

Workshop Nazionale MESCOSAGR
Il sequestro del carbonio organico nei suoli agrari

Metodi MESCOSAGR ed apparati radicali delle colture

M. Badiani

M.R. Abenavoli, A. Gelsomino, M.R. Panuccio, A. Sorgonà, A. Piccolo

Unità Operativa n. 5

BIOMAA - Università Mediterranea di Reggio Calabria



Portici, 15 Giugno 2009

**APPARATO RADICALE:
"The dark side of theplant"**



Descrizione qualitativa

radici strutturali (*framework roots*)

- >0,5 mm (erbacee)
- lignificate ed a bassissimo turnover
- penetrare ed ancorare
- esplorare

radici fini

- <0,5 mm (erbacee)
- elevato turnover (incremento C nel suolo)
- acquisire acqua e nutrienti
- infezione micorrizica
- rispondere all'ambiente

Descrizione quantitativa

Struttura: aspetti anatomici delle singole radici;

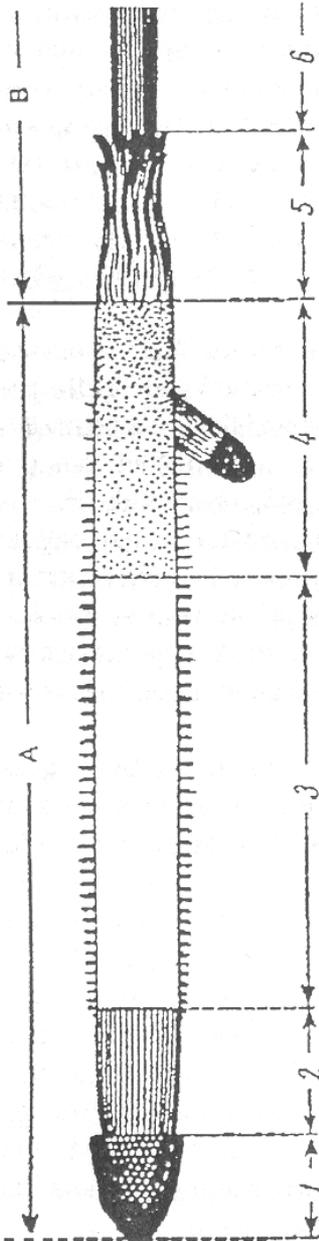
Morfologia: caratteristiche superficiali del singolo asse

Architettura: configurazione spaziale nel suolo.

Workshop Nazionale MESCOSAGR
Il sequestro del carbonio organico nei suoli agrari

Portici, 15 Giugno 2009

Sezione longitudinale di una dicotiledone



A: zona di accrescimento primario

1: meristema apicale e cuffia

2: zona di allungamento

3: zona pilifera

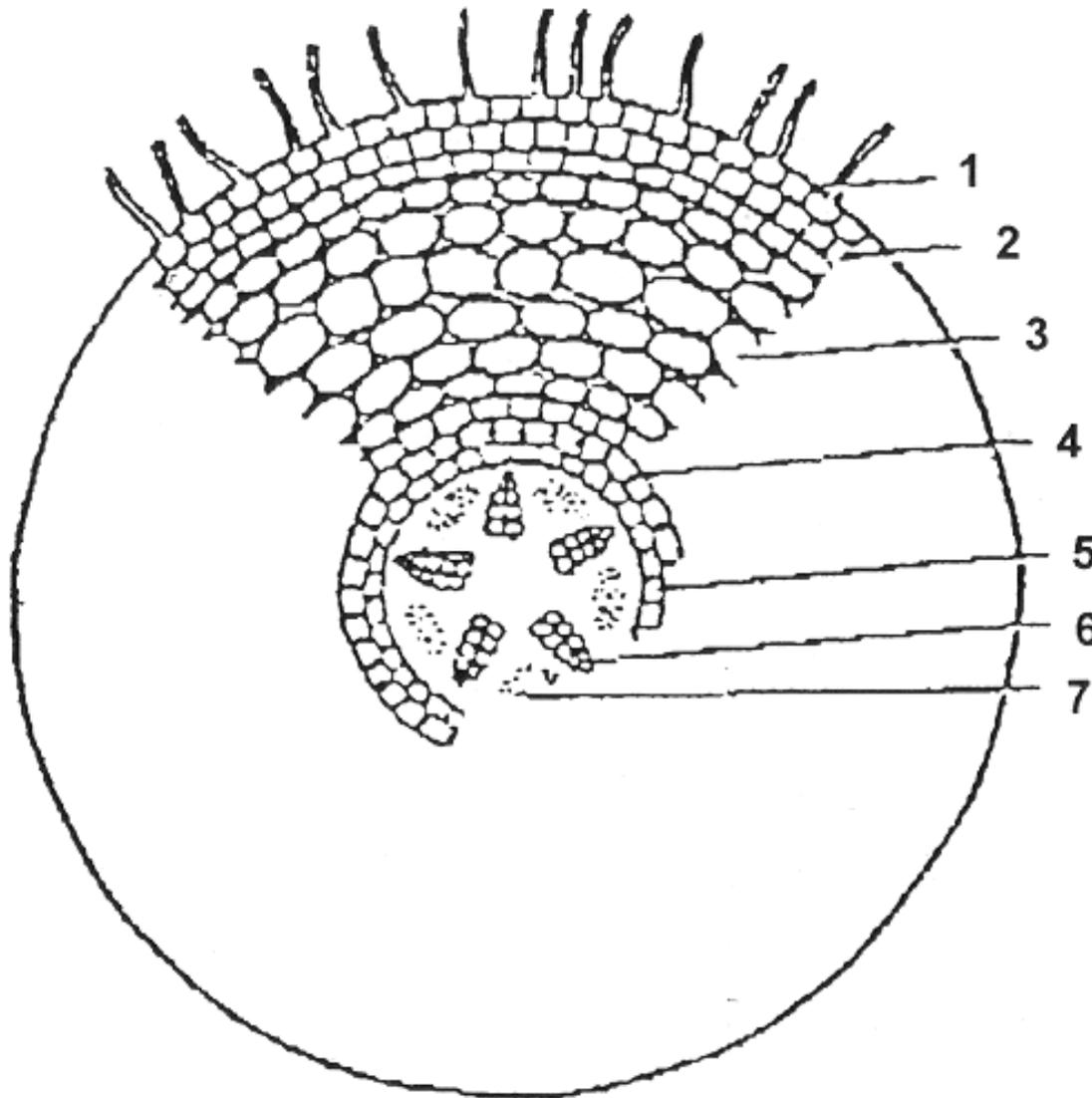
4: zona di suberificazione

B: zona di accrescimento secondario

5: zona di decomposizione del cortex

6: zona di conduzione

Radice di dicotiledone in accrescimento primario



- 1:** epidermide
- 2:** esoderma
- 3:** corteccia
- 4:** endoderma
- 5:** periciclo
- 6:** xilema
- 7:** floema



Morfologia radicale

Workshop Nazionale MESCOSAGR
Il sequestro del carbonio organico nei suoli agrari

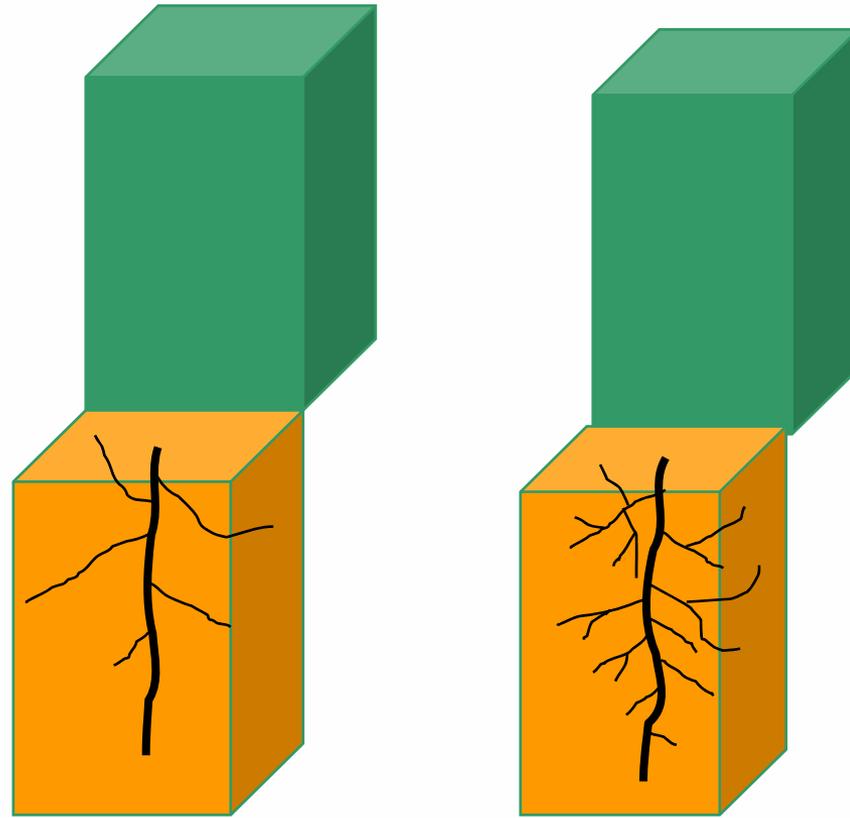
Portici, 15 Giugno 2009

Rapporto di lunghezza radicale (RLR) = rapporto tra lunghezza radicale e biomassa totale della pianta

Treatment	RLR (m g ⁻¹)	RWR (g g ⁻¹)	SRL (m g ⁻¹)	L _R :V _R (mm mm ⁻³)	D _R (mm)	DW _R :V _R (mg mm ⁻³)
<i>Brachypodium pinnatum</i>						
1N 1P	131 ± 15	0.56 ± 0.02	236 ± 24	33 ± 7	0.17 ± 0.01	0.143 ± 0.036
1N 2P	166 ± 42	0.58 ± 0.06	284 ± 43	41 ± 9	0.15 ± 0.01	0.143 ± 0.026
1N 3P	126 ± 27	0.53 ± 0.04	238 ± 54	37 ± 7	0.16 ± 0.01	0.161 ± 0.040
2N 1P	104 ± 29	0.43 ± 0.05	241 ± 65	27 ± 9	0.19 ± 0.03	0.110 ± 0.025
2N 2P	111 ± 14	0.41 ± 0.03	274 ± 28	31 ± 8	0.17 ± 0.02	0.113 ± 0.034
2N 3P	77 ± 22	0.38 ± 0.04	204 ± 44	20 ± 3	0.21 ± 0.02	0.102 ± 0.020
3N 1P	90 ± 17	0.35 ± 0.03	254 ± 42	23 ± 3	0.20 ± 0.02	0.090 ± 0.013
3N 2P	78 ± 14	0.33 ± 0.04	237 ± 32	24 ± 4	0.19 ± 0.02	0.101 ± 0.013
3N 3P	73 ± 13	0.27 ± 0.03	266 ± 42	19 ± 4	0.22 ± 0.02	0.074 ± 0.020
c.v. (%)	29	25	10	27	12	25
<i>Dactylis glomerata</i>						
1N 1P	202 ± 35	0.54 ± 0.06	374 ± 42	41 ± 9	0.15 ± 0.02	0.109 ± 0.018
1N 2P	256 ± 49	0.61 ± 0.06	426 ± 63	48 ± 9	0.14 ± 0.01	0.113 ± 0.024
1N 3P	195 ± 16	0.50 ± 0.04	391 ± 24	36 ± 5	0.16 ± 0.01	0.089 ± 0.010
2N 1P	140 ± 22	0.40 ± 0.04	351 ± 28	29 ± 5	0.17 ± 0.02	0.084 ± 0.020
2N 2P	181 ± 28	0.44 ± 0.02	415 ± 55	23 ± 6	0.20 ± 0.02	0.055 ± 0.011
2N 3P	138 ± 29	0.44 ± 0.05	323 ± 48	22 ± 3	0.21 ± 0.01	0.067 ± 0.008
3N 1P	100 ± 14	0.35 ± 0.03	292 ± 37	22 ± 4	0.20 ± 0.02	0.075 ± 0.017
3N 2P	69 ± 18	0.31 ± 0.04	229 ± 62	12 ± 4	0.28 ± 0.04	0.052 ± 0.009
3N 3P	80 ± 14	0.34 ± 0.03	233 ± 42	12 ± 2	0.27 ± 0.03	0.052 ± 0.012
c.v. (%)	41	23	22	46	25	30
ρ	0.92	0.93	0.40	0.89	0.78	0.77

Significato biologico:
La pianta aumenta il RLR al diminuire della disponibilità dei nutrienti

La riduzione della concentrazione di nitrato e fosfato aumentano RLR in *Dactylis glomerata* e *Brachypodium pinnatum* (Ryser and Lambers, 1995)



Significato biologico del RLR: a parità di biomassa totale, la pianta a destra "dà maggiore importanza" all'apparato radicale

Componenti della lunghezza radicale

$LR = \text{biomassa radicale} \times \text{lunghezza radicale specifica}$

$RLR = \text{rapporto massa radicale} \times \text{lunghezza radicale specifica}$

1^a componente: la biomassa o il rapporto di massa radicale (RMR)

Il rapporto di massa radicale (RMR, allocazione della biomassa) è il rapporto tra la biomassa radicale (BR) e quella dell'intera pianta (BP):

$$\begin{aligned} BR &= g \text{ PS} \\ RMR &= BR/BP \end{aligned}$$

Le piante tendono ad accrescere BR o RMR (allocazione della biomassa alle radici) in situazioni di carenza idrica o nutrizionale

2^a componente: lunghezza radicale specifica

Rapporto tra lunghezza radicale e suo peso secco

Riflette l'efficacia di impiego dei fotosintetati per l'acquisizione delle risorse limitanti

Indice Strutturale: elevato valore di LRS in piante con attiva proliferazione radicale

Indice Economico: elevato valore di LRS indica alto rapporto benefici (lunghezza) /costi (biomassa)

Componenti della lunghezza radicale specifica (LRS):

la finezza (FR) e la densità di tessuto radicale (DTR):

$$LRS = FR/DTR$$

La finezza radicale è meglio definita dal rapporto della lunghezza radicale (LR) sul volume radicale (VR)

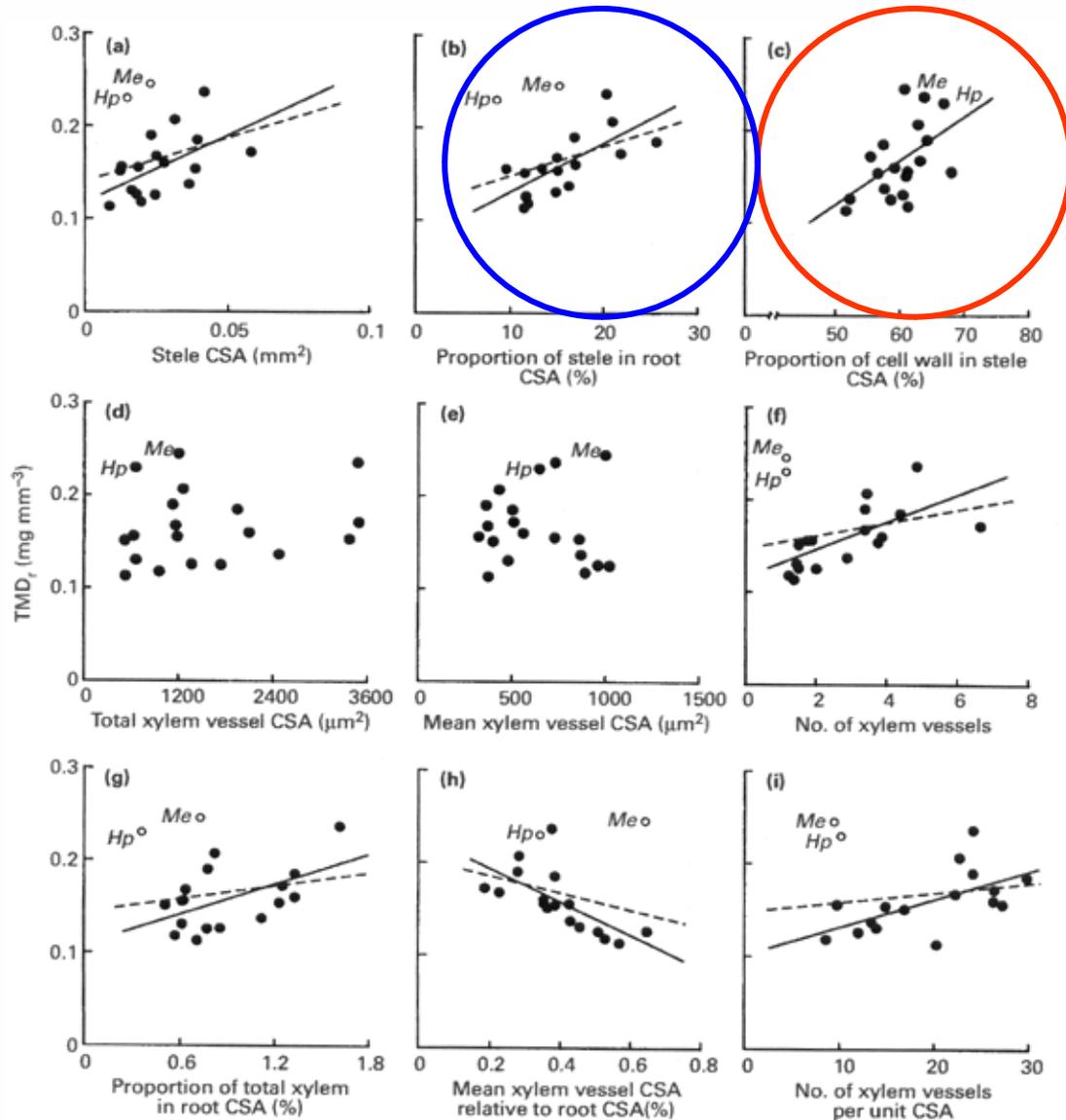
$$FR = LR/VR$$

piuttosto che dal diametro

Workshop Nazionale MESCOSAGR
Il sequestro del carbonio organico nei suoli agrari

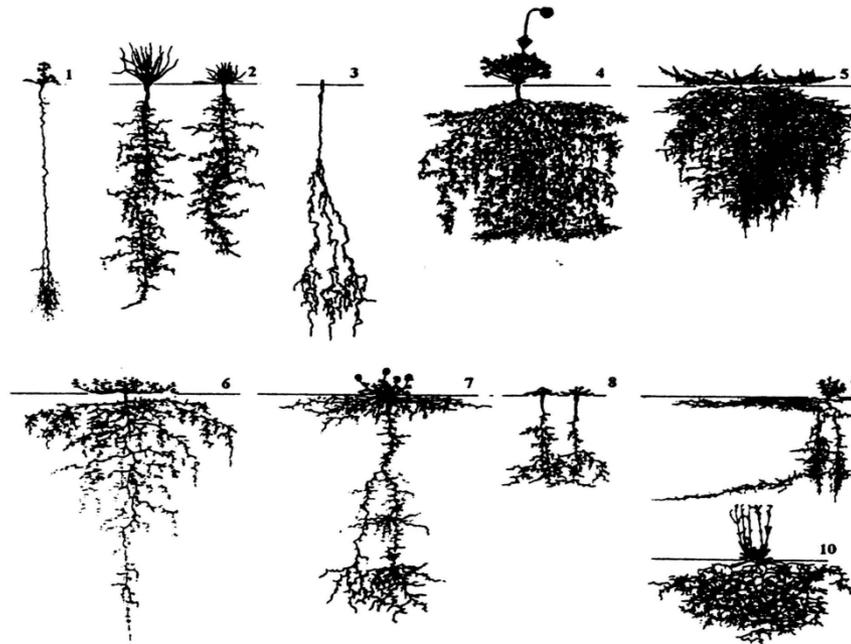
Portici, 15 Giugno 2009

La densità di tessuto radicale è correlata positivamente con la frazione di tessuto vascolare e lo spessore delle pareti cellulari dei vasi xilematici (Wahl e Ryser, 2000)



Architettura radicale

Definisce la disposizione spaziale del sistema radicale nel suolo
(Lynch, 1995)



E' in stretta relazione con le *performances* produttive della pianta
(Lynch, 1995).

E' sotto controllo genetico ma può essere modulata dalle condizioni ambientali (stress idrico, disponibilità di nutrienti, ...)

Analisi dell'architettura radicale

Alta complessità strutturale, scarsa accessibilità e visibilità.

Tomografia (Anderson e Hopmans, 1994)

Analisi costi-benefici (Rundel e Nobel, 1991)

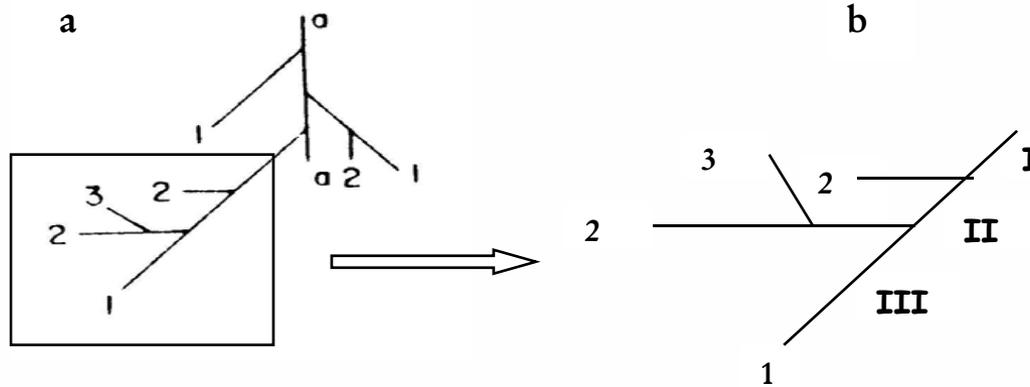
Analisi di simulazione al computer (Diggle, 1988; Pages et al., 1989; Berntson, 1994a; Clausnitzer e Hopmans, 1994; Lynch e Nielsen, 1996)

Analisi topologica (Fitter, 1991)

Analisi frattalica (Tatsumi et al., 1989; Eghball et al., 1993; Lynch e Van Beem, 1993; Berntson, 1994b).

Analisi topologica dell'architettura radicale

Classificazione secondo il modello di sviluppo



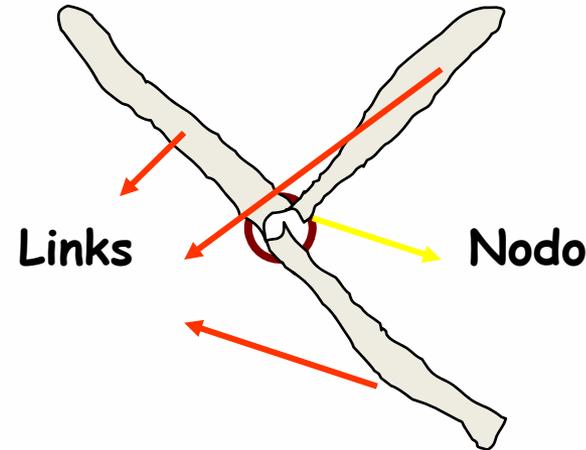
Svantaggio:

Ignora le differenti funzioni fisiologiche di differenti tratti radicali

Il "modello funzionale" di Fitter (1986)

Si basa sul concetto che i sistemi radicali posseggono una geometria con struttura a **ramificazione trivalente**, cioè da ciascun **nodo** o vertice si ergono tre "**links**"

I links definiscono segmenti di radice tra due nodi o tra un vertice ed un nodo



Il modello funzionale inverte la direzione di classificazione rispetto al modello di sviluppo, cioè i *links* terminali hanno ordine 1.

Poiché l'ordine di un segmento caratterizza la distanza dall'apice radicale, la sua variazione indica un cambiamento della sua funzione fisiologica.



Link di ordine 1: acquisizione dei nutrienti
Link ordine 2: traslocazione dei nutrienti
Ecc.



Sistema *herringbone* favorito in ambienti a bassa fertilita' od in specie caratteristiche di questi ambienti, poiche' la risorsa edafica e' limitante.



In ambienti dove le risorse abbondano, la pianta utilizza i sistemi radicali di tipo "*dichotomous*" che sono meno dispendiosi da costruire e più efficienti nel trasportare le sostanze assorbite alle strutture fotosintetizzanti. (Fitter e Stickland, 1991)



La rizosfera

*Root layer colonizable
by microorganisms*

**ENDO-
RHIZOSPHERE**

*Soil layer surrounding
the root*

**ECTO-
RHIZOSPHERE**

*Soil infected by
mycorrhizal fungi*

**MYCOR-
RHIZOSPHERE**

RHIZOPLANE

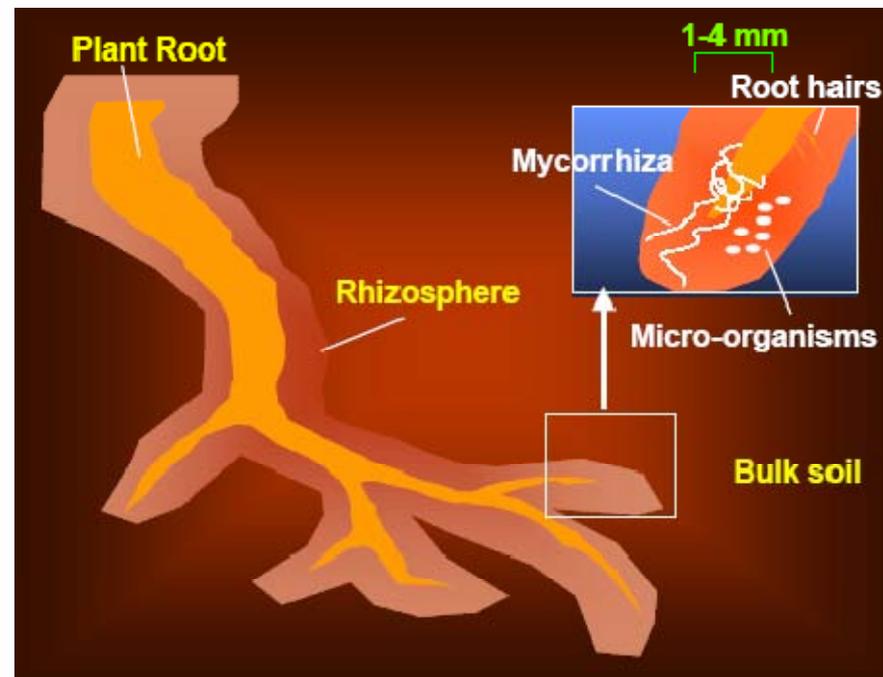
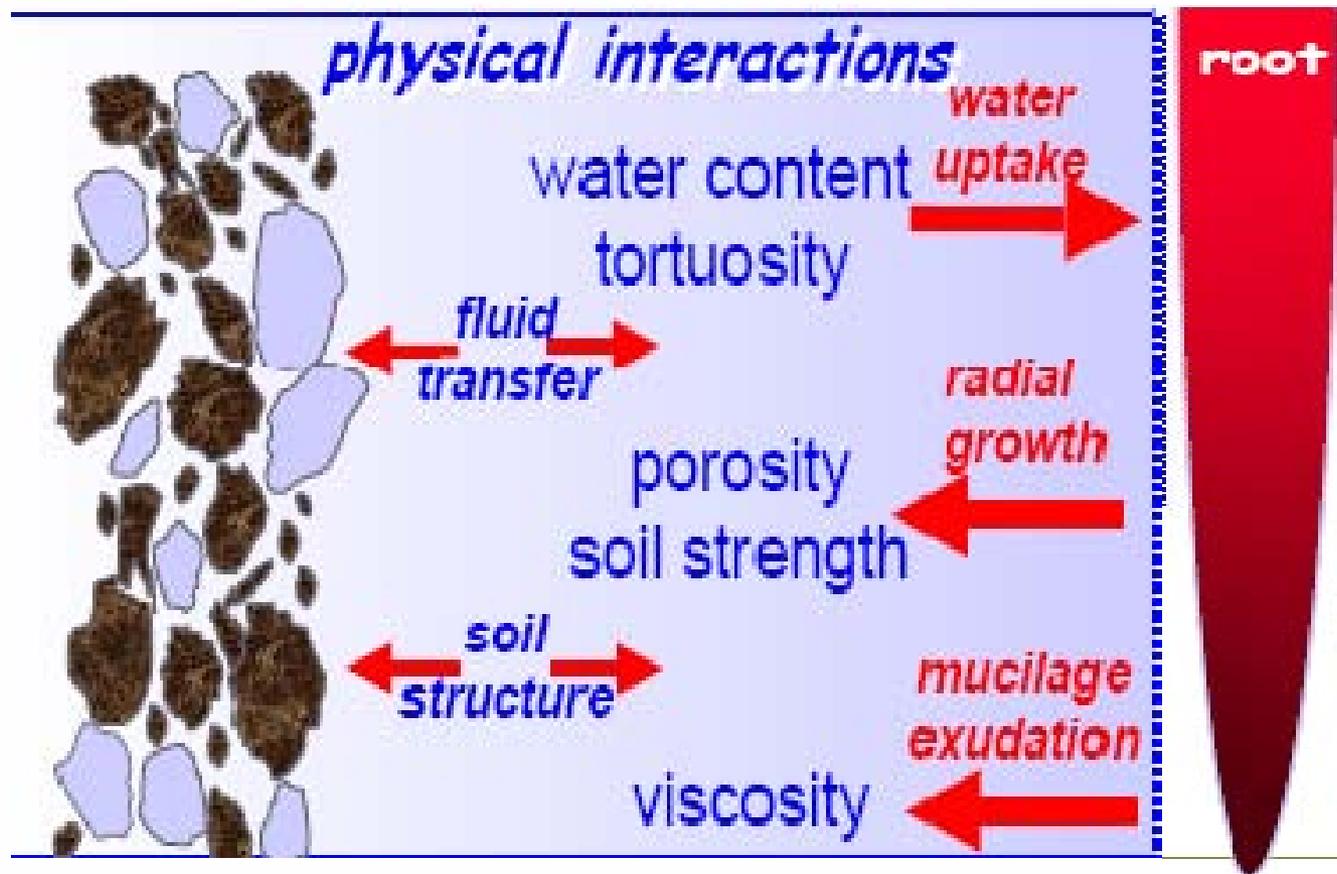


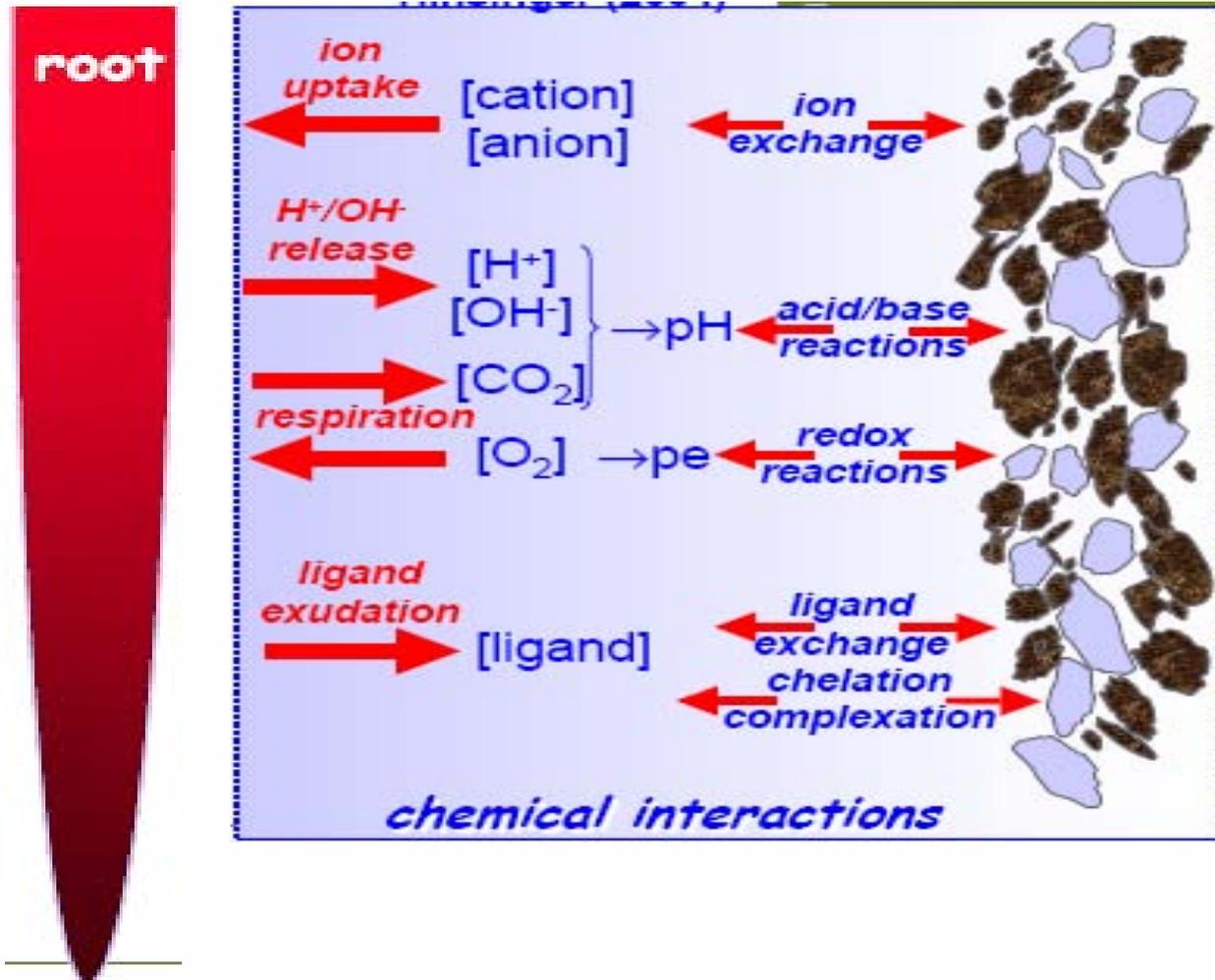
Tabella 1 - Caratteristiche chimiche della rizosferae del bulk soil di orizzonte E. (Tabella tratta da Gobran et al., 1998)

	Bulk soil	Rhizosphere soil
Cation exchange capacity (cmol _c kg ⁻¹)	4.41 ^b	12.16 ^a
Exchangeable base cations (cmol _c kg ⁻¹)	0.33 ^a	1.93 ^a
Titrateable acidity (cmol _c kg ⁻¹)	4.08 ^a	10.23 ^a
Soluble base cations (cmol _c kg ⁻¹)	0.10 ^b	0.46 ^a
Calcium aluminium balance	-1.35 ^a	-1.20 ^a
Base saturation (%)	7.47 ^b	16.13 ^a
Organic Matter (%)	9.80 ^b	23.03 ^a

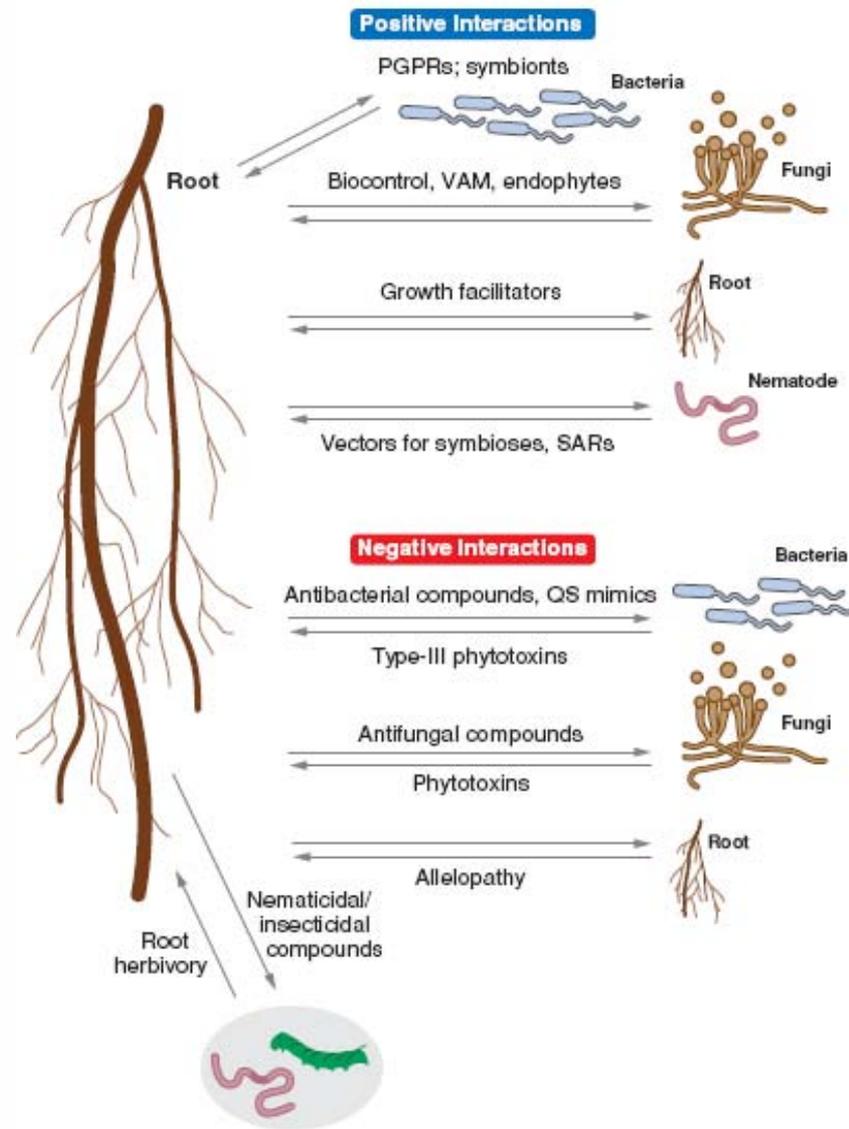
Interazioni fisiche



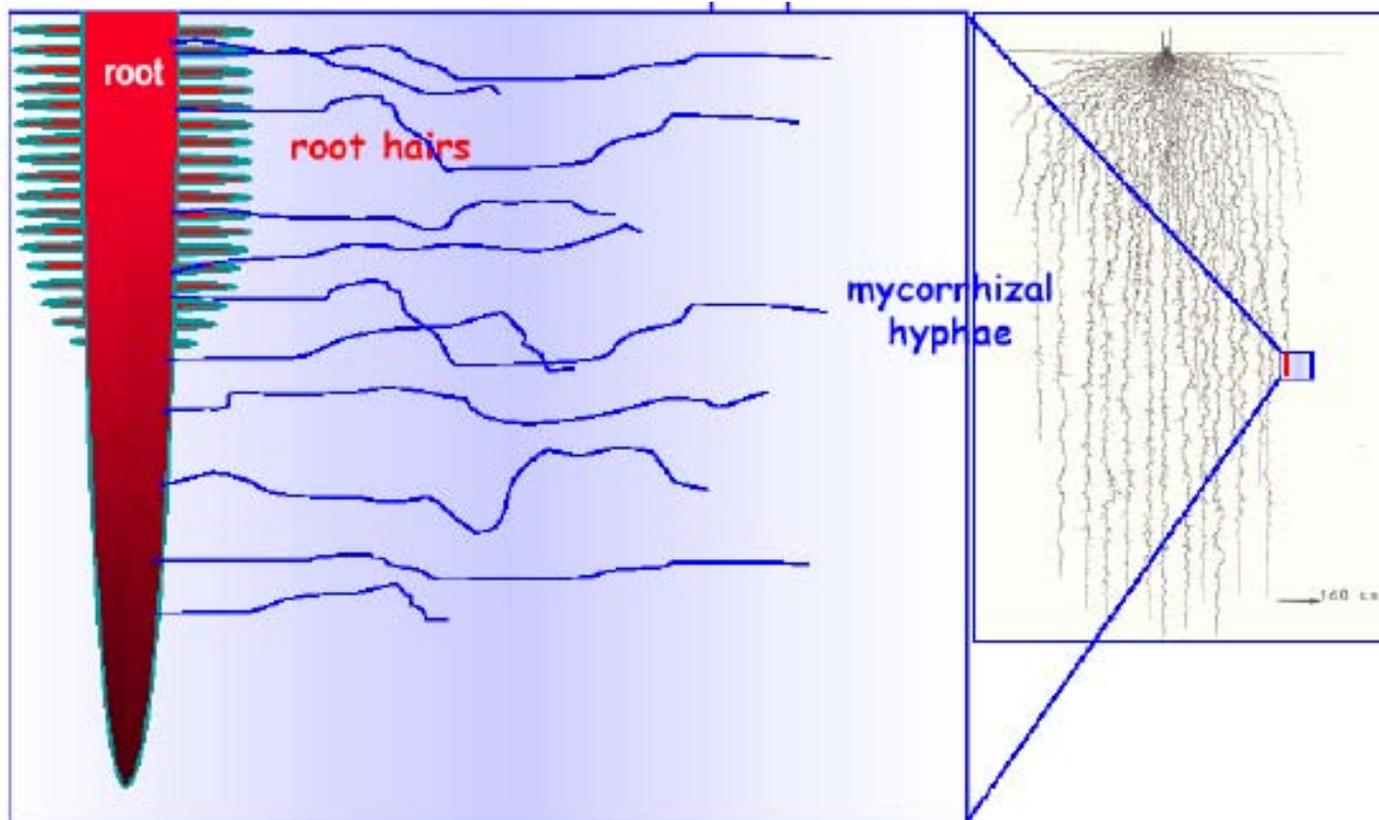
Interazioni chimiche



Interazioni biologiche

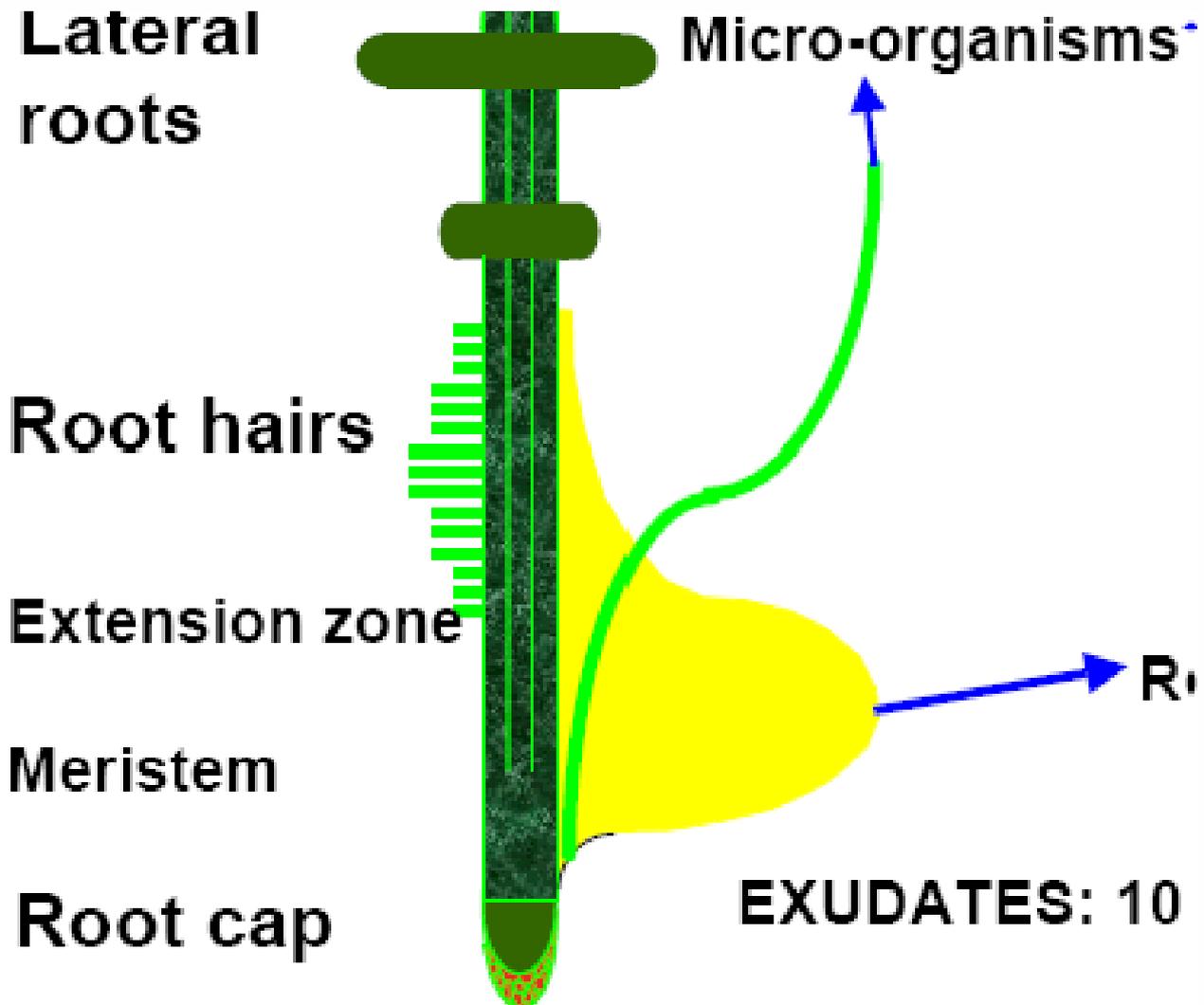


Confine esterno della rizosfera: variabile e dipendente dal processo considerato



Confine esterno della rizosfera in funzione dell'estensione delle ife micorriziche.

Eterogeneità spaziale della rizosfera



IL PROCESSO DI RIZODEPOSIZIONE

E' quel fenomeno ubiquitario che riguarda il **rilascio di carbonio organico** nel suolo ad opera della radice

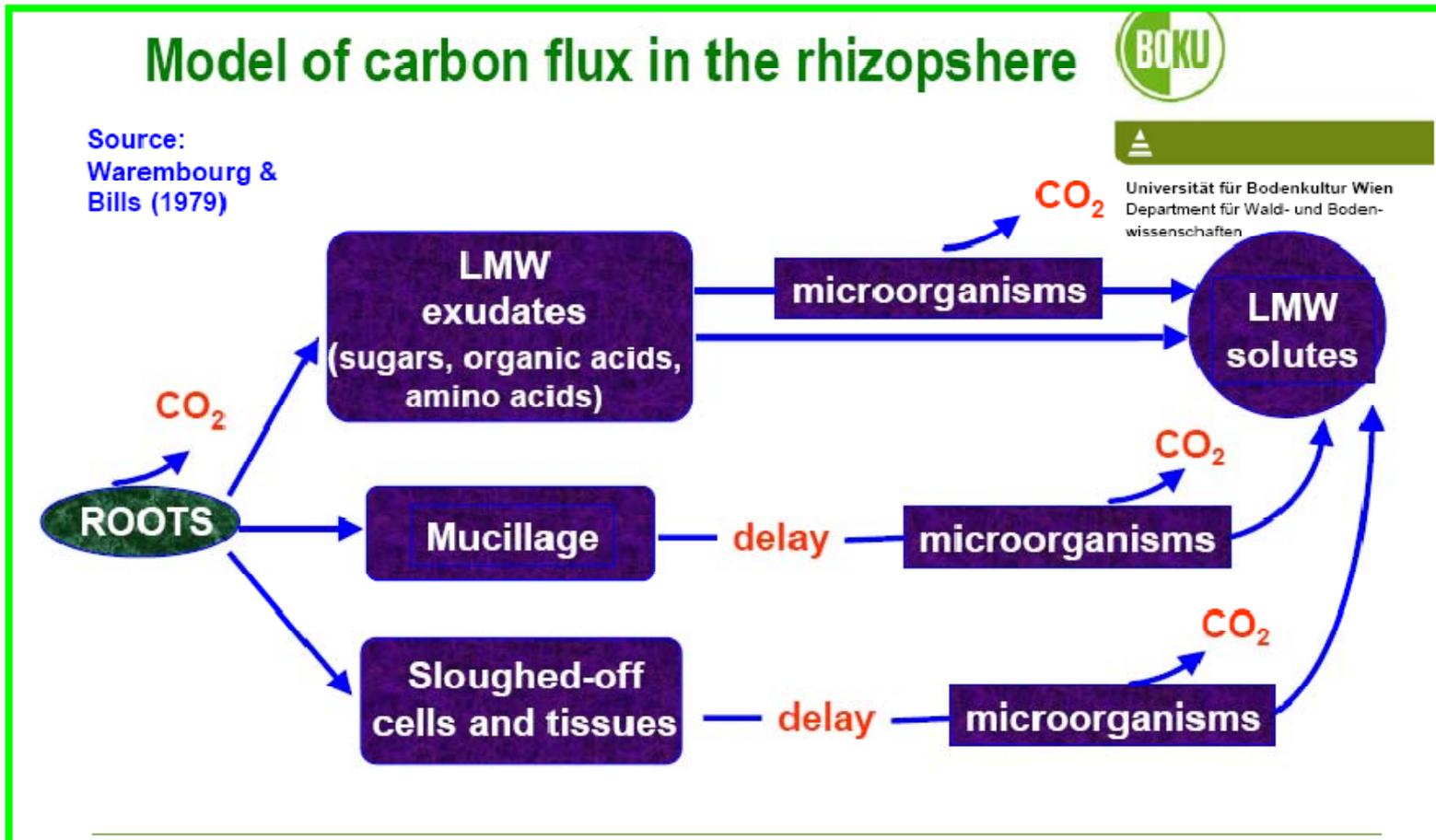
Può assumere varie forme in funzione del **tipo di composto rilasciato** e del **modo di rilascio**.

Workshop Nazionale MESCOSAGR
Il sequestro del carbonio organico nei suoli agrari

Portici, 15 Giugno 2009

Modi e tipi di essudati rilasciati dalle radici nella rizosfera

LMW: Low Molecular weight



Root products: definitions



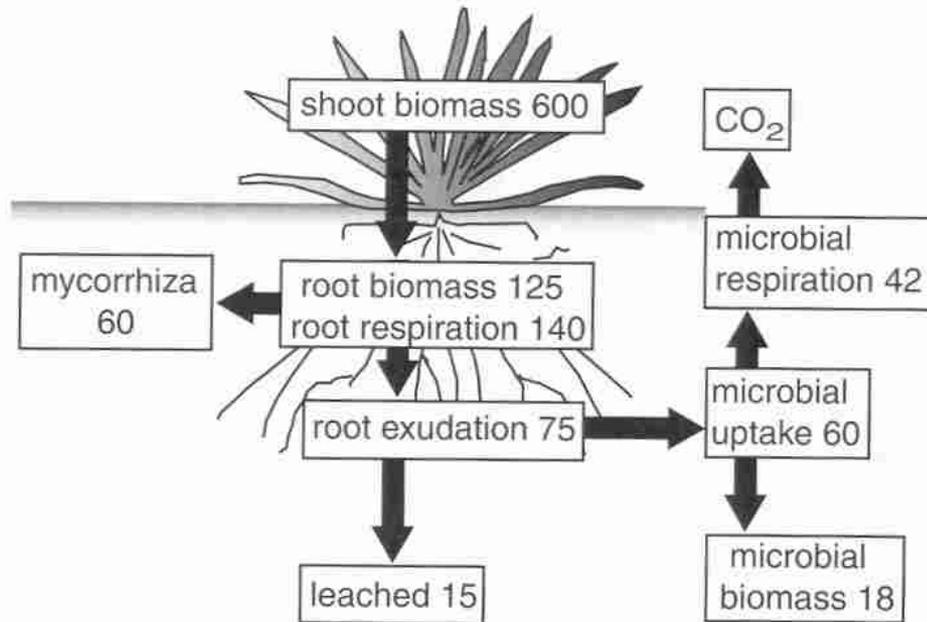
Source:
Uren (2001)



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Wald- und Boden-
wissenschaften

Term	Definition
Root products	= all substances produced by the root and released in the rhizosphere
Lysates, root debris	= released by autolysis of SLOUGHED-OFF cells
Root exudates	= released from INTACT root cells
Diffusates	= released PASSIVELY from intact root cells, NO FUNCTIONAL role
Secretions	= released ACTIVELY from intact root cells, FUNCTIONAL role, facilitate EXTERNAL processes
Excretions	= released ACTIVELY from intact root cells, FUNCTIONAL role, facilitate INTERNAL metabolisms

Quantità di essudati rilasciati dalla radice



Del 40% di carbonio allocato alle radici:

- A) 31% è utilizzato come **biomassa radicale**
- B) 35% viene perso come **anidride carbonica**
- C) 15% viene traslocato alle **micorrize**
- D) 18 % (1,8% del carbonio fissato) viene rilasciato nel suolo come **essudato**

Le **piante annuali** rilasciano carbonio in quantità del 40% mentre quelle **legnose** arrivano addirittura al 70%



Pinus sylvestris trasferisce il 60% del carbonio fissato verso le radici (Agren 1980)



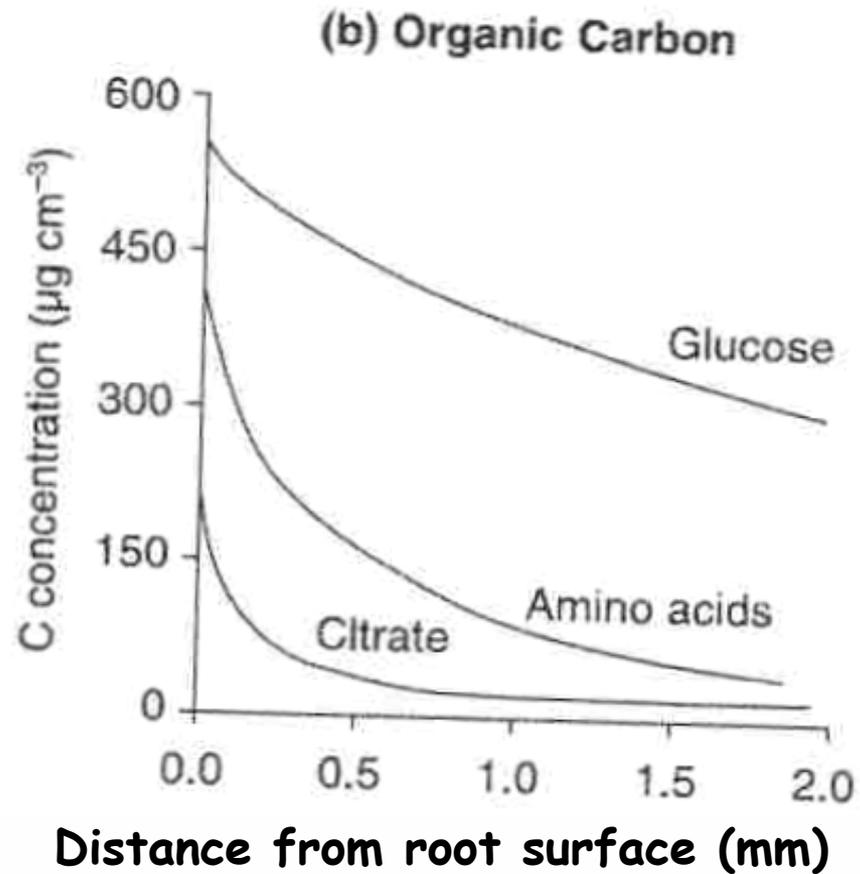
Pseudotsuga menziesii arriva a traslocare nelle radici il 73% degli assimilati (Fogel e Hunt, 1983)

Classi di essudati e loro componenti

Table 1
Organic compounds detected as plant root exudates

Class of compounds	Components
Carbohydrates	Arabinose, fructose, galactose, glucose, maltose, raffinose, rhamnose, ribose, sucrose, xylose
Amino acids and amides	All 20 protein amino acids, aminobutyric acid, homoserine, cystathionine
Aliphatic acids	Acetic, butyric, citric, fumaric, glycolic, malic, malonic, oxalic, propionic, succinic, tartaric, valeric
Aromatic acids	<i>p</i> -Hydroxybenzoic, caffeic, <i>p</i> -coumaric, ferulic, gallic, gentistic, protocatechuic, salicylic, sinapic, syringic, vanillic
Fatty acids	Linoleic, linolenic, oleic, palmitic, stearic
Sterols	Campesterol, cholesterol, sitosterol, stigmasterol
Enzymes	Amylase, deoxyribonuclease, invertase, peroxidase, phosphatase, ribonuclease
Miscellaneous	Vitamins, plant growth regulators, auxins, cytokinins, gibberellins, unidentified microbial growth stimulators and inhibitors

Modified from Bolton et al. (1992).



Gradiente di concentrazione di soluti organici nella rizosfera

Meccanismo dell'essudazione radicale

Essudati ad **elevato peso molecolare** (ad es., la mucillagine):
flusso unidirezionale azionato dal **gradiente di concentrazione**

Essudati a **basso peso molecolare**:

movimento bidirezionale tra l'interno e l'esterno (**efflusso**) e tra l'esterno e l'interno (**influsso**) determinando così un **netto rilascio** nella rizosfera. **L'efflusso è azionato dal gradiente di concentrazione**, mentre **l'influsso è un movimento attivo**

Fattori che influenzano la risoddeposizione

Plant biotic factors

Plant species
Developmental status
Shoot herbivory
Photosynthesis
Supply of C from shoot to root
Evapotranspiration
Nutrient deficiency
Root age
Root architecture
Cytosolic concentration
Membrane permeability
Membrane electrochemical potential
Release of microbial signals
Allelochemical release
Mycorrhizas
Nodulation

Ablotic factors

Temperature
Moisture
Humidity
Wind speed
Light intensity
Elevated CO₂
Pesticides
Available space
Atmospheric N deposition
Ozone
Physical disturbance
Fire
Irrigation
Erosion
Altitude
Latitude

Rhizodeposition

Root herbivory
Mycorrhizas
Microbial community size
Microbial community structure
Microbial community activity
Toxin production
Root membrane permeabilisers
Release of root signal molecules
Quorum sensing
Pathogen
Biocontrol agents
Phytohormone production
Mesofauna

Compaction
Soil type
Soil pH
Salinity
Metal toxicity
Water availability
Organic matter
Cation and anion exchange
Drainage and aeration
Rooting depth
Soil texture
Soil structure
Redox potential

Soil biotic factors

Soil abiotic factors

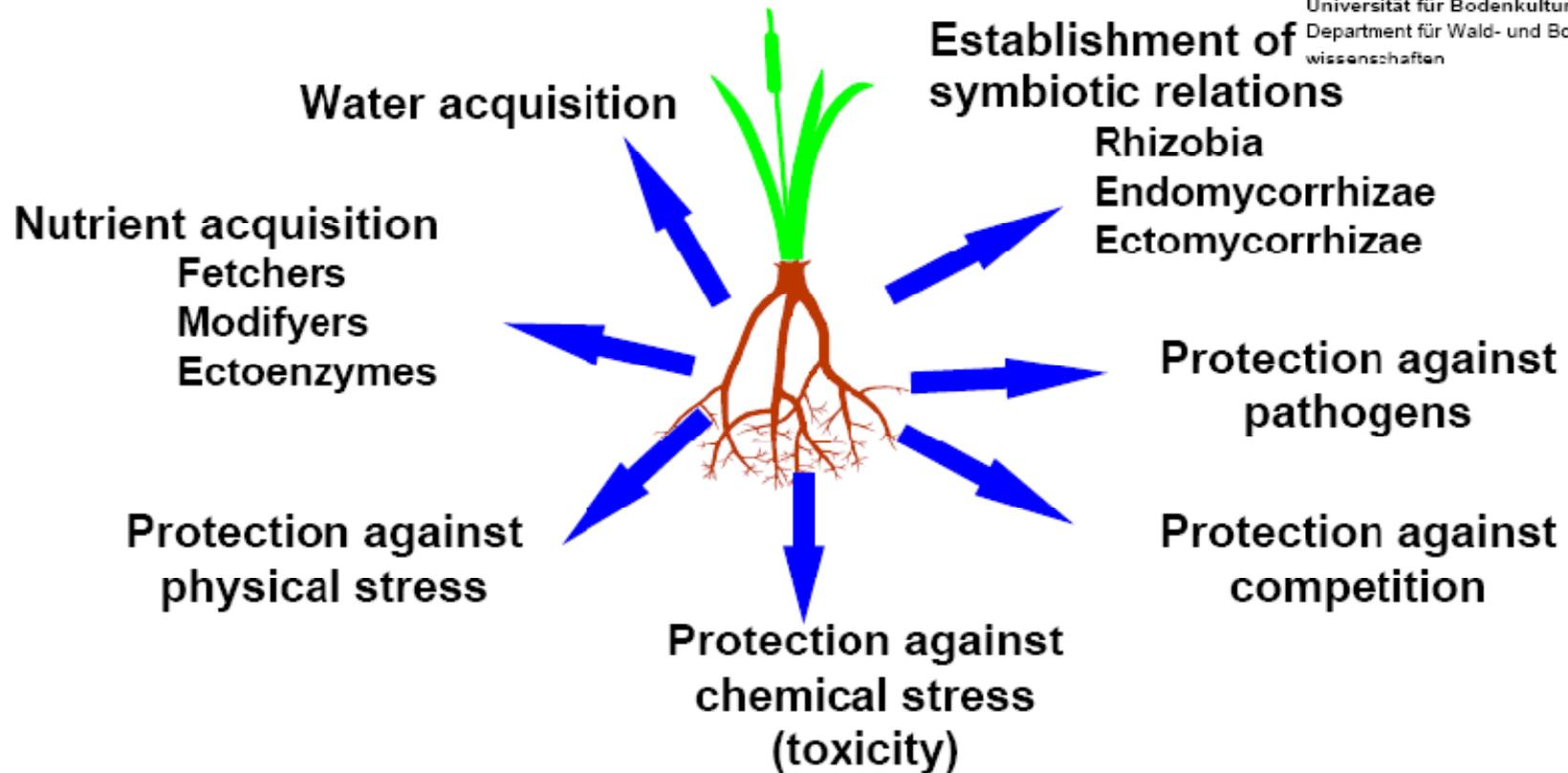
Functions of root secretions



Source:
Uren (2001)



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Wald- und Boden-
wissenschaften



Component	Rhizosphere function
Phenolics	Nutrient source Chemoattractant signals to microbes Microbial growth promoters Nod inducers/inhibitors in rhizobia Resistance inducers against phytoalexins Chelators of poorly soluble mineral nutrients (e.g. Fe) Detoxifiers of Al Phytoalexins against soil pathogens
Organic acids	Nutrient source Chemoattractant signals to microbes Chelators of poorly soluble mineral nutrients Acidifiers of soil Detoxifiers of Al Nod gene inducers
Amino acids and phytosiderophores	Nutrient source Chelators of poorly soluble mineral nutrients Chemoattractant signals to microbes
Vitamins	Promoters of plant and microbial growth Nutrient source

Ruolo funzionale degli essudati radicali nella rizosfera

U. O. MESCOSAGR n. 5

BIOMAA - Università Mediterranea di Reggio Calabria

Aspetti studiati:

- variazioni chimiche e biologiche del binomio suolo-pianta in risposta all'ammendamento con compost e con catalizzatore biomimetico in sistemi sperimentali confinati tipo microcosmo
- effetto diretto del catalizzatore biomimetico sulla germinazione del seme, sull'affrancamento del semenzale e sullo sviluppo della pianta in specie vegetali modello in laboratorio



Proprietà fisico-chimiche del suolo campionato in data 19/10/2006 presso l'azienda didattico-sperimentale dell'Università di Reggio Calabria sita in Gallina (RC).

Parametro	Valore medio
Sabbia (%)	36
Limo (%)	32
Argilla (%)	32
Tessitura (secondo USDA)	Franco argilloso (clay loam)
Contenuto di umidità (peso fresco/peso secco)	1.049 ± 0.001
pH in CaCl ₂ 0.01M	7.55 ± 0.12
pH in KCl 1 M	7.32 ± 0.09
Conducibilità elettrica (CE _{1:2}) (dS · m ⁻¹)	265 ± 4
Carbonio organico totale (g C · kg ⁻¹)	26.5 ± 0.4
Azoto totale (g N · kg ⁻¹)	1.8 ± 0.1
Rapporto C/N	14.7
Calcare totale (g · kg ⁻¹)	8.4 ± 0.1
Calcare attivo (g · kg ⁻¹)	3.9 ± 0.6
Fosforo assimilabile (Olsen) (mg P · kg ⁻¹)	18.3 ± 2.3
Azoto nitrico (mg NO ₃ ⁻ -N · kg ⁻¹)	13 ± 1
Azoto ammoniacale (mg NH ₄ ⁺ -N · kg ⁻¹)	17 ± 1
Azoto disponibile (mg N · kg ⁻¹)	30
Capacità di scambio cationico (cmol ₍₊₎ · kg ⁻¹)	17.1 ± 1.7
Na ⁺ di scambio (cmol ₍₊₎ · kg ⁻¹)	1.0 ± 0.4
K ⁺ di scambio (cmol ₍₊₎ · kg ⁻¹)	1.2 ± 0.1
Mg ²⁺ di scambio (cmol ₍₊₎ · kg ⁻¹)	3.3 ± 0.5
Ca ²⁺ di scambio (cmol ₍₊₎ · kg ⁻¹)	8.4 ± 0.3
Grado di saturazione in basi (%)	81
Fe assimilabile (mg · kg ⁻¹)	6.1 ± 0.9
Cu assimilabile (mg · kg ⁻¹)	3.8 ± 0.1
Zn assimilabile (mg · kg ⁻¹)	1.2 ± 0.1
Mn assimilabile (mg · kg ⁻¹)	2.3 ± 0.1
B solubile (mg · kg ⁻¹)	0.49 ± 0.07

Suolo

➤ Az. Agraria UniMedRC

Trattamenti

➤ T, COM2, POR, COM2+POR

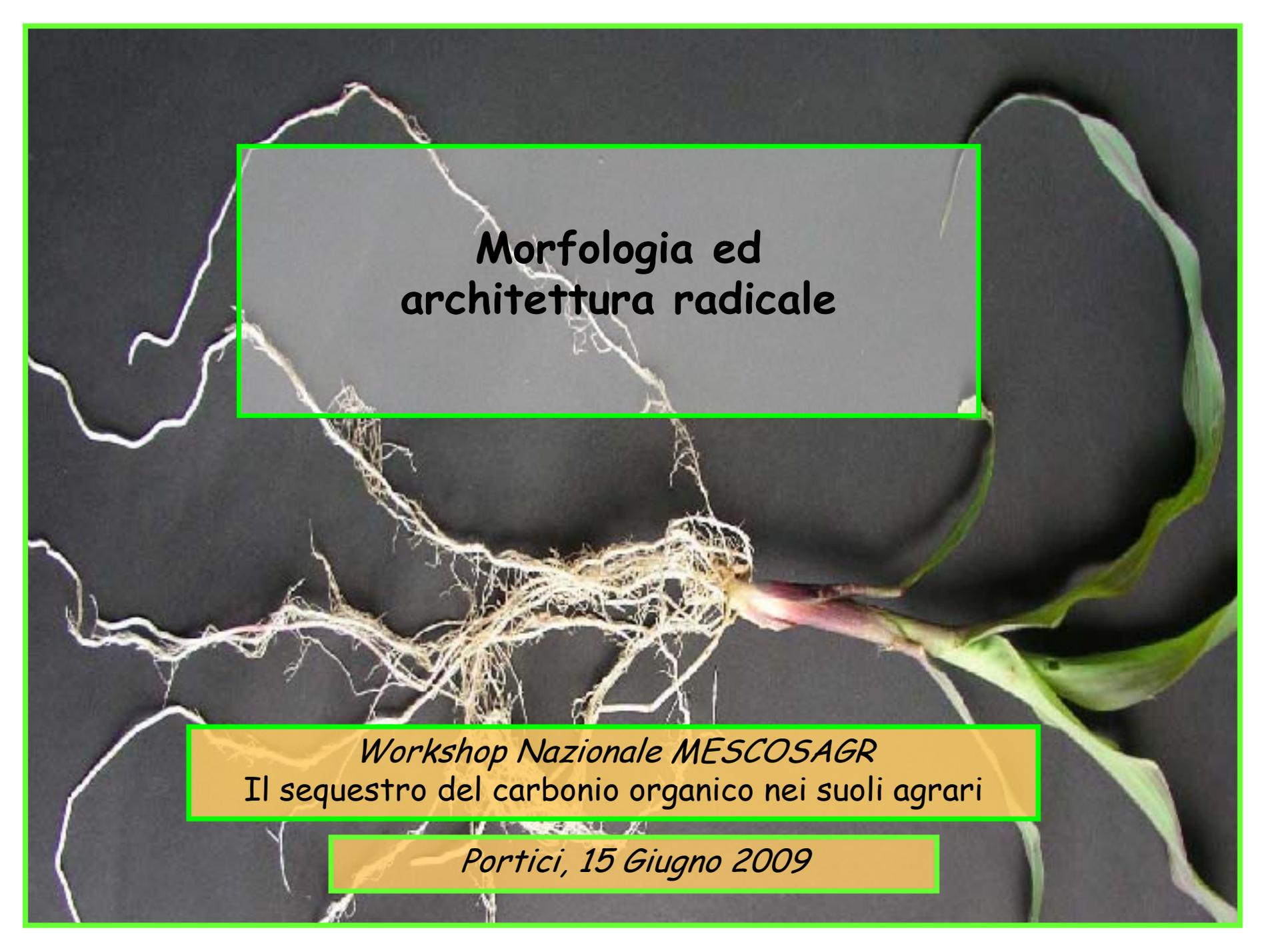
Dosi unitarie

➤ COM2 = 40 t ha⁻¹

➤ POR = 1 g m⁻²

Specie vegetale

➤ mais (*Zea mays* L.) cv. Pioneer Cecilia



**Morfologia ed
architettura radicale**

Workshop Nazionale MESCOSAGR
Il sequestro del carbonio organico nei suoli agrari

Portici, 15 Giugno 2009

Il suolo come "source": il contributo della radice

- respirazione rizosferica (radicale + rizomicrobica)
- stimolo/inibizione attività microbica (via essudati, frantumazione aggregati, competizione per i nutrienti, ecc.)

Il suolo come "sink": il contributo della radice

- rizodeposizioni
- decomposizione → contributo OC suolo

"Rhizosphere-stimulated SOM-derived CO₂ priming effects" (SOM "primed" decomposition)

- decomposizione della SOM correlata con

- specie vegetale**
- evapotraspirazione**
- biomassa fogliare**

.....ma nessuno studio sul ruolo di morfologia ed architettura radicale

Il suolo come "source": il contributo della radice

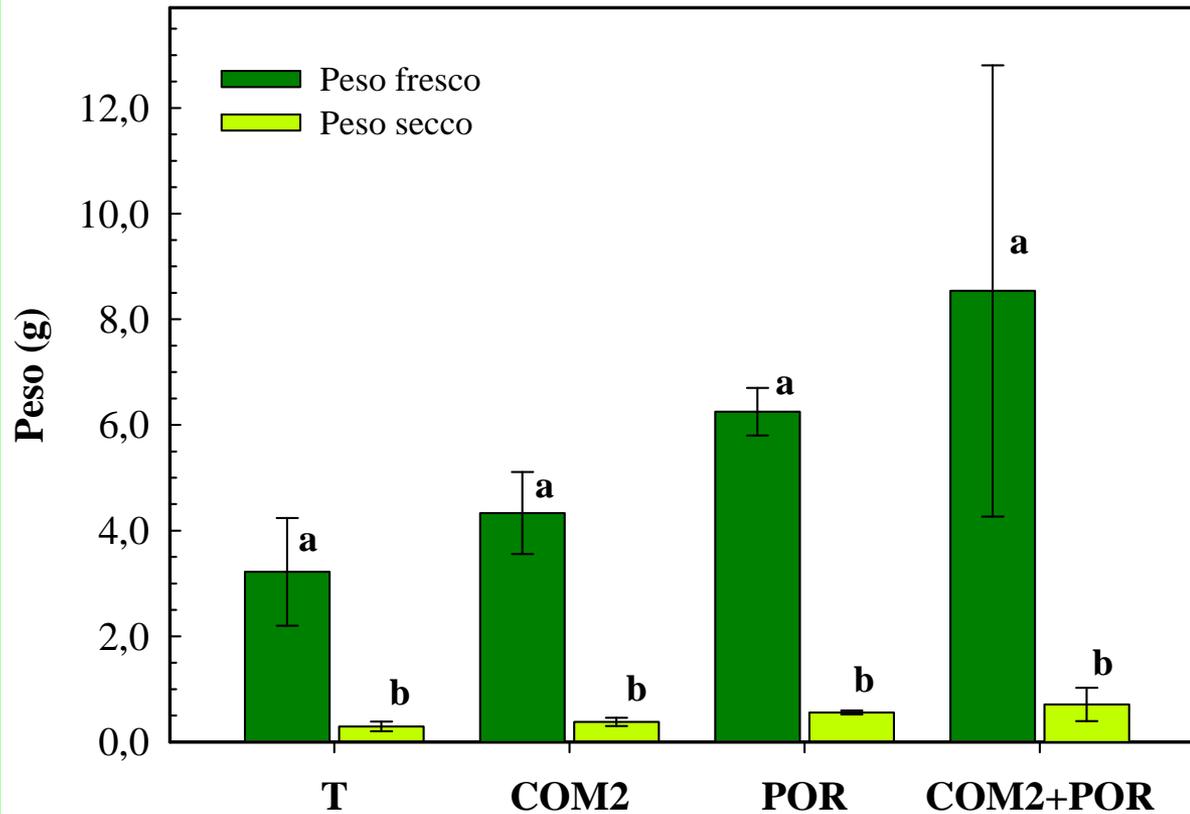
- morfologia quantitativa: lunghezza ed area superficiale
- morfologia qualitativa: lunghezza radici fini e grosse
- architettura radicale: indice topologico

.....correlare con i flussi misurati

Workshop Nazionale MESCOSAGR
Il sequestro del carbonio organico nei suoli agrari

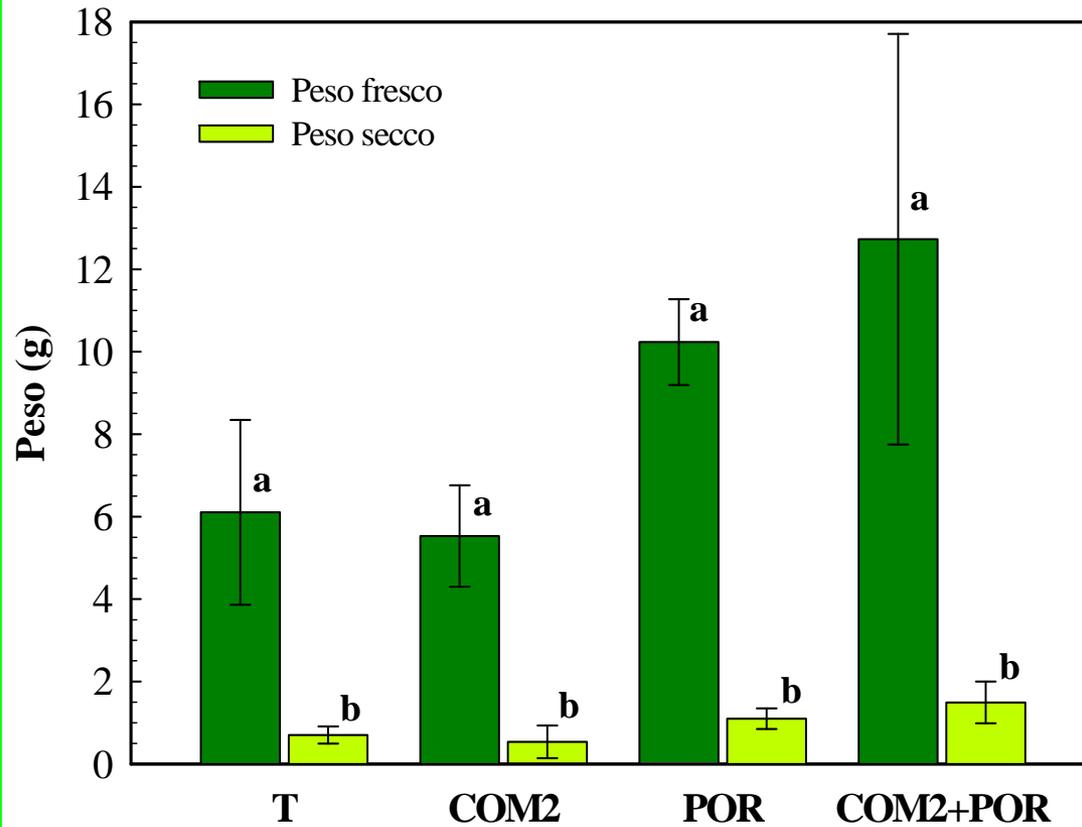
Portici, 15 Giugno 2009

PORZIONE IPOGEA



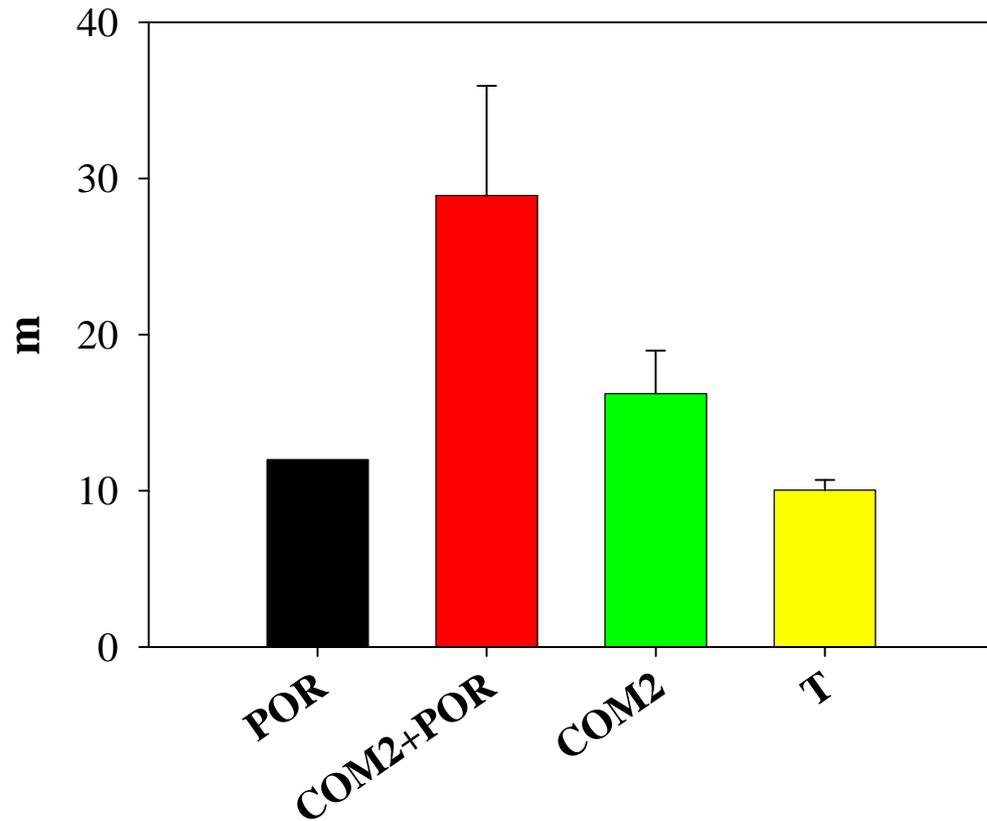
Sia COM2 che POR singolarmente, sia la loro combinazione, tendevano ad stimolare l'accrescimento della parte ipogea

PORZIONE EPIGEA



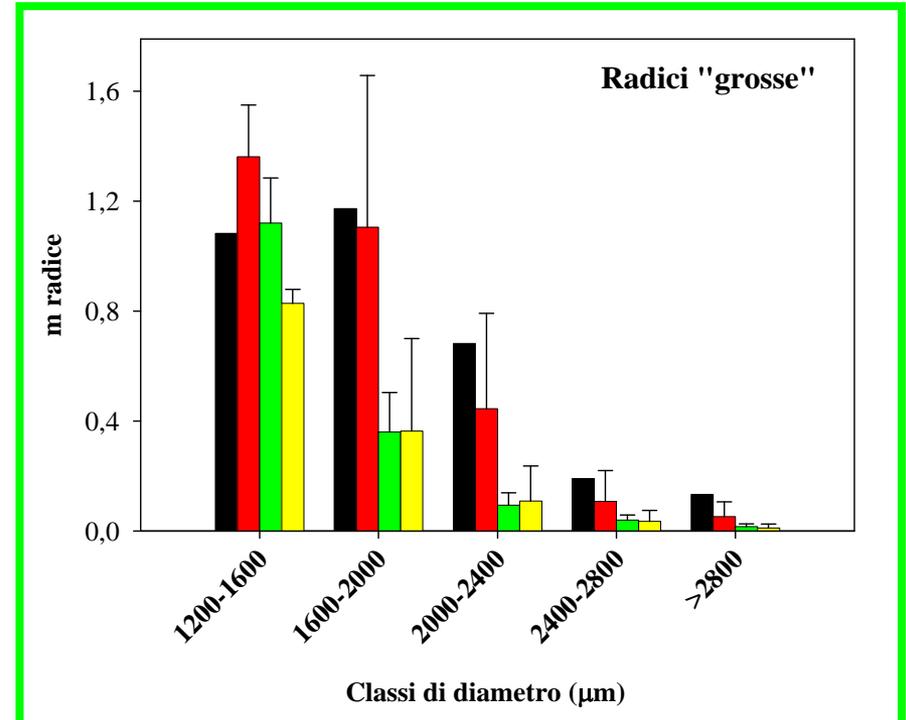
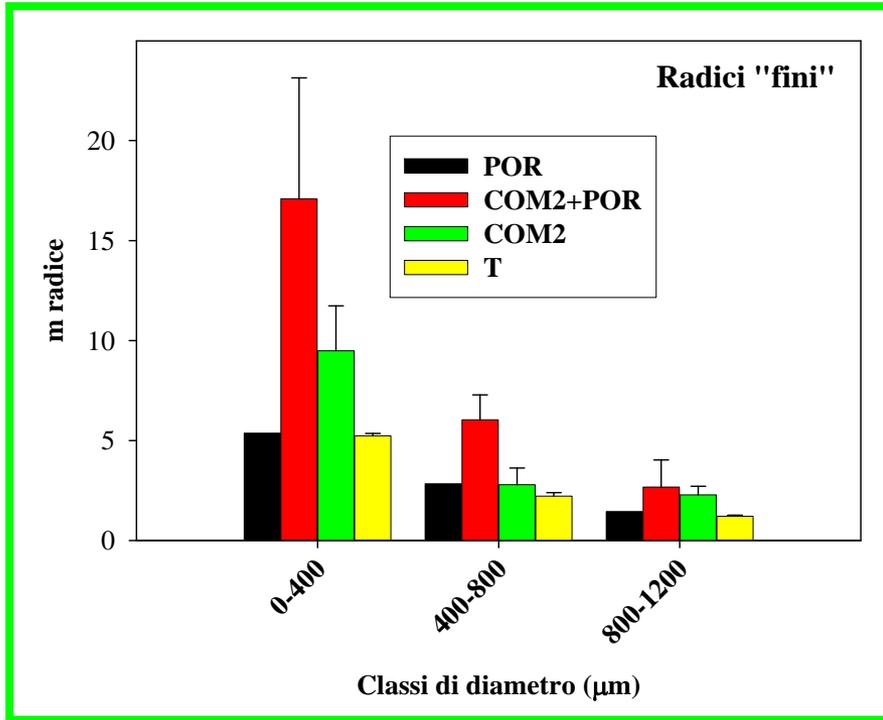
Sia POR da solo che la sua combinazione con COM2 tendevano a stimolare l'accrescimento della parte epigea, in maniera apparentemente sinergica

Lunghezza radicale

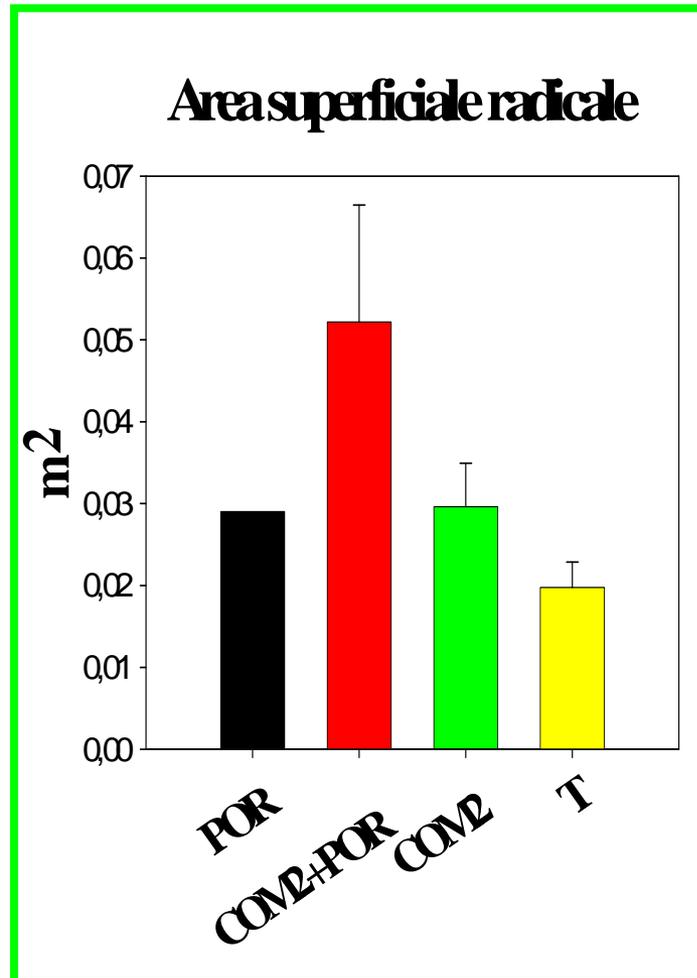


COM2, ma non POR, sembrava stimolare l'allungamento radicale. La loro combinazione produceva un effetto sinergico

Lunghezza apparato radicale per classi di diametro

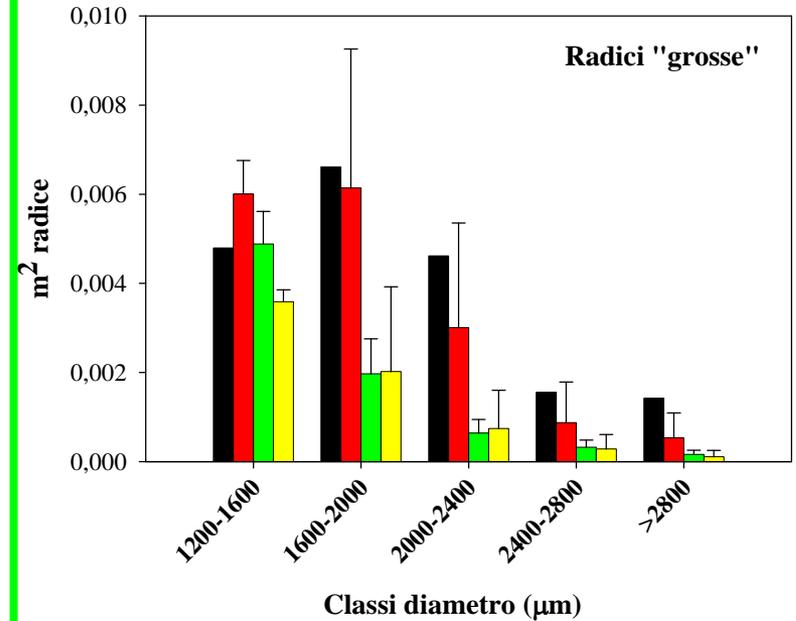
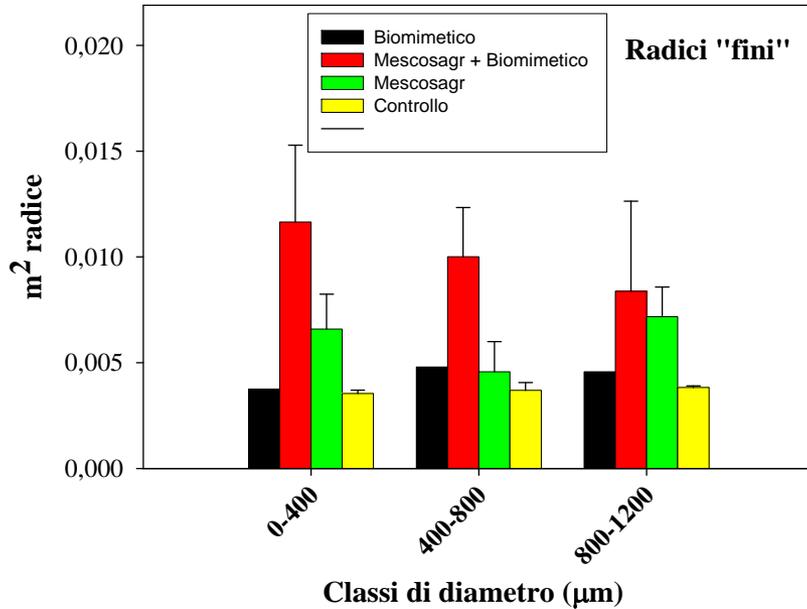


COM2 sembrava aumentare la componente delle radici "molto fini" (0-400 µm), mentre POR sembrava aumentare la lunghezza delle radici "grosse" (>1200 µm). COM2+POR incrementa la lunghezza sia delle "fini" che delle "grosse", secondo un'azione sinergica nel caso delle "fini".



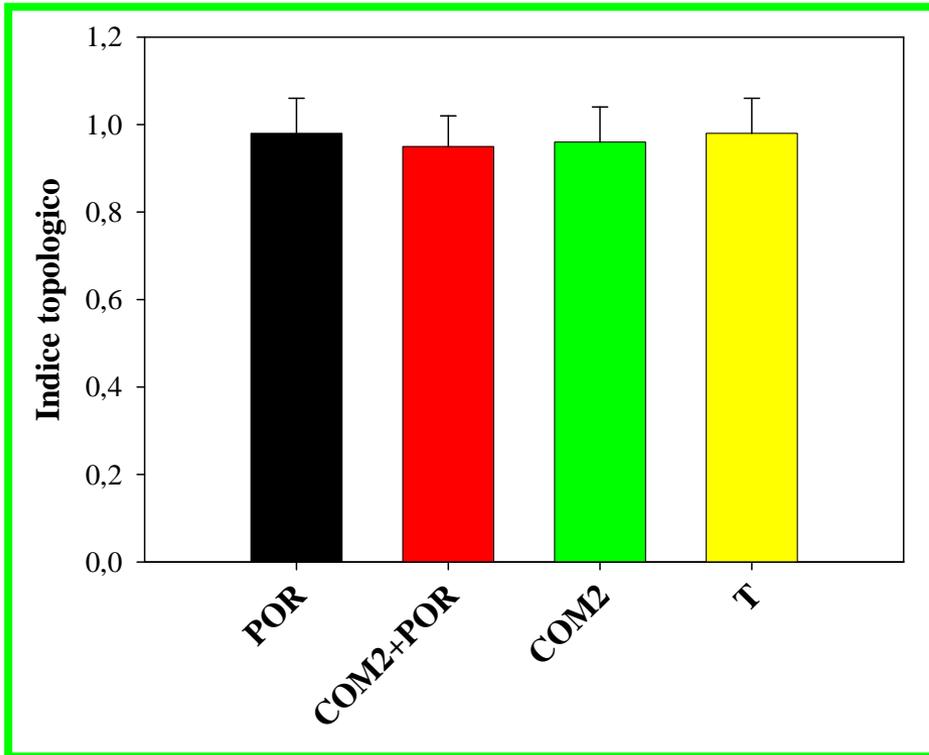
Sia COM2 che POR da soli tendevano ad incrementare l'area superficiale radicale, che aumentava ancor più in presenza di entrambi

Area superficiale radicale per classi di diametro



L'area superficiale relativa alle classi di diametro rifletteva completamente l'andamento osservato per la lunghezza

Architettura radicale: indice topologico (IT)



IT = 0
radice "dicotomica"



> traslocazione
< costo di "costruzione"

IT = 1
radice "a spina di pesce"



> esplorazione
> sfruttamento risorse

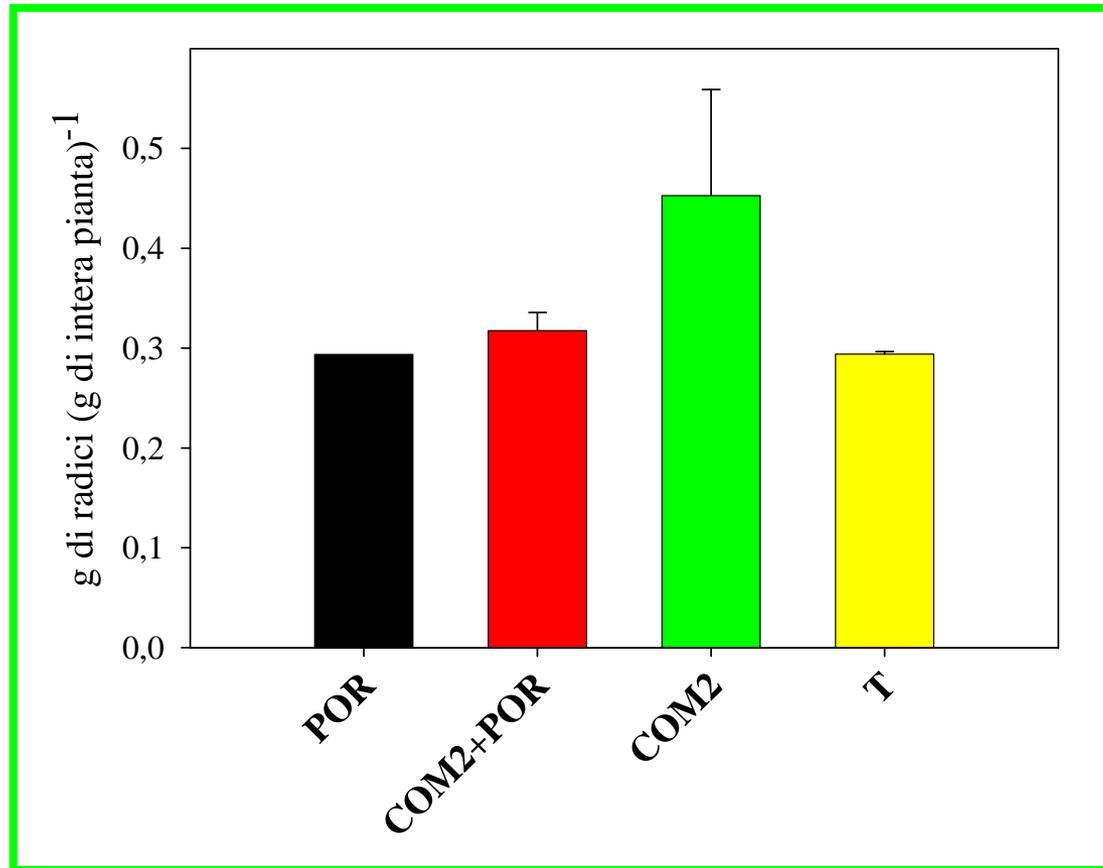
Nessuna modifica dell'indice topologico delle radici, la cui architettura rimane essenzialmente del tipo "a spina di pesce".

Il suolo come "sink": il contributo della radice

- allocazione della biomassa verso la radice: rapporto di massa radicale
- componenti morfologici della lunghezza radicale: finezza e densità di tessuto
 - densità di tessuto:
 - correlazione negativa con velocità turnover radicale
 - correlazione positiva con
 - ✓ spessore della parete cellulare
 - ✓ frazione di tessuto vascolare nell'area di sezione radicale
 - ✓ lignificazione dell'esodermide



Rapporto di massa radicale



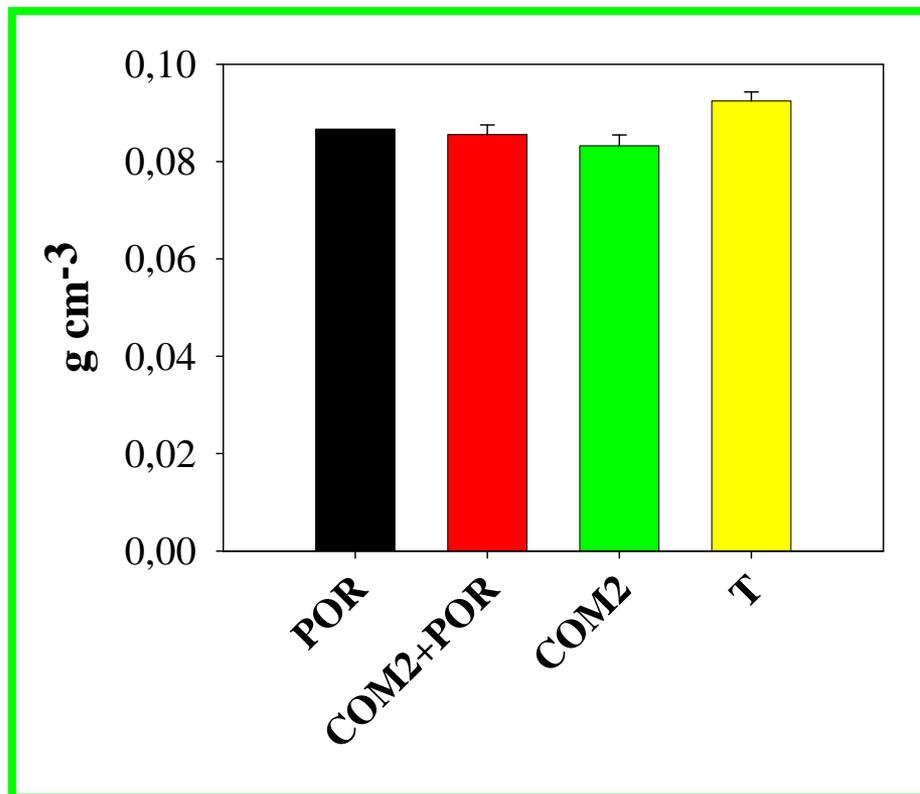
COM2 induceva una maggiore allocazione di biomassa verso la radice rispetto sia al controllo che agli altri due trattamenti



**BIO
MAA**

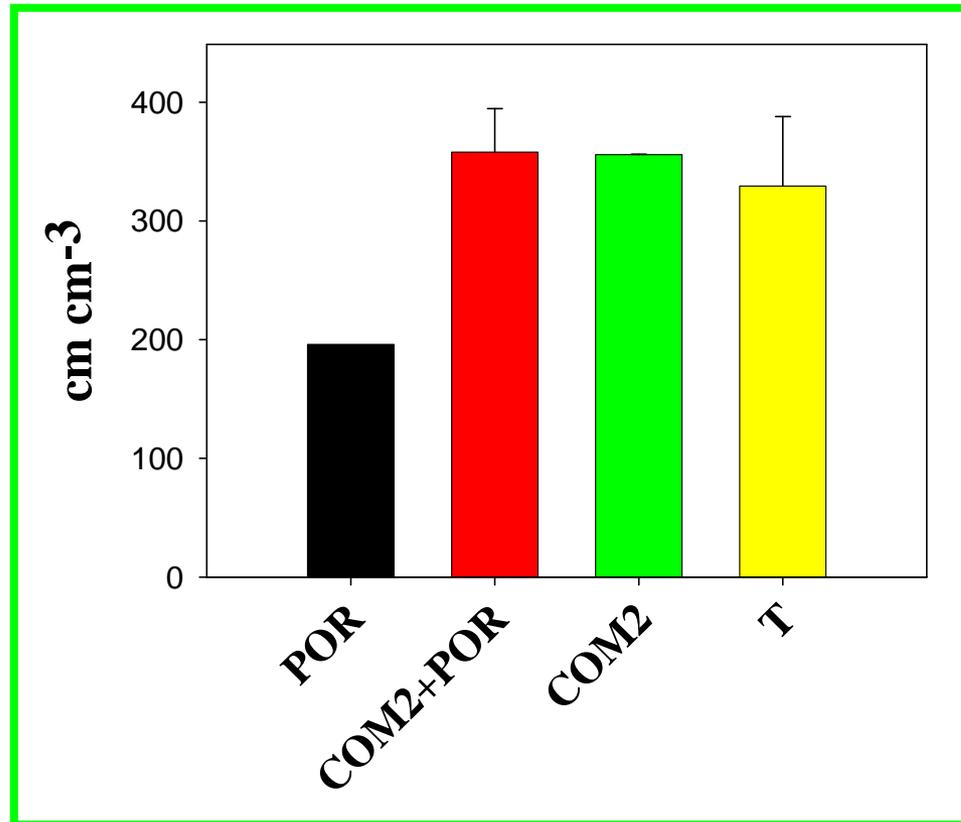
Dipartimento di
Biotecnologie per il
Monitoraggio Agroalimentare
ed Ambientale

Densità di tessuto radicale



Nessuna modifica indotta dai trattamenti

Finezza dell'apparato radicale



Rispetto al controllo, e a differenza degli altri due trattamenti, POR riduce fortemente la finezza dell'apparato radicale

Riassumendo:

POR

"Source"

- > area superficiale
- > lunghezza radici "grosse"
- > superficie di contatto
- > effetto di rimescolamento

Stimolazione del CO_2 priming effect?

"Sink"

- < rilascio di essudati (< lunghezza radici "fini")

COM2

"Source"

- > area superficiale
- > lunghezza radici "fini"
- > superficie di contatto

Stimolazione del CO_2 priming effect?

"Sink"

- > rilascio di essudati (> lunghezza radici "fini")
- > allocazione di biomassa verso la radice

Aumento del "sink"?

COM2+POR

"Source"

- > esplorazione ed esposizione (interazione con la SOM)
- > rilascio essudati e colonizzazione rizosfera (radici "fini")
- > rimescolamento ed areazione (radici "grosse")

Stimolazione del CO_2 priming effect?

"Sink"

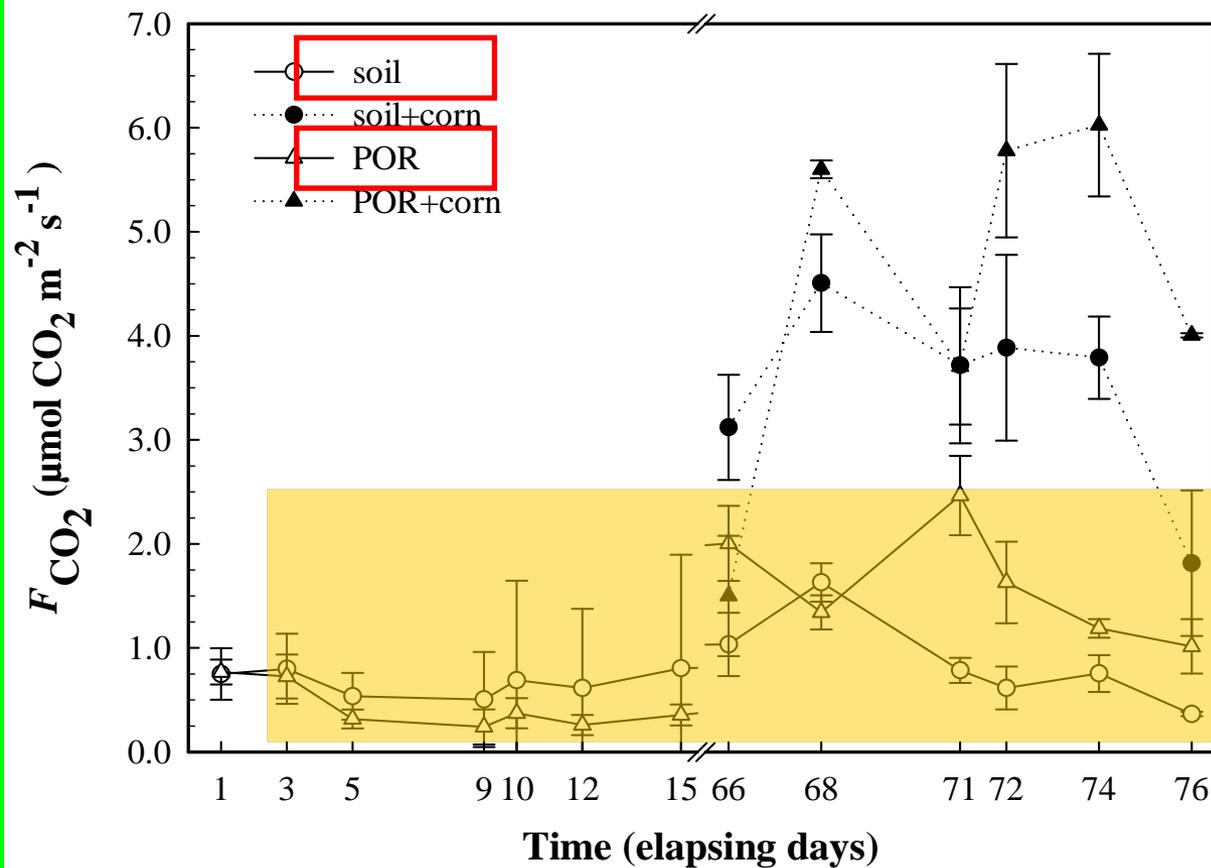
- > rilascio di essudati
- > biomassa radicale

Aumento del "sink"?

Emissioni di CO_2 dal sistema suolo-pianta

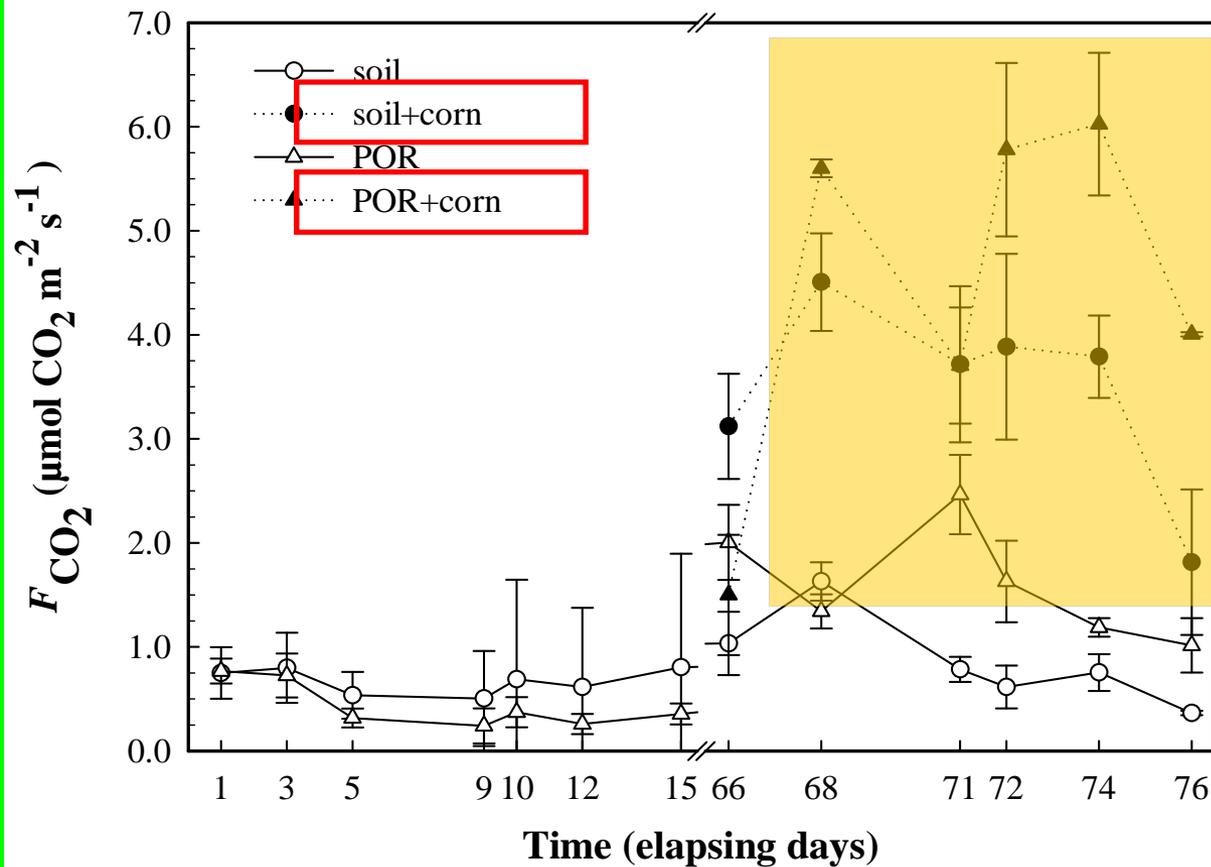


CO₂ efflux in unamended microcosm soils



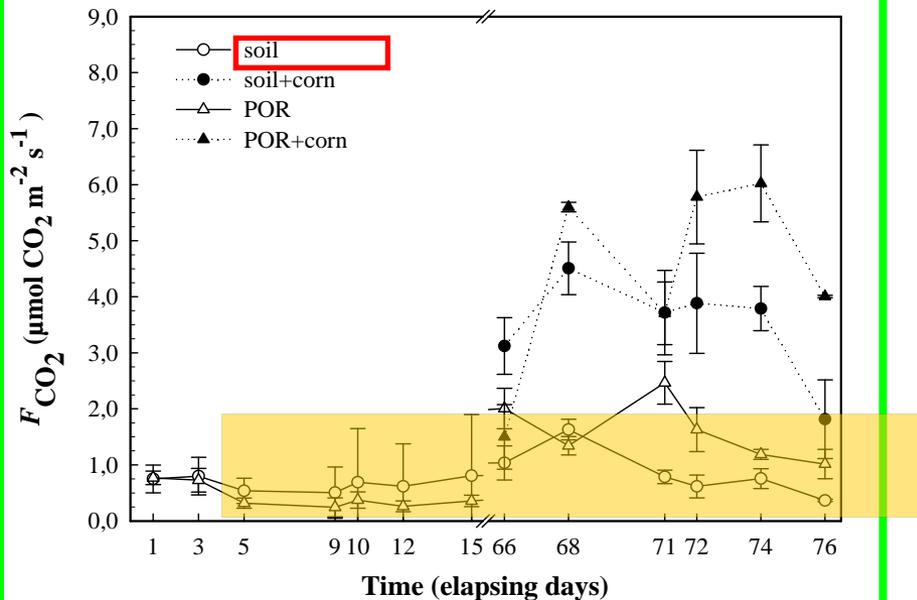
(1) SOIL vs POR
POR non riduceva
l'emissione "basale" dal
suolo di RC

CO₂ efflux in unamended microcosm soils

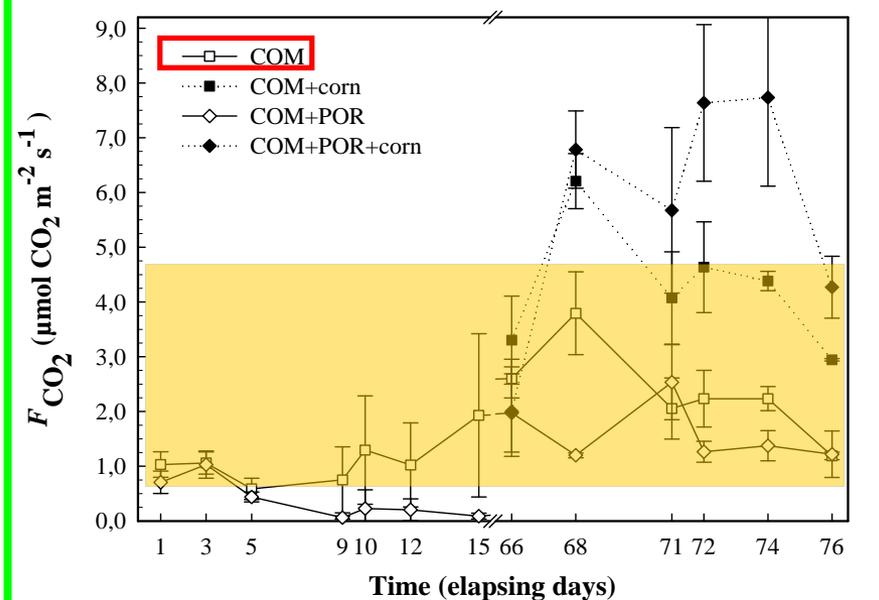


(2) SOIL+CORN vs POR+CORN
In presenza della pianta, POR
stimola l'emissione

CO₂ efflux in unamended microcosm soils

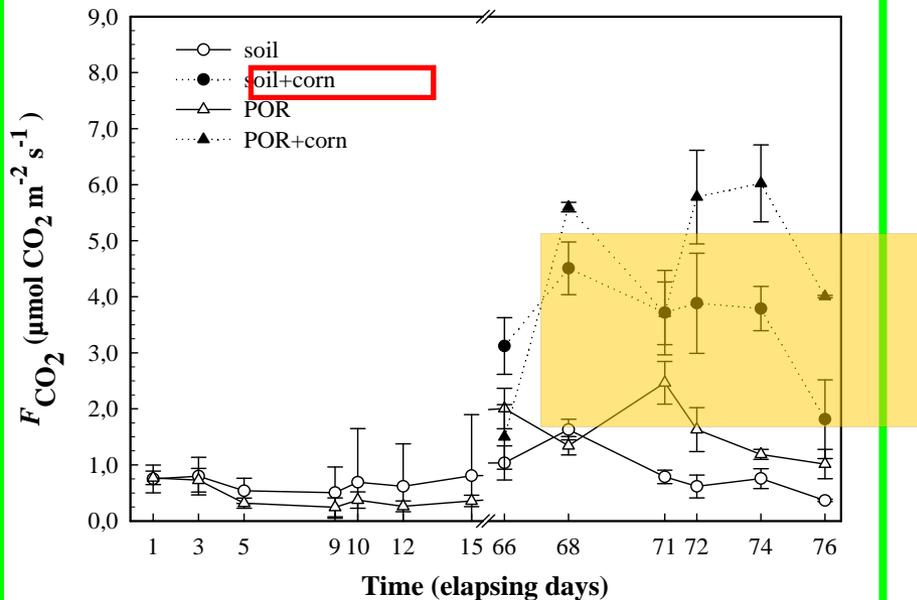


CO₂ efflux in compost-amended microcosm soils

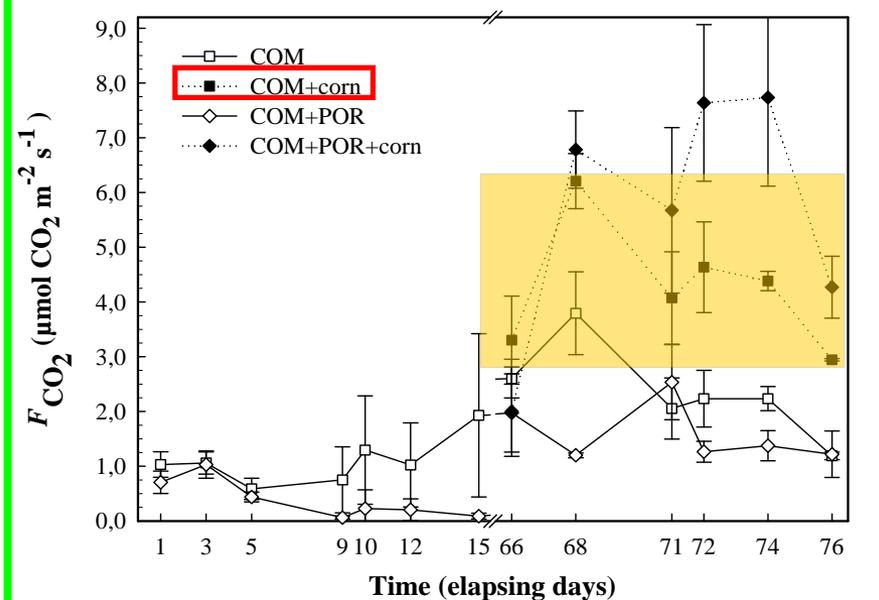


(3) SOIL vs COM2
 In assenza della pianta, COM2 contribuisce all'emissione

CO₂ efflux in unamended microcosm soils

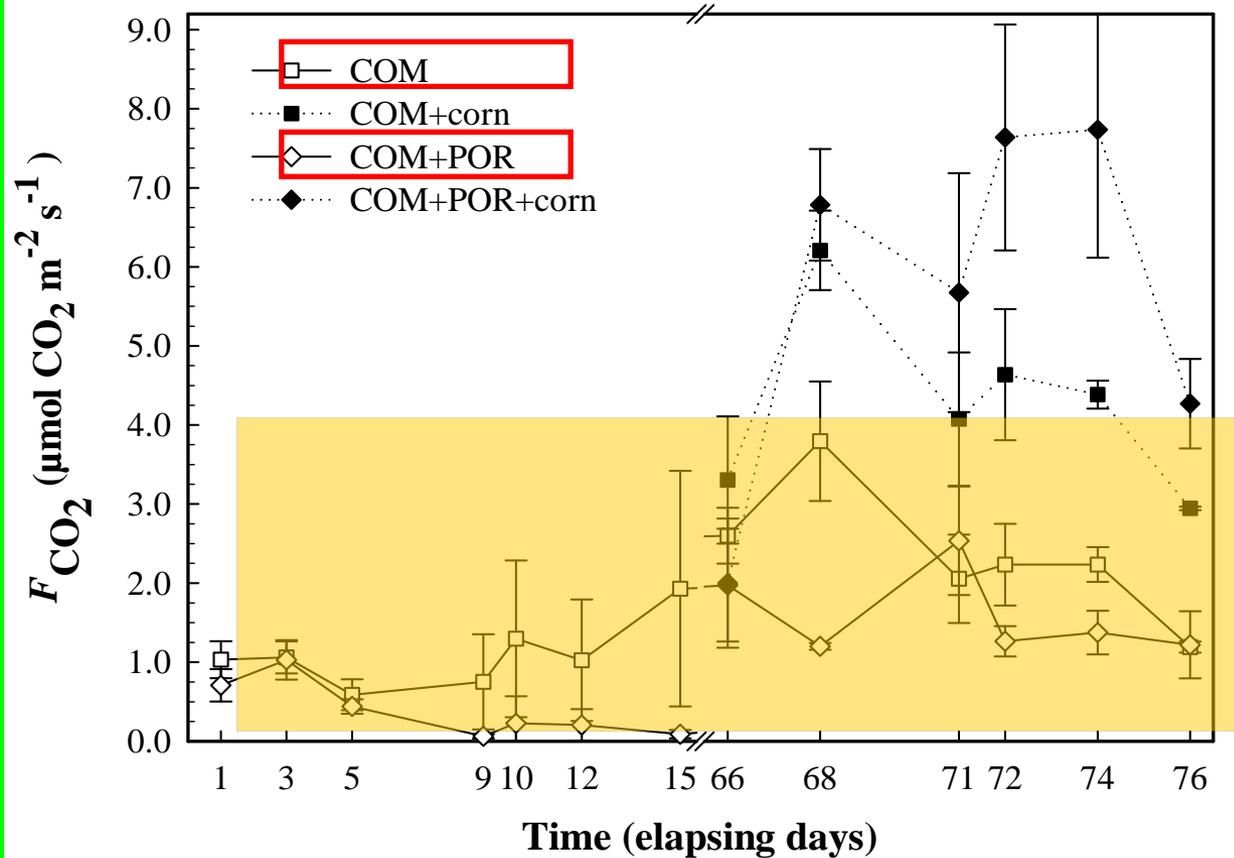


CO₂ efflux in compost-amended microcosm soils



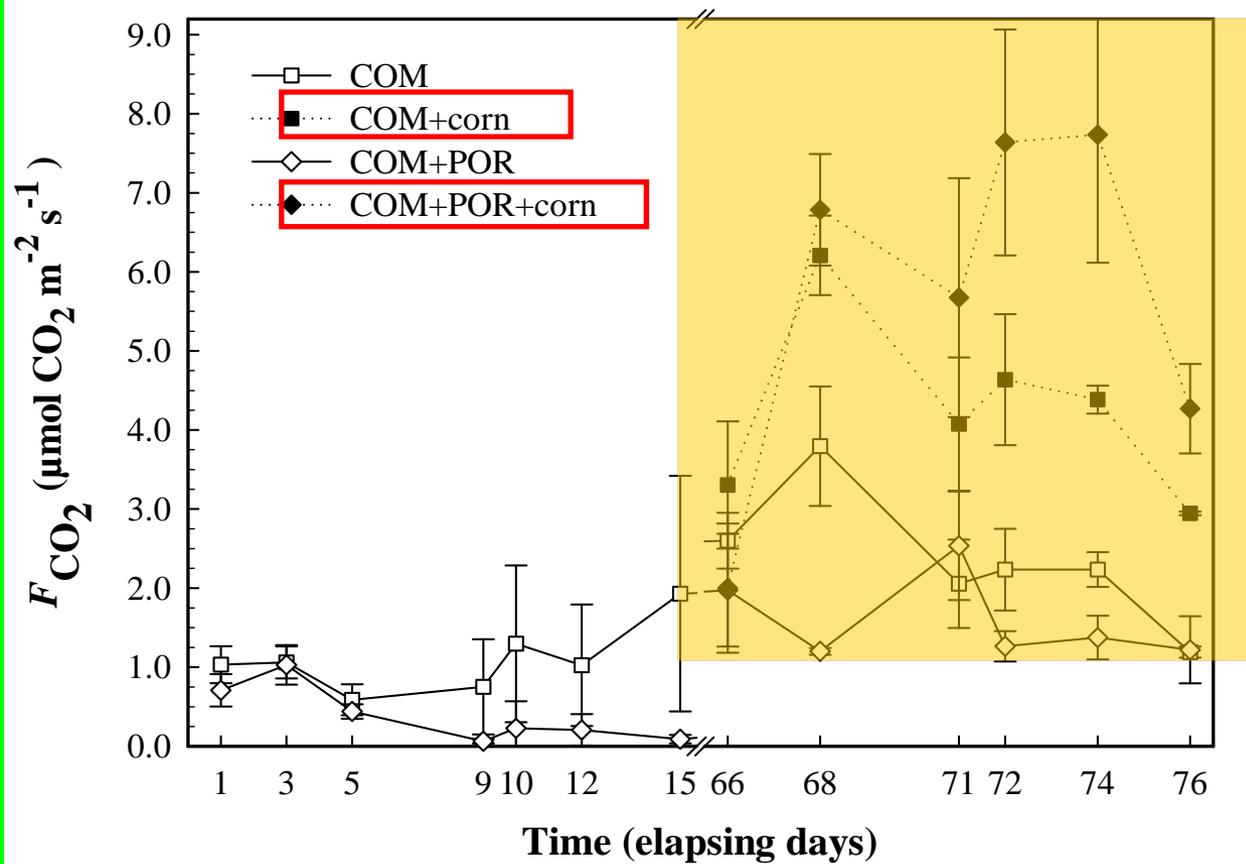
(4) SOIL+CORN vs COM2+CORN
 Il contributo di COM2 viene "coperto" dalla presenza della pianta

CO₂ efflux in compost-amended microcosm soils



(5) COM2 vs COM2+POR
In assenza della pianta, POR sembra deprimere l'emissione COM2-dipendente

CO₂ efflux in compost-amended microcosm soils



(6) COM2+CORN vs COM2+POR+CORN
In presenza della pianta, POR stimola l'emissione

Ipotesi di lavoro - 1

In assenza della pianta, POR deprime i flussi indotti dalla presenza di COM2

Nel sistema sperimentale adottato, tuttavia, POR interagirebbe (polimerizzazione ossidativa?) con COM2, avendosi da tale interazione condizioni (e/o sostanze) che, in presenza della pianta, ne stimolano la crescita

Quindi, in presenza della pianta, l'effetto depressivo di POR sui flussi COM2-indotti sarebbe più che compensato da un aumento della "source" indotto (direttamente e/o indirettamente) dall'azione stimolante di COM2+POR sulla crescita della pianta

Ipotesi di lavoro - 2

Cosa succede se cambiano le proprietà del suolo?

Classificazione USDA: Typic Haploxeralf, fine loamy, mixed, thermic

Classificazione WRB: Cutani-Chromic Luvisol

Comune: Corigliano Calabro (CS)

Quota: 26 m slm

Latitudine: 4392383

Longitudine: 2643498

Morfologia: terrazzo marino

Uso del suolo: agrumeto

Substrato: sabbie e conglomerati

Parent material: sabbie e conglomerati

Pietrosità superficiale: assente

Rischio di inondazione: assente

Aspetti superficiali: nessuno

Erosione reale: assente

A.W.C. stimata a 100 cm: 176 mm

Regime di temperatura: termico

Regime di umidità: xerico

Drenaggio interno: buono

Orizzonte	Profondità cm	Granulometria				pH H ₂ O	Carbonati totali %	Calcare attivo %	S.O. %	P ₂ O ₅ ppm	K ₂ O ppm	CSC meq/100 g
		Sabbia tot. %	Sabbia molto fine %	Limo %	Argilla %							
Ap ₁	0-30	72.28	27.20	11.14	16.58	7.18	0	0	0.97	15	256	11.03
Bt ₁	70-110	45.75	6.16	19.25	34.92	7.17	0	0	0.43	3	83	20.64
Bt ₂	110-140 e oltre	70.73	7.07	7.18	22.09	7.49	0	0	0.39	3	108	16.82

Orizzonte	Profondità cm	CaO ppm	MgO ppm	Conducibilità mS/cm	Densità g/cm ³	Ind. stabilità strutturale	Capacità campo % peso secco	Umidità pF 3 % peso secco	Punto appas. % peso secco
Ap ₁	0-30	1013	403	0.407	1.24	69.74	16.81	13.17	8.78
Bt ₁	70-110	1436	681	0.502	1.27	65.71	28.29	24.93	17.70
Bt ₂	110-140 e oltre	1156	591	0.393	1.21	71.10	15.91	13.75	9.17



**BIO
MAA**

Dipartimento di
Biotecnologie per il
Monitoraggio Agroalimentare
ed Ambientale



Effetti diretti di POR *in planta*



Università degli Studi
Mediterranea
di Reggio Calabria

Carota e crescita

Nessun effetto di
POR sulla
germinazione (non
mostrato)

Effetto promotivo precoce
di POR sull'allungamento
radicale in carota

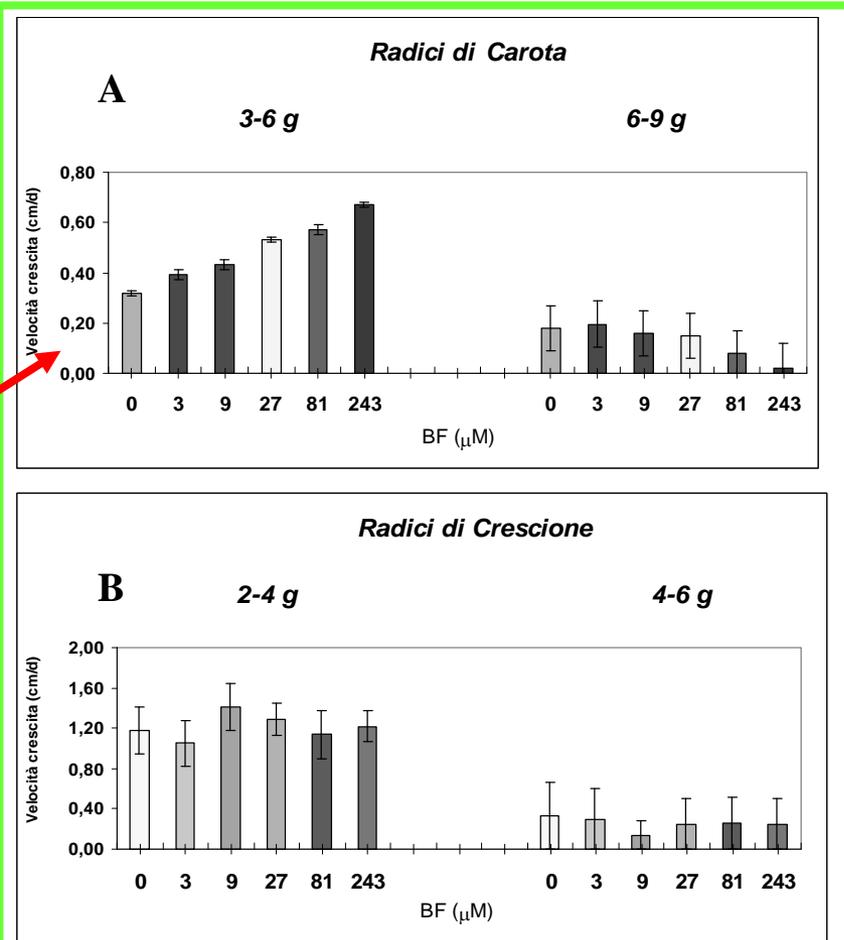
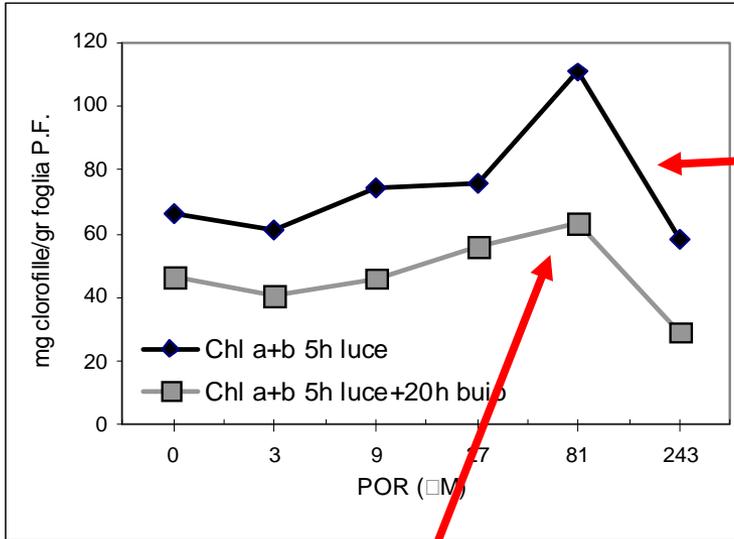


Figura 2 – Crescita radicale (cm g^{-1}) in piante di carota allevate per 9 giorni al buio (A) ed in piante di Crescione allevate per 6 giorni al buio (B). BF, catalizzatore biomimetico

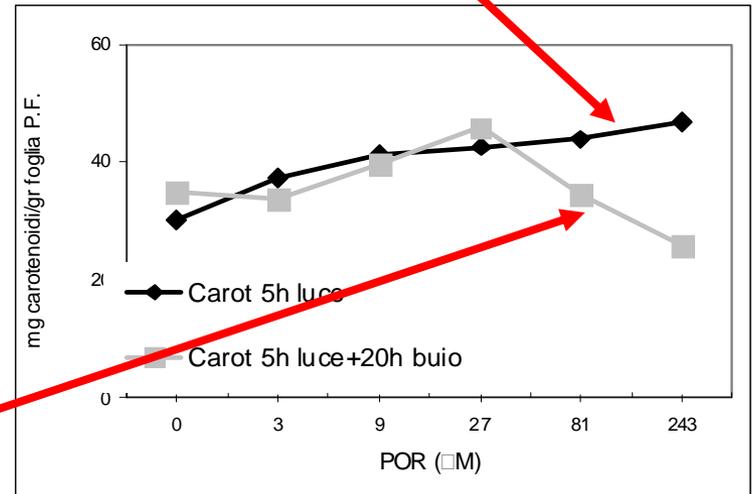
Crescione

In piante allevate al buio per 6 g e poi esposte alla luce per 5 h POR incrementava il contenuto di Chl *a* e *b* e di carotenoidi.



Clorofilla (Chl) a+b in crescita dopo 6 giorni al buio + 5 h di luce e dopo 6 giorni al buio + 5h di luce + 20h di buio. POR, catalizzatore biomimetico

L'effetto stimolativo di POR si manteneva per le Chl, ma non per i carotenoidi, se alle piante indotte alla luce veniva somministrato un successivo periodo di buio per 20 h

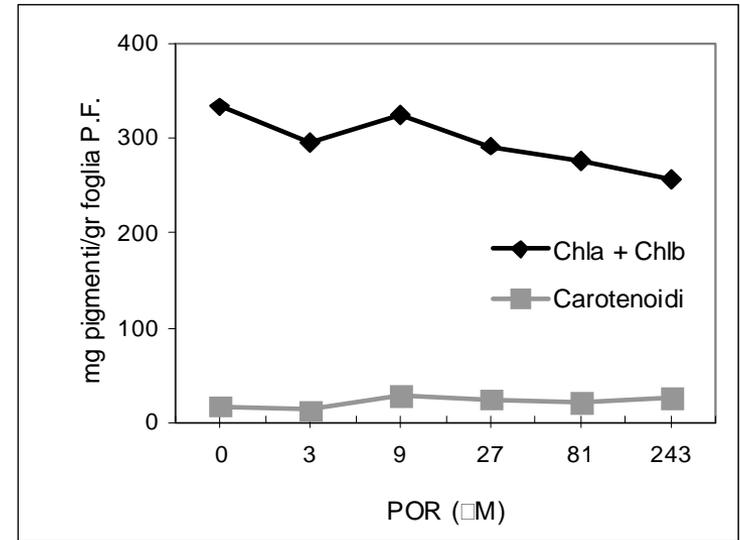


Carotenoidi in crescita dopo 6 giorni di buio + 5h di luce nella stessa specie dopo 6 giorni di buio + 5h di luce + 20h di buio. POR, catalizzatore biomimetico

Crescione

Se la germinazione era condotta in luce continua, POR non aveva effetti sul contenuto di pigmenti fotosintetici

Ipotesi: POR come precursore del substrato della NADPH-protochlorofillide-ossidoreduttasi?

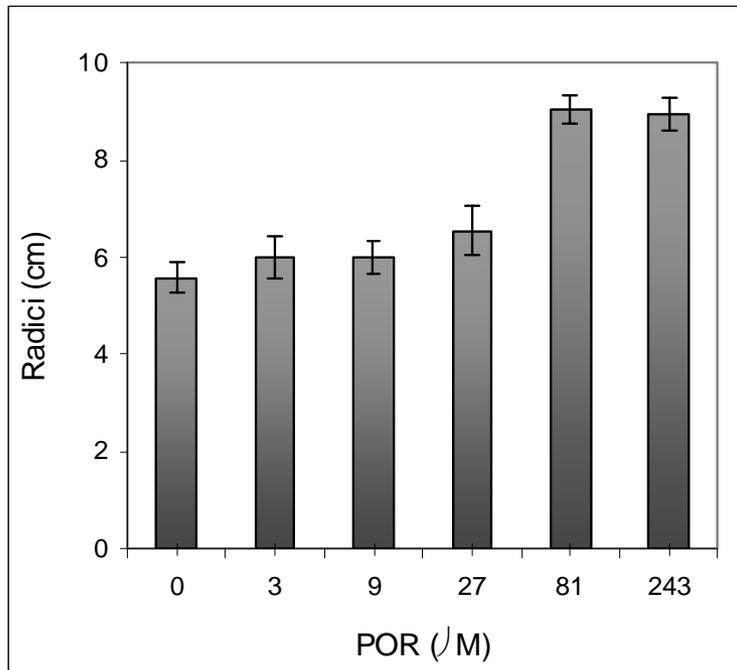


Pigmenti fotosintetici di piante di crescita allevate per 6 giorni in luce continua POR, catalizzatore biomimetico

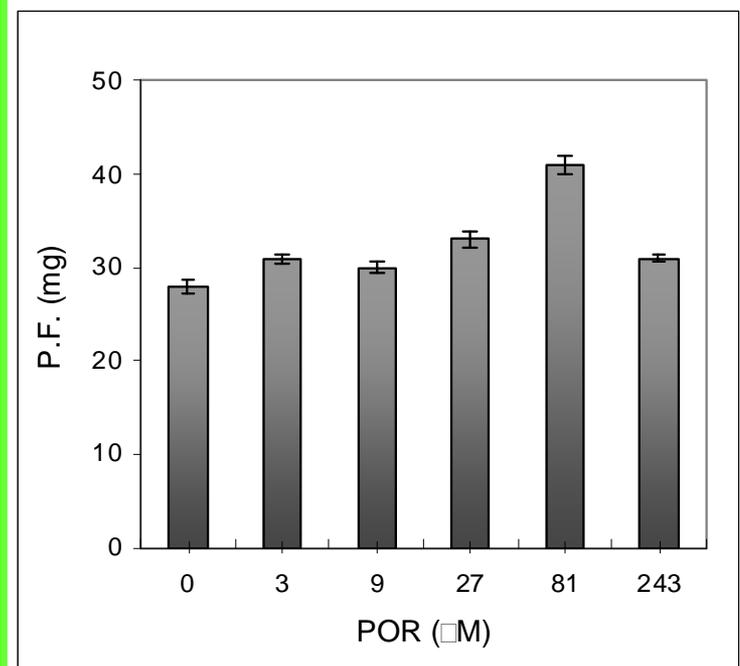
POR non solo assorbito, ma anche traslocato?

Crescione

In condizioni di luce continua, POR sembrava promuovere sia l'allungamento radicale che il peso fresco delle piantine



Lunghezza radicale (cm) in piante di crescita allevate per 6 giorni alla luce. POR, catalizzatore biomimetico



Peso fresco (mg) delle piante di crescita dopo 6 giorni di luce. POR, catalizzatore biomimetico.

Arabidopsis

Effetto di differenti concentrazioni di catalizzatore biomimetico (POR) sull'allocazione del peso fresco (P. F.) in giovani piante di *Arabidopsis*. Lettere differenti denotano differenze statisticamente significative ($P \leq 0.05$) rispetto al controllo.

POR	P.F. TOT (mg)	P.F. FOGLIE	P.F. RADICI	FOGLIE/RADICI
0	18,44 ± 1,16 a	13,24 ± 0,68 a	5,20 ± 0,58 a	2,71 ± 0,26 a
3 µM	11,07 ± 1,12 b	7,41 ± 0,69 b	3,66 ± 0,64 b	2,43 ± 0,30 a
9 µM	5,74 ± 0,68 c	4,43 ± 0,53 c	1,31 ± 0,19 c	3,73 ± 0,44 b
27µM	2,69 ± 0,38 d	2,00 ± 0,25 d	0,69 ± 0,14 d	3,37 ± 0,34 b

Dopo 14 giorni di esposizione al POR, il peso fresco della piantina risultava ridotto rispetto al controllo.....

Arabidopsis

...ma era la crescita dell'apparato radicale a risultare maggiormente inibita rispetto alla parte aerea



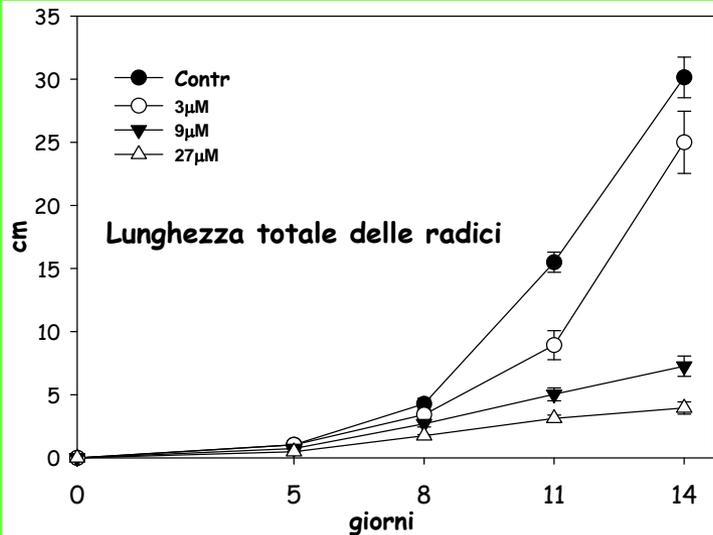
Controllo

3 μM

9 μM

27 μM

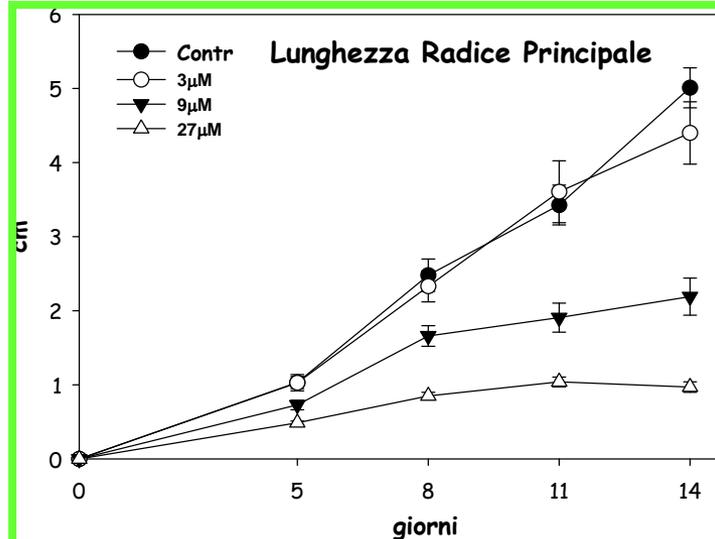
Arabidopsis



Lunghezza della radice totale (principale + laterali) in piantine di *Arabidopsis* allevate a diverse concentrazioni di catalizzatore biomimetico

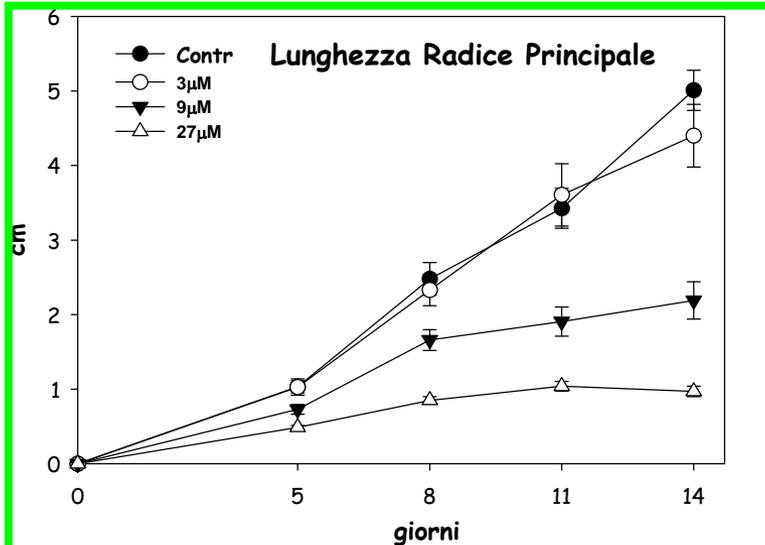
La lunghezza della radice principale era ridotta solo in presenza di 9 e 27 µM POR

Dopo 8 g di crescita, la lunghezza totale della radice (laterali + principale) risultava ridotta in presenza di POR



Lunghezza della radice principale in piantine di *Arabidopsis* allevate a diverse concentrazioni di catalizzatore biomimetico

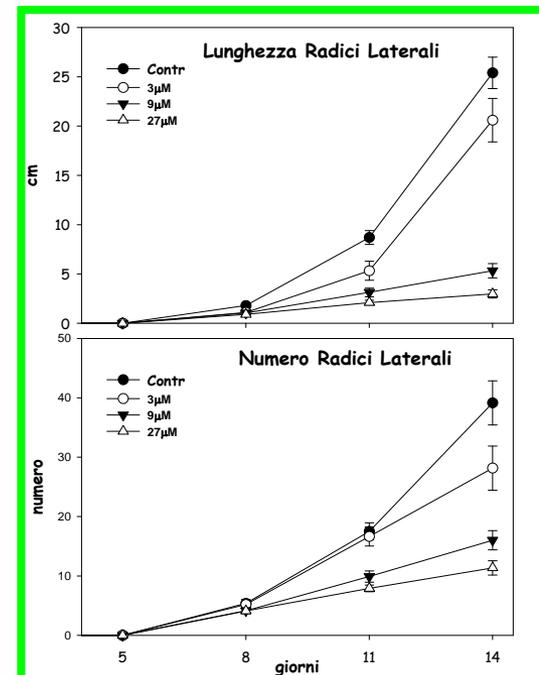
Arabidopsis



Lunghezza della radice principale in piantine di *Arabidopsis* allevate a diverse concentrazioni di catalizzatore biomimetico

POR causava però anticipo di emissione delle radici laterali

Era tuttavia la crescita delle radici laterali a risultare maggiormente inibita in presenza di POR



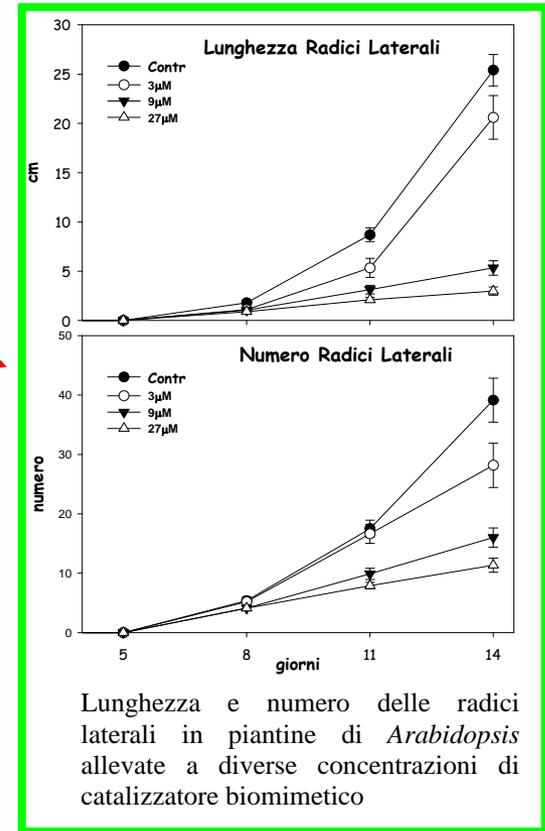
Lunghezza e numero delle radici laterali in piantine di *Arabidopsis* allevate a diverse concentrazioni di catalizzatore biomimetico

Arabidopsis

Anche sul numero delle radici laterali la presenza di POR esercitava un effetto negativo (meno che sulla lunghezza)

Rapporto fra il numero delle radici laterali e la lunghezza della radice primaria in piante di *Arabidopsis* esposte a differenti concentrazioni di catalizzatore biomimetico (POR).

Root density	Contr	St. err.	POR	St. err.	POR	St. err.	POR	St. err.
5 gg 1/2 MS			3 μ M		9 μ M		27 μ M	
8 gg 1/2 MS	2,17	0,19	2,23	0,30	2,49	0,26	4,83	0,34
11 gg 1/2 MS	5,11	0,515636	4,62	0,506489	5,17	0,584551	7,6	0,42839
14 gg 1/2 MS	7,80	0,80	6,40	0,88	7,31	0,86	11,70	0,67



Ciò si rifletteva nei valori ottenuti per la densità radicale (rapporto fra numero di laterali e lunghezza della primaria)

Arabidopsis

Emissione di peli radicali in piante di *Arabidopsis* esposte a differenti concentrazioni di catalizzatore biomimetico. Lettere differenti denotano differenze statisticamente significative ($P \leq 0.05$) rispetto al controllo.

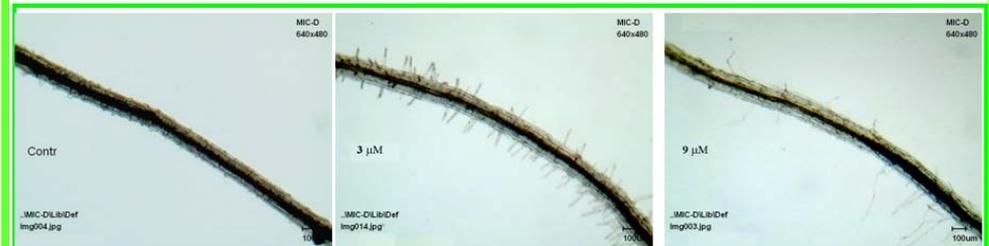
	Elongation Zone	Numero Peli			Lunghezza Peli (μM)		
		1° mm	2° mm	3° mm	1° mm	2° mm	3° mm
0	1.76 \pm 0.64 a	0	15 \pm 1.29	14.50 \pm 2.33	0	40.43 \pm 3.09	40.43 \pm 3.09
3μM	1.24 \pm 0.08 c	0	19.67 \pm 4.37	21.33 \pm 2.03	0	50.95 \pm 5.35	80.30 \pm 10.04
9μM	1.61 \pm 0.31 a	0	5 \pm 2.89	5.67 \pm 0.33	0	78.65 \pm 3.80	103.55 \pm 6.16

Dopo 8 gg di crescita in piastra, 9 μM POR riduceva il numero di peli radicali sulla radice principale ma ne incrementava la lunghezza

I° - II° mm



III° - IV° mm

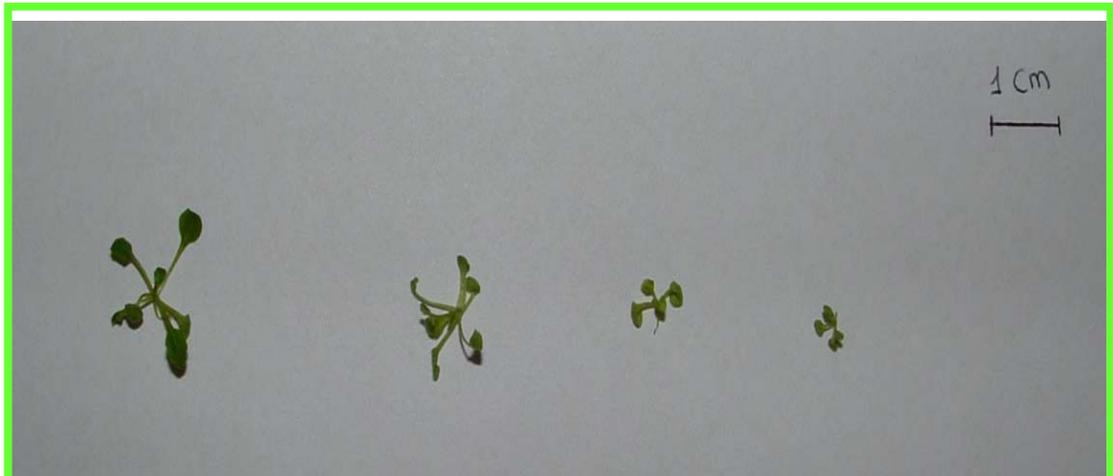


Arabidopsis

Morfologia della rosetta in piante di 14 giorni di *Arabidopsis* esposte a differenti concentrazioni di catalizzatore biomimetico (POR). Lettere differenti denotano differenze statisticamente significative ($P \leq 0.05$) rispetto al controllo.

POR	n° Foglie rosetta	Diametro Rosetta (mm)
0	$7,55 \pm 0,17$ a	$20,77 \pm 0,74$ a
3 μ M	$6,91 \pm 0,21$ a	$13,27 \pm 0,75$ b
9 μ M	$4,40 \pm 0,27$ b	$7,90 \pm 0,43$ c
27 μ M	$3,82 \pm 0,12$ b	$6,73 \pm 0,38$ d

POR causava una notevole riduzione della parte aerea delle. Questa, più che del numero di foglie, sembrava essere a carico dell'estensione della lamina fogliare (diametro della rosetta).



Crescita della parte aerea in giovani piante di *Arabidopsis* dopo 14 giorni di esposizione a 0, 3, 9 o 27 μ M (da sinistra a destra) catalizzatore biomimetico.

Ipotesi di lavoro - 3

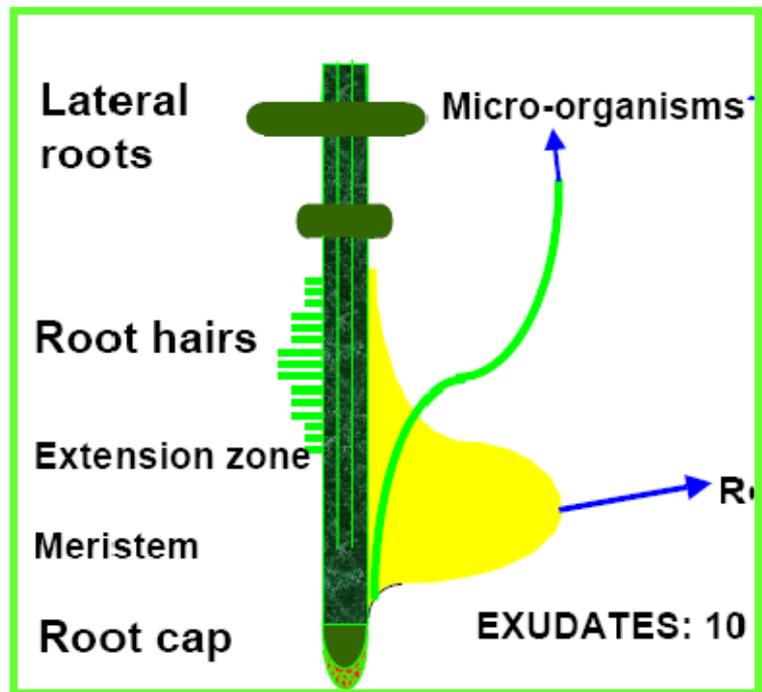
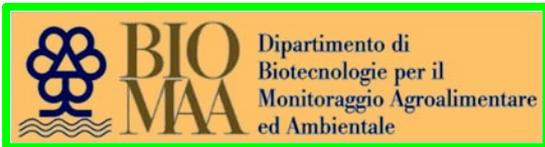
Almeno nelle specie modello adottate, sembra esistere un "effetto POR" *in planta*

Gli effetti di POR sull'accrescimento appaiono dose-dipendenti e specie-specifici

L'effetto promotivo di POR sui livelli di pigmenti fotosintetici in crescita potrebbe indicare mimesi con i precursori biosintetici delle clorofille

Se si esclude un effetto simil-ormonale, ciò implicherebbe assorbimento e traslocazione della molecola

Rilascio di essudati radicali



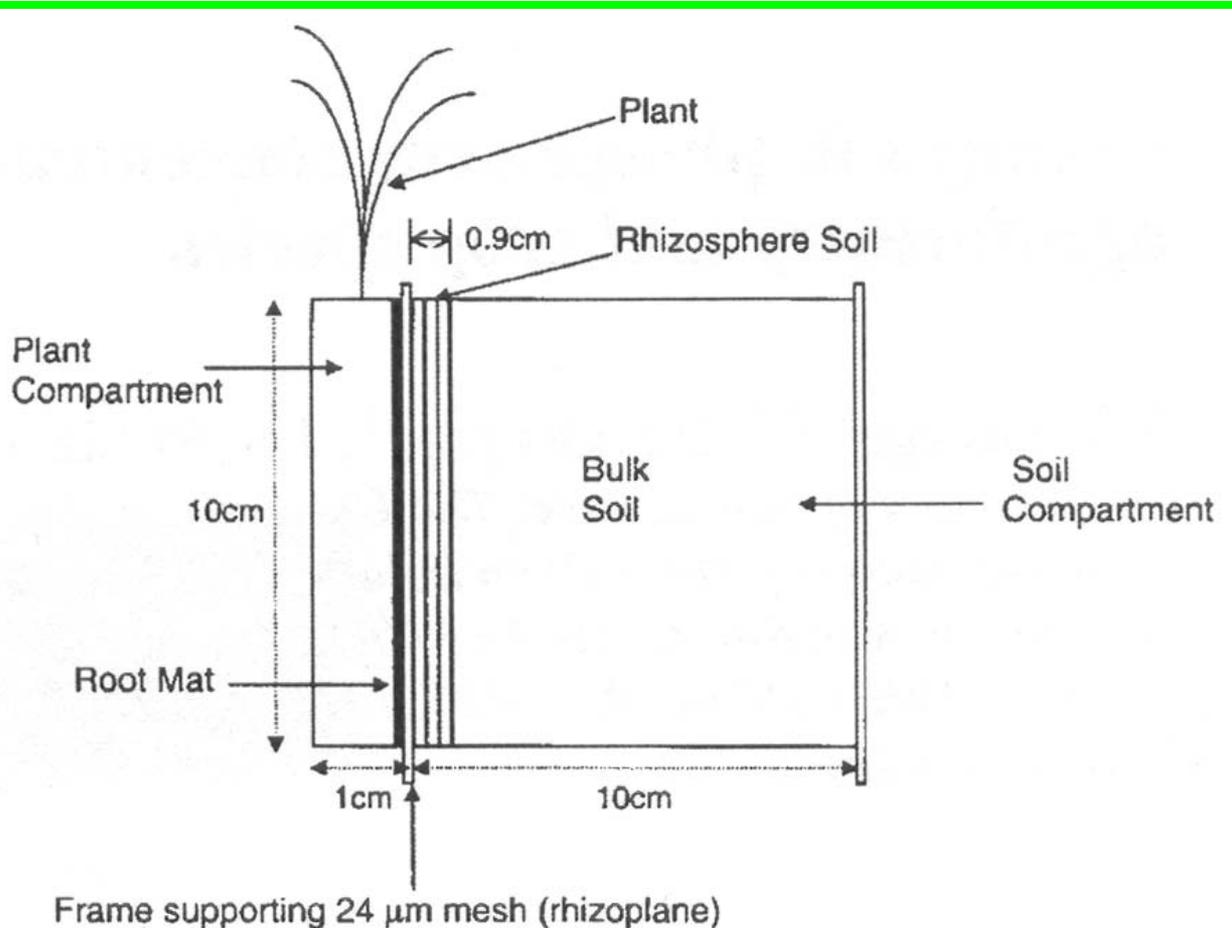


Figure 1. Schematic representation of the plant growth container (rhizopot) used in this study.

Tel: 0161-628 9849

Fax: 0161-627 5732

E-mail: [SALES](#)

[PURCHASING](#)

[ACCOUNTS](#)

Normesh Limited

18-20 Miles Street

Oldham, Lancashire

OL1 3NU



Welcome to Normesh

Established in 1985, we supply the two important market sectors of sieving and filtration and our staff can offer many years of experience in both fields.

Our clients cover a wide range of the manufacturing industry and include government organisations, educational and research establishments. We pride ourselves on our flexibility and our desire to meet our customers' needs effectively and economically.

In 1995 we moved into purpose built premises not far from the centre of Oldham which has provided us with an excellent centrally located base to service the UK and overseas.

Aperture Size (mu) Width (cm)
NN950/55115
Polymer Open Area (%)

NN35/16115R





si dosano gli acidi organici: formico, acetico, fumarico, citrico, malico, maleico, succinico, propionico, butirrico, lattico, malonico ed L-tartarico

- 1) ANALISI SPETTROFOTOMETRICA
- 2) TEST DI STABILITA'
- 3) ESTRAZIONE SPE
- 4) ANALISI GC-MS
- 5) CROMATOGRAFIA IONICA
- 6) RP-HPLC



Workshop Nazionale MESCOSAGR
Il sequestro del carbonio organico nei suoli agrari

Portici, 15 Giugno 2009

Un ringraziamento sincero ai nostri giovani e già valenti Colleghi:

Dr.ssa B. Logoteta
Dr. D. Milea
Dr.ssa B. Petrovičová
Dr. G. Princi
Dr. D. Tortorella
Sig. V. Cianci

...e molte grazie a tutti Voi per
l'attenzione

Workshop Nazionale MESCOSAGR
Il sequestro del carbonio organico nei suoli agrari

Portici, 15 Giugno 2009