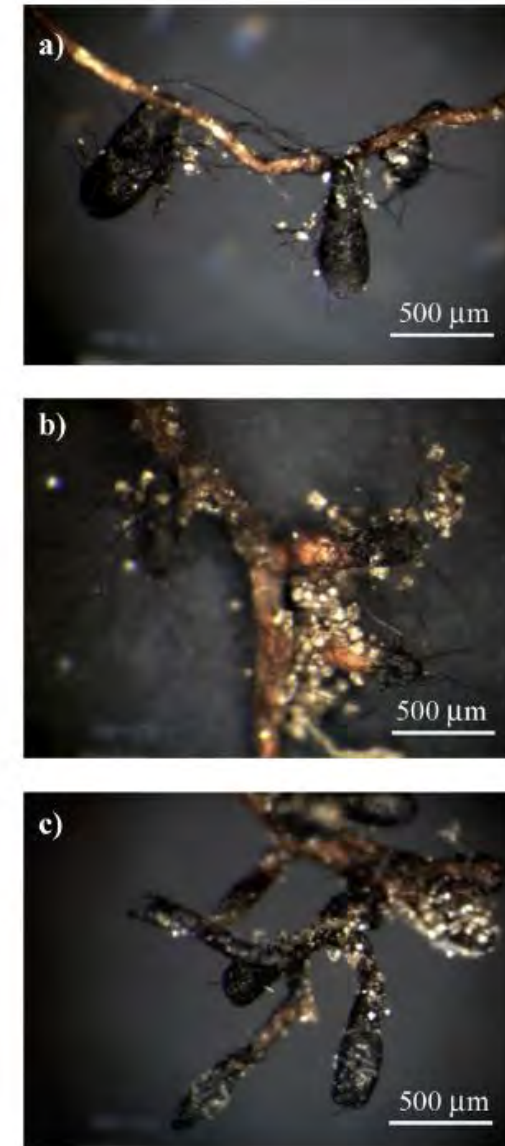


Fig. 6. Optical microscope micrographs showing ectomycorrhizal morphotypes detected in the fine roots of a) *Helianthemum nummularium* subsp. *grandiflorum*, b) *Dryas octopetala*, and c) *Silene acaulis* subsp. *cenisia*. Cannella valley, Majella massif (Italy).

Nel caso della vite, vi è un ricambio di radici avventizie che varia a seconda degli orizzonti di suolo poiché in ogni orizzonte sussistono condizioni diverse. Le radici diventano rapidamente pabulum dei microrganismi rizosferici che trasformano in sostanze umiche che aiutano strutturazione e disponibilità di nutrienti

Table 4

Amount of the dead vine roots with a less than 2 mm diameter, their elemental composition (C and N), ^{13}C , ^{15}N , ^{14}C signatures, and mean residence time (MRT) for the harrowed and grass-covered vineyards. Agugliano experimental farm (Ancona, Italy). For the radiocarbon measurements the roots were distinctly analysed according to their diameter. Numbers in parentheses are the standard deviations ($n=2$).

<2 mm vine dead roots									
	Amount	Elemental composition		$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	$\Delta^{14}\text{C}$		MRT	
		C	N			<1 mm	1–2 mm	<1 mm	1–2 mm
	mg kg ⁻¹ soil	mg g ⁻¹		%	%	%		Years	
<i>Harrowed</i>									
Ap	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BW1	17.9 (1.0) ^a	376.4 (4.0) ^b	18.6 (1.0) ^a	-29.1	1.8	77.3	80.7	2.8	3.6
BW2	42.9 (1.7) ^b	383.6 (3.9) ^a	17.2 (1.6) ^{ab}	-27.7	3.8	78.5	84.1	3.1	4.3
BW3	20.9 (1.5) ^f	333.5 (3.2) ^{ef}	12.4 (0.6) ^{de}	-27.8	3.7	74.8	100.4	2.0	6.7
BC1	32.9 (3.0) ^d	340.5 (7.3) ^e	12.9 (1.1) ^{de}	-27.1	4.6	83.9	91.8	4.2	5.5
BC2	26.6 (6.8) ^e	324.7 (5.0) ^a	13.4 (1.0) ^d	-25.7	4.3	73.7	83.6	1.7	4.2
<i>Grass-covered</i>									
Ap	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BW1	9.5 (3.2) ^h	364.1 (4.3) ^f	19.6 (1.0) ^a	-28.4	2.5	80.1	85.6	3.4	4.5
BW2	52.5 (2.4) ^a	269.6 (3.4) ^b	15.5 (1.0) ^c	-27.1	3.3	65.6	82.5	0.7	4.0
BW3	10.4 (0.8) ^b	348.8 (4.2) ^d	15.0 (1.1) ^c	-27.2	4.5	91.8	99.7	5.5	6.6
BC1	22.9 (3.0) ^f	258.8 (5.3) ⁱ	9.1 (0.8) ^f	-27.7	4.6	96.6	106.1	6.2	7.4
BC2	36.2 (3.1) ^e	322.2 (4.2) ^a	13.8 (1.6) ^d	-25.8	5.9	87.3	98.6	4.8	6.5

In each column, mean values with different letters significantly differ for $P < 0.05$.

n.d.: not determined

A. Agnelli, R. Bol, S.E. Trumbore, L. Dixon, S. Cocco, G. Corti (2014). Carbon and nitrogen in soil and vine roots in harrowed and grass-covered vineyards. Agriculture Ecosystems & Environment

Molto spesso, il problema maggiore per le piante spontanee e coltivate è la possibilità di recuperare fosforo. E gli sforzi condotti dalle piante per accattivarsi microrganismi che le aiutino a rifornirsi di P sono tanti e fantasiosi.

Table 4

Soil enzyme activities expressed on a soil mass basis of the organic (O) and mineral (A) horizons at the micro- (horizon), meso- (altitude), and macro- (latitude) scale for soils under European beech (*Fagus sylvatica* L.) forest from central Apennines (Italy) within 1° of latitude. The numbers in parentheses are the standard deviations. Within each variable (horizons, altitude, and latitude), column with different letters have means values that significantly differ for $P \leq 0.05$ for the Tukey's post-hoc test; for the altitude and latitude variables, lowercase letters refer to O horizons, capital letters to A horizons.

	AryS		Chit		Leu		Uroni		α-Gluco		β-Gluco		Cell		Xylo		AcPME		BisP		PyroP		AlkPME		Inosit		Ester			
	O	A	O	A	O	A	O	A	O	A	O	A	O	A	O	A	O	A	O	A	O	A	O	A	O	A	O	A		
nanomoles of 4-methylumbelliferone (7-amino-4-methyl coumarine) · g ⁻¹ dry soil · hour ⁻¹																														
Horizons																														
OLn	8.0 ^c (4.6)	216.1 ^a (68.3)	372.5 ^a (129.4)	5.2 ^a (1.6)	10.6 ^a (2.5)	621.7 ^a (322.7)	97.3 ^a (67.5)	63.4 ^a (26.0)	434.1 ^a (305.4)	51.4 (14.0)	19.4 ^b (13.1)	389.7 ^a (173.6)	36.0 ^a (10.6)	3742.5 ^a (794.3)																
OLv	13.0 ^c (8.9)	120.9 ^b (48.0)	376.9 ^a (234.8)	3.9 ^a (2.3)	7.9 ^a (3.8)	215.8 ^b (172.4)	31.2 ^b (23.2)	29.6 ^b (13.3)	283.5 ^a (196.7)	45.6 (11.1)	35.2 ^{ab} (24.0)	377.7 ^a (135.4)	24.8 ^b (9.2)	3129.4 ^a (847.0)																
OH	28.1 ^b (21.2)	48.4 ^c (24.9)	98.7 ^b (47.9)	1.7 ^b (1.6)	2.0 ^b (1.3)	33.9 ^c (26.4)	3.4 ^c (2.9)	6.8 ^c (4.5)	159.3 ^b (56.6)	37.2 (13.1)	45.2 ^a (34.8)	331.2 ^a (107.3)	9.1 ^c (2.8)	1680.8 ^b (894.0)																
A	65.9 ^a (11.4)	5.1 ^d (4.5)	24.8 ^c (12.4)	0.4 ^c (0.4)	0.6 ^b (0.4)	4.4 ^d (1.7)	0.2 ^d (0.2)	1.0 ^d (0.6)	92.0 ^c (34.9)	41.5 (11.3)	33.1 ^a (16.8)	158.1 ^b (50.1)	4.7 ^d (1.2)	1498.9 ^b (838.0)																
Altitude																														
800 m	13.1 (12.7)	138.5 (80.1)	304.7 (151.4)	3.9 (1.8)	7.1 (3.7)	349.9 (353.4)	50. (57.7)	38.8 (29.9)	347.5 (301.2)	44.4 (10.8)	30.1 (28.4)	335.1 (126.9)	26.8 (14.0)	3023.2 (972.2)																
	68.5 (13.1)	6.8 (5.0)	26.1 (5.3)	0.5 ^a (0.3)	0.7 (0.1)	5.3 (1.4)	0.3 (0.2)	1.3 (0.4)	109.0 (32.5)	34.1 ^b (11.5)	33.8 (17.7)	169.1 (54.3)	4.8 (0.7)	1916.7 (887.3)																
1000 m	16.7 (15.7)	138.4 (91.5)	306.7 (247.7)	3.8 (2.8)	7.8 (5.1)	295.2 (311.7)	47.4 (60.3)	34.3 (28.5)	270.3 (96.5)	47.0 (16.1)	33.4 (23.0)	406.1 (152.6)	23.4 (13.3)	2971.1 (1340.8)																
	63.2 (9.9)	3.5 (3.6)	23.4 (17.5)	0.2 ^h (0.4)	0.5 (0.6)	3.6 (1.7)	0.1 (0.2)	0.7 (0.7)	75.1 (30.5)	48.8 ^a (4.2)	32.5 (17.6)	147.1 (47.9)	4.6 (1.5)	1081.2 (581.9)																
latitude																														
Mount Terminillo	21.6 (20.3)	119.9 (79.5)	345.0 (270.2)	3.0 (2.3)	6.7 (5.0)	257.4 (290.9)	35.1 (41.5)	27.3 (25.9)	241.3 (89.3)	51.5 ^a (8.5)	47.0 ^a (29.3)	429.6 ^a (70.8)	22.4 (12.4)	2425.5 (1141.4)																
	71.2 (10.9)	7.0 (6.6)	19.3 (8.1)	0.3 (0.4)	0.4 (0.3)	3.5 (1.3)	0.1 (0.2)	0.6 (0.5)	74.1 (25.8)	46.0 (6.8)	40.4 (17.8)	156.9 (54.6)	4.0 (1.3)	784.2 ^h (421.2)																
Mount San Vito	14.5 (8.4)	117.3 (46.0)	267.6 (85.9)	3.9 (1.7)	7.7 (3.2)	205.6 (133.3)	31.1 (22.0)	34.5 (14.6)	286.8 (72.8)	40.3 ^{ab} (16.7)	35.0 ^b (23.6)	405.2 ^{ab} (210.8)	26.9 (11.9)	3198.0 (715.7)																
	69.6 (10.3)	4.8 (4.0)	33.2 (15.7)	0.4 (0.5)	1.0 (0.4)	4.9 (1.0)	0.3 (0.1)	1.4 (0.4)	103.3 (18.9)	39.3 (13.9)	36.1 (22.1)	175.7 (69.7)	5.8 (1.0)	2305.9 ^a (767.9)																
Mount Acuto	8.5 (4.2)	171.1 (103.2)	291.8 (185.0)	4.7 (2.5)	8.0 (4.6)	465.6 (414.9)	74.9 (79.4)	47.2 (36.4)	391.3 (341.5)	37.5 ^b (12.1)	14.3 ^b (5.2)	288.4 ^b (109.8)	26.6 (16.2)	3408.0 (1255.6)																
	56.8 (9.0)	3.6 (2.9)	21.8 (10.1)	0.3 (0.4)	0.5 (0.4)	4.8 (2.6)	0.2 (0.2)	1.0 (0.7)	98.7 (52.7)	39.0 (13.7)	22.9 (3.1)	141.7 (24.4)	4.4 (0.3)	1406.7 ^{ab} (496.9)																

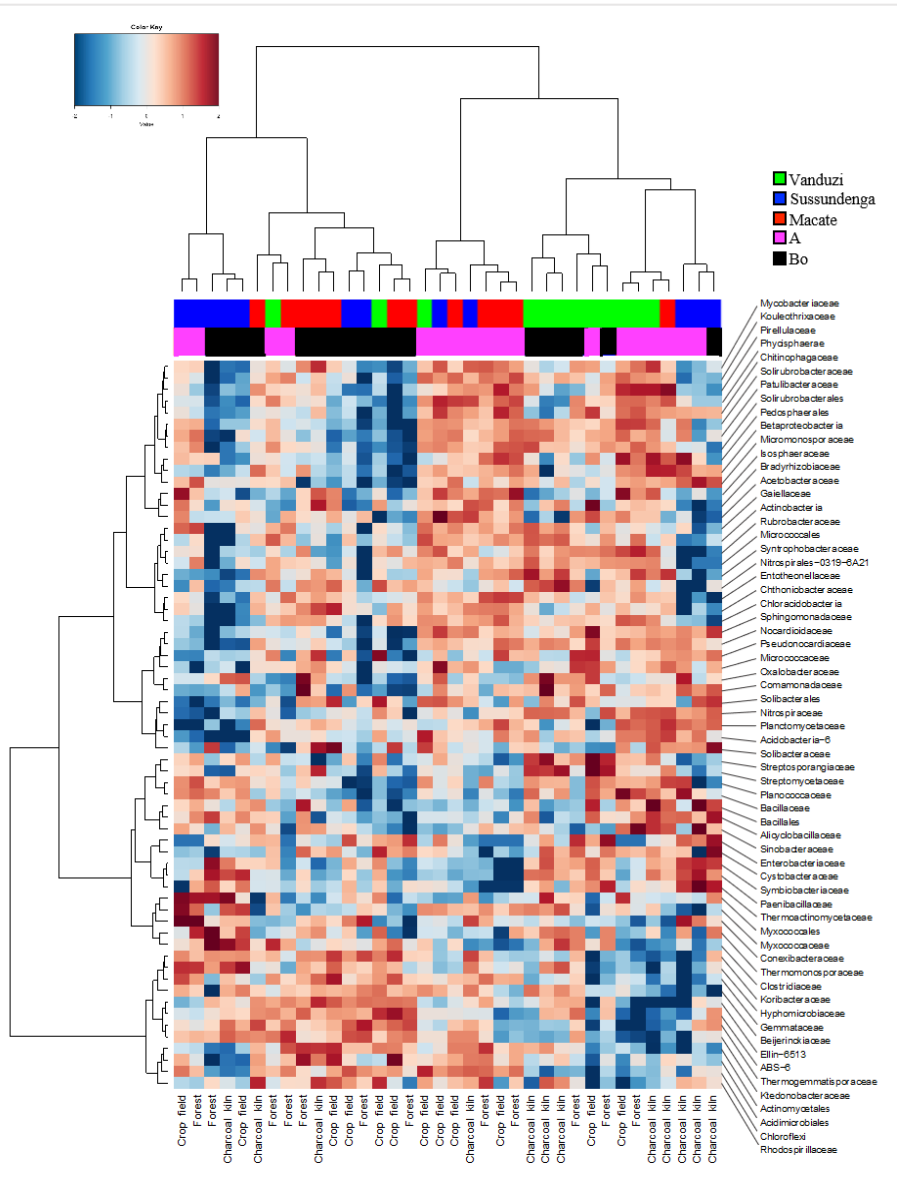
AryS = arylsulfatase activity; Chit = chitinase activity; Leu = leucine-aminopeptidase activity; Uroni = glucuronidase activity; α-Gluco = α-glucosidase activity; β-Gluco = β-glucosidase activity; Cell = cellulase activity; Xylo = xylosidase activity; AcPME = acid phosphomonoesterase activity; BisP = phosphodiesterase activity; PyroP = pyrophosphatase-phosphodiesterase activity; AlkPME = alkaline phosphomonoesterase activity; Inosit = inositol-phosphatase activity; Ester = acetate-esterase activity.

Data with statistically significant differences are highlighted using bold text.

in ambiente forestale (faggeta – 3 latitudini, 2 altitudini), su un pool di 14 enzimi, i 5 deputati al ciclo del P e sono i più dinamici che modificano la propria attività in base alle condizioni ambientali così da rifornire le piante di P. L'attività enzimatica cambia nel profilo di suolo a seconda della densità di radici nei vari orizzonti

V. Cardelli, M. De Feudis, F. Fornasier, L. Massaccesi, S. Cocco, A. Agnelli, D.C. Weindorf, G. Corti (2020). Changes of topsoil under *Fagus sylvatica* along a small latitudinal-altitudinal gradient. Geoderma.

Oggi le tecniche di sequenziamento del DNA permettono di individuare phyla di organismi sconosciuti fino a pochi anni fa. Per molti di questi non sappiamo ancora quali siano le loro funzioni nel suolo. Ad esempio, in suoli del Mozambico sottoposti a slash and burn, abbiamo trovato differenze di phyla in parte difficilmente spiegabili.



Location	Vanduzi Actinobacteria Firmicutes Nitrospirae WS3	Sussundenga Firmicutes Cyanobacteria WS4	Macate Chloroflexi Planctomycetes Verrucomicrobia WS3
Land use	Charcoal kiln Gemmatimonadetes OD1	Crop field Armatimonadetes	Forest Armatimonadetes Tenericutes
Horizon	A Actinobacteria Planctomycetes Verrucomicrobia Bacteroidetes Gemmatimonadetes TM7	Bo AD3 GAL15 Thermi WPS-2	

unpublished data

Lo studio deve andare avanti fino a conoscere il ruolo di microrganismi di recente individuazione, ma anche arrivare a livelli applicativi della ricerca.

L'affermazione in premessa a questo evento recita:

La sfida è valorizzare la biodiversità microbica del suolo per aiutare la transizione agroecologica dell'agricoltura verso sistemi che salvaguardano il suolo e forniscono diete sane e sostenibili, in grado di conciliare i bisogni umani con la salute del Pianeta. (che è l'obiettivo della Mission "Soil Health & Food")

A questo obiettivo possiamo giungere anche con la manipolazione della rizosfera, così da favorire i microrganismi e i consorzi microbici che naturalmente tendono a proliferare in tale nicchia ecologica del suolo. Questo può permettere di ridurre la somministrazione di concimi e, con il miglioramento dello stato di salute delle piante, anche di prodotti fitoiatrici.

Rhizosphere Processes and Nutrient Management for Improving Nutrient-use Efficiency in Macadamia Production

Xin Zhao and Qianqian Dong

Department of Plant Nutrition, China Agricultural University, Key Laboratory of Plant–Soil Interactions, Ministry of Education, Beijing 100193, P. R. China

Shubang Ni, Xiyong He, Hai Yue, and Liang Tao

Yunnan Institute of Tropical Crops, Jinghong 666100, Yunnan, P. R. China

Yanli Nie

The General Station of Forestry Technology Extension in Yunnan Province, Yunnan, P. R. China

Caixian Tang

Department of Animal, Plant and Soil Sciences, AgriBio – Centre for AgriBioscience, La Trobe University, Bundoora, Victoria 3086, Australia

Fusuo Zhang and Jianbo Shen¹

Department of Plant Nutrition, China Agricultural University, Key Laboratory of Plant–Soil Interactions, Ministry of Education, Beijing 100193, P. R. China

Abstract. *Macadamia* (*Macadamia* spp.) has been widely planted in southern China and has been now developed into an important industry. China has the largest area of macadamia plantation in the world but provides only 3% production of the world. Current farming systems have a fertilizer surplus of about 73 g of nitrogen (N), 103 g of phosphorus (P), and 24 g of potassium (K) per macadamia plant per year in southern China. Optimizing fertilization recommended for macadamia improves production by about 5 kg per plant. Macadamia develops cluster roots (i.e., proteoid roots) in a P-starvation environment. Overuse of P fertilizers restrains the development of cluster roots as well as rhizosphere processes, thus decreasing the P-use efficiency. Excessive fertilization, especially P fertilization, is one of the major limiting factors in China macadamia production. This study is the first to analyze current management practices and then discuss approaches of improving nutrient management based on the specific root biology of macadamia. For a sustainable macadamia industry, it is imperative to develop appropriate nutrient management by integrating root-zone soil nutrient supply, fertilizer application, and rhizosphere processes.

Il paradosso da cui dovremmo partire è che le concimazioni abbondanti riducono l'attività dei microrganismi utili, e lo stesso succede per le attività enzimatiche. Ciò non significa abbandonare le concimazioni, ma trovare il giusto dosaggio, composizione e modalità di distribuzione così da sfruttare l'attività microbica, contribuendo alla riduzione di input in agricoltura e magnificando il rapporto costi-benefici.



Fig. 6. Effects of P fertilization on root growth of macadamia. The farmers' practice fertilizer input (A, C) and optimized fertilization treatment (localized supply of lower P) (B, D), and the treatment effects on root growth (C, D) of macadamia in Yunnan, South China (lat. 21°58'44"N, long. 100°37'23"E). P = phosphorus.

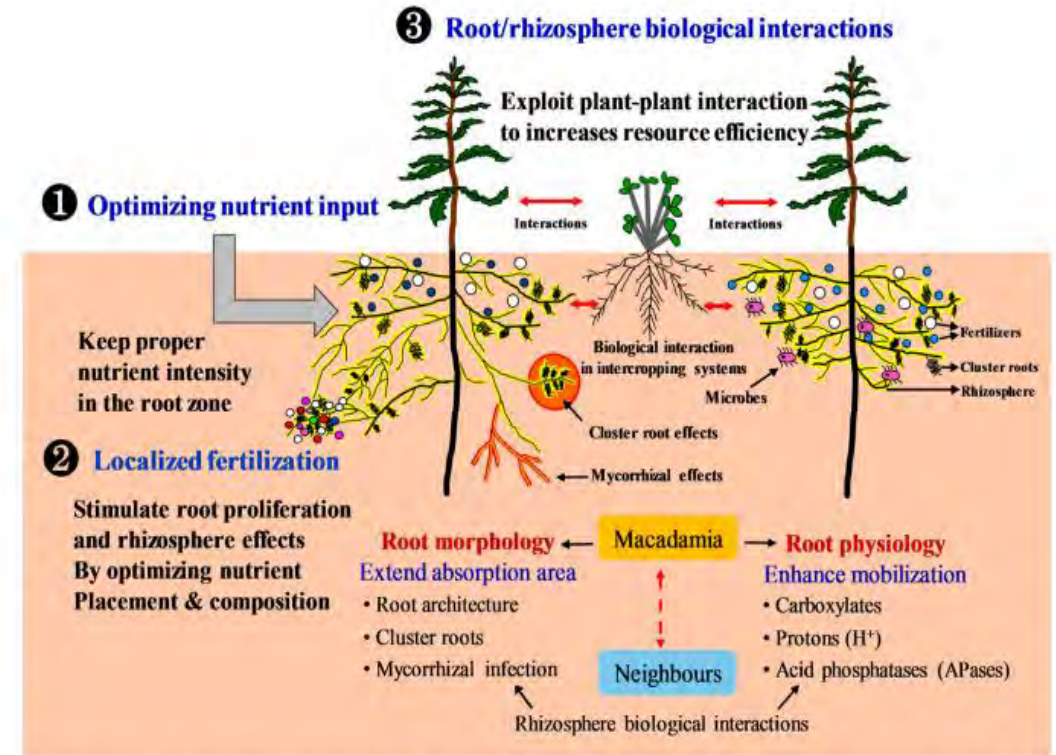
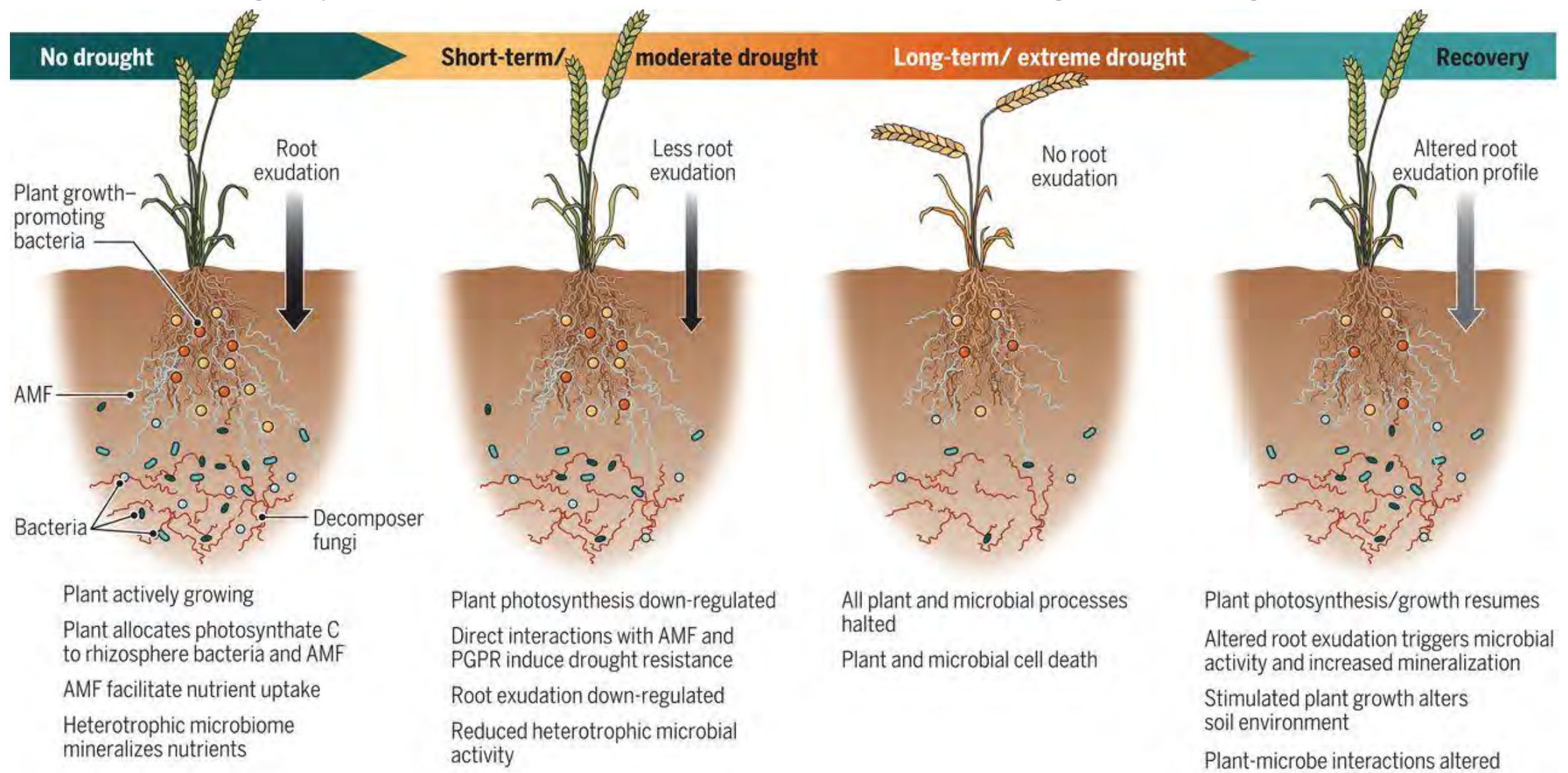


Fig. 5. Strategies of rhizosphere management for macadamia. The key components include 1) optimizing nutrient input to keep a proper nutrient supply intensity in the root zone, 2) using localized nutrient supply by band fertilization to stimulate root proliferation and rhizosphere effects through optimizing nutrient placement and compositions, and 3) exploring root/rhizosphere biological interactions to maximize nutrient-use efficiency.

Oltre a problemi nutrizionali, a livello planetario abbiamo problemi sempre più gravi che derivano da aridizzazione e salinizzazione dei suoli. Problemi che credevamo riguardare paesi lontani o le regioni del sud, ma che invece sono sempre più importanti anche in Italia.

Anche in questo caso, la conoscenza e la manipolazione dei microrganismi rizosferici può darci una mano.

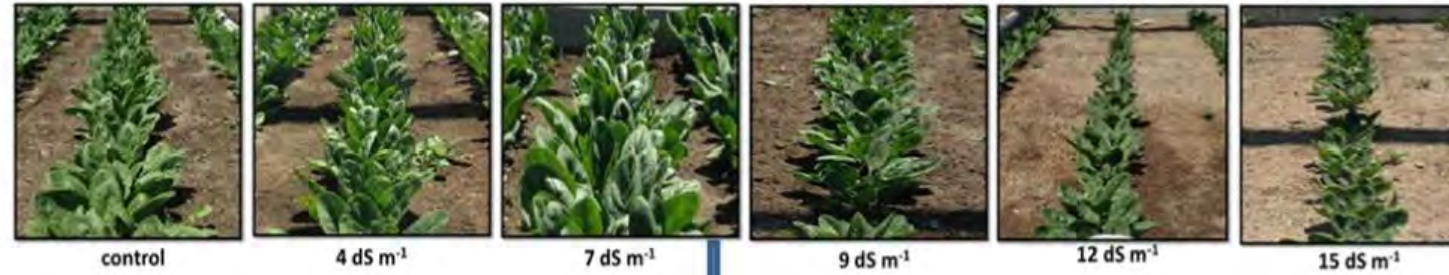
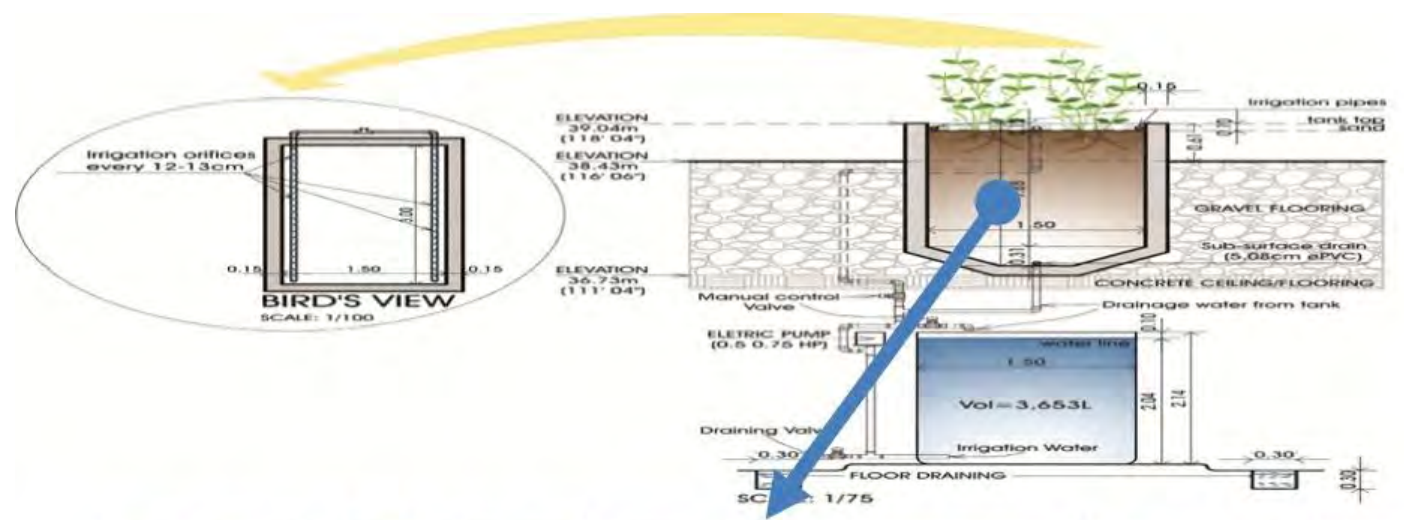
Fig. 2 Hypothesized alterations in plant-microbial interactions during and after drought.



Messaggio 1: dopo un importante periodo di aridità, il ritorno a condizioni di umidità originarie non permette il recupero di tutte le funzionalità microbiche della rizosfera. Messaggio 2: imparare a riconoscere e campionare la rizosfera di piante diverse.

Franciska T. de Vries et al. 2020. Science 368:270-274

Su spinaci lo sfruttamento del microbioma rizosferico sta portando buoni risultati in suoli aridi e salini.

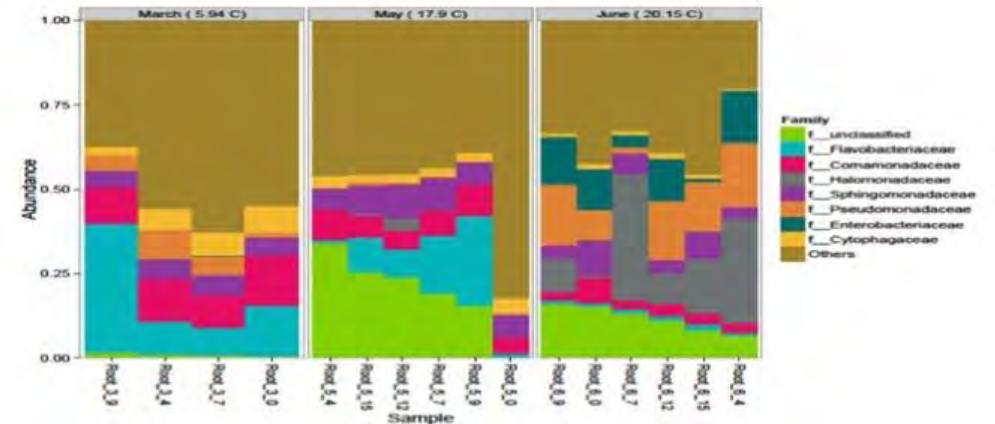


Science of The Total Environment

Volume 579, 1 February 2017, Pages 1485-1495



Seasonal induced changes in spinach rhizosphere microbial community structure with varying salinity and drought





Caring for soil is caring for life

[#MissionSoil](#) [#EUmissions](#) [#HorizonEU](#)



https://www.youtube.com/watch?v=53bbzE2lpKc&feature=emb_logo

The Mission Board
for Soil health and food
proposed mission:

Caring for soil is caring for life

**ensure 75% of soils are healthy by
2030**

**for food, people, nature and
climate**



Conclusioni:

salvaguardano del suolo, inquinamento del comparto idrico, certezza e sicurezza alimentare, emissioni gassose clima-alteranti, migrazioni, geoeconomia

gli esperti di suolo qualcosa possono fare per alleviare certe situazioni critiche che nascono da problemi legati alle produzioni di derrate e biomasse nelle varie parti del mondo. Uno dei cardini di una transizione agroecologica dell'agricoltura che rispetti suolo e ambiente per lasciarli (migliorati?) alle generazioni future passa anche dalla conoscenza del suolo e delle sue nicchie ecologiche. Imparare cosa sia, come riconoscere, come campionare e come analizzare la rizosfera in campo è un passo fondamentale per il riconoscimento e lo sfruttamento di specie microbiche utili.

Possiamo anche continuare a buttare concimi per terra nella speranza che in qualche modo arrivino alla pianta ... ma questo lo stiamo già facendo da decenni!

