

# Lunghezza delle radici

Lo sviluppo in profondità delle radici dipende dalle caratteristiche del substrato, nei terreni sabbiosi profondi e nelle grotte sotterranee le radici possono raggiungere profondità elevate. In Africa settentrionale le radici di una specie di **Tamarix** possono oltrepassare i 40 m di profondità per raggiungere l'acqua negli ambienti desertici. In Austria, presso Melk si è scoperto che la radice principale di un albero di **Pino silvestre** alto 4 m si spingeva ad 8.5 m di profondità.

# **Lo sviluppo delle radici degli alberi**

**Negli alberi spesso le radici si sviluppano in senso orizzontale in modo da coprire la proiezione della chioma, in genere si sviluppano in superficie tra i 60 e gli 80 cm di profondità. Il loro sviluppo è influenzato dai tipi di terreno, dalle tecniche di impianto, dalle irrigazioni, dalle concimazioni. Le radici si accrescono maggiormente in primavera e in autunno: periodi adatti per concimazione e innesti**

# Radici contorte per effetto di un vaso



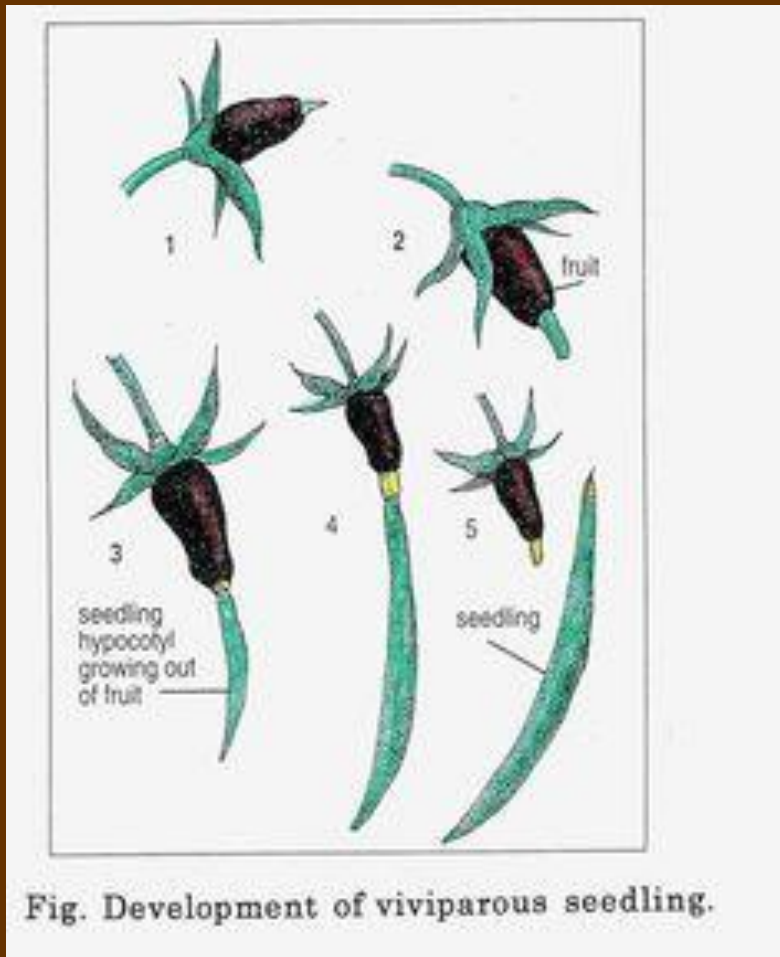


# Radici di *Rhizophora mangle*





# Frutti di Rhizophora mangle



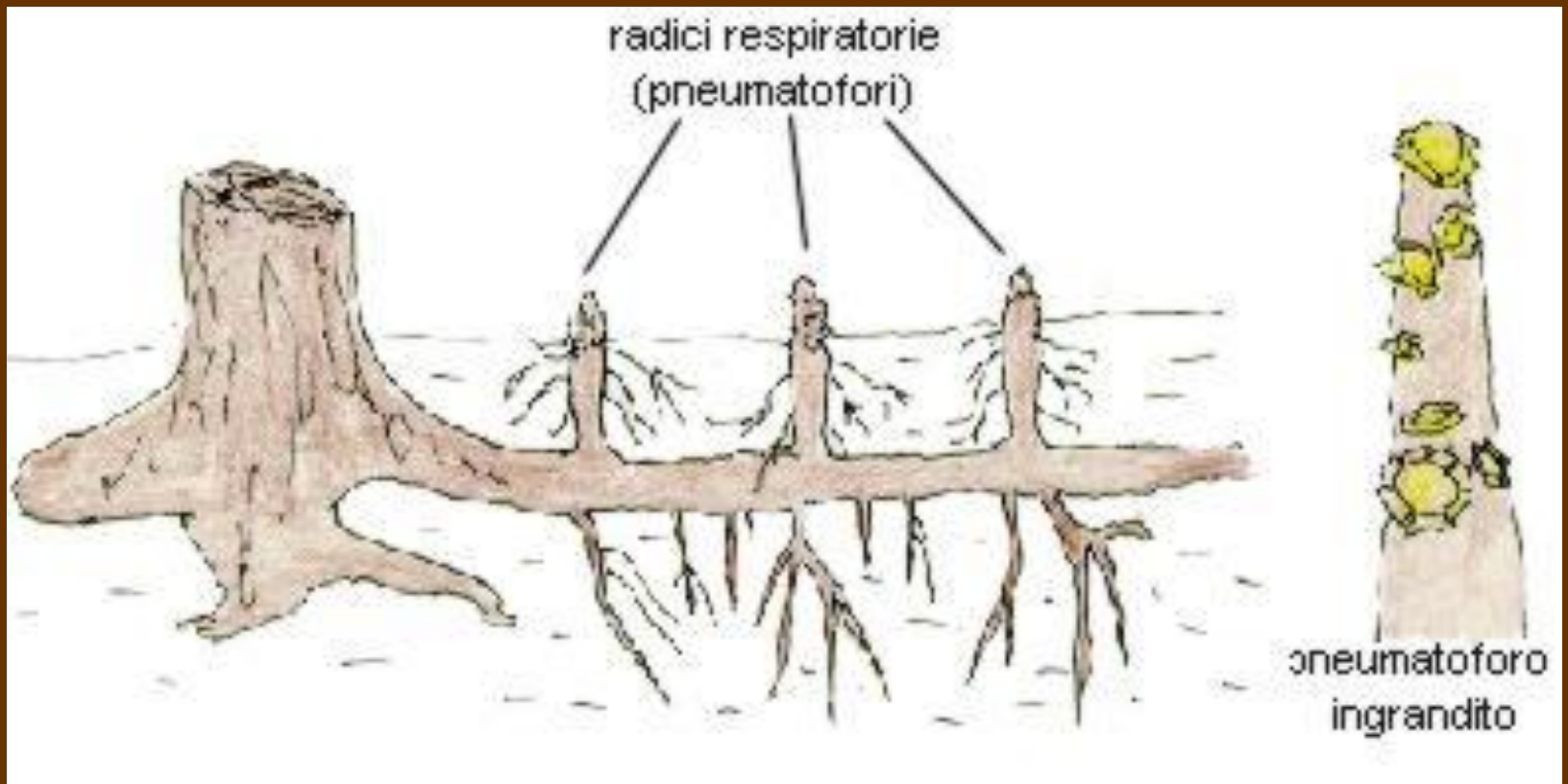
# PNEUMATOFORI







# PNEUMATOFORI





# PNEUMATOFORI









**Radici aeree di una specie del genere *Pandanus* formano una base di sostegno per il fusto**





# RADICI AVVENTIZIE











# Spine derivate da radici in palma rattan



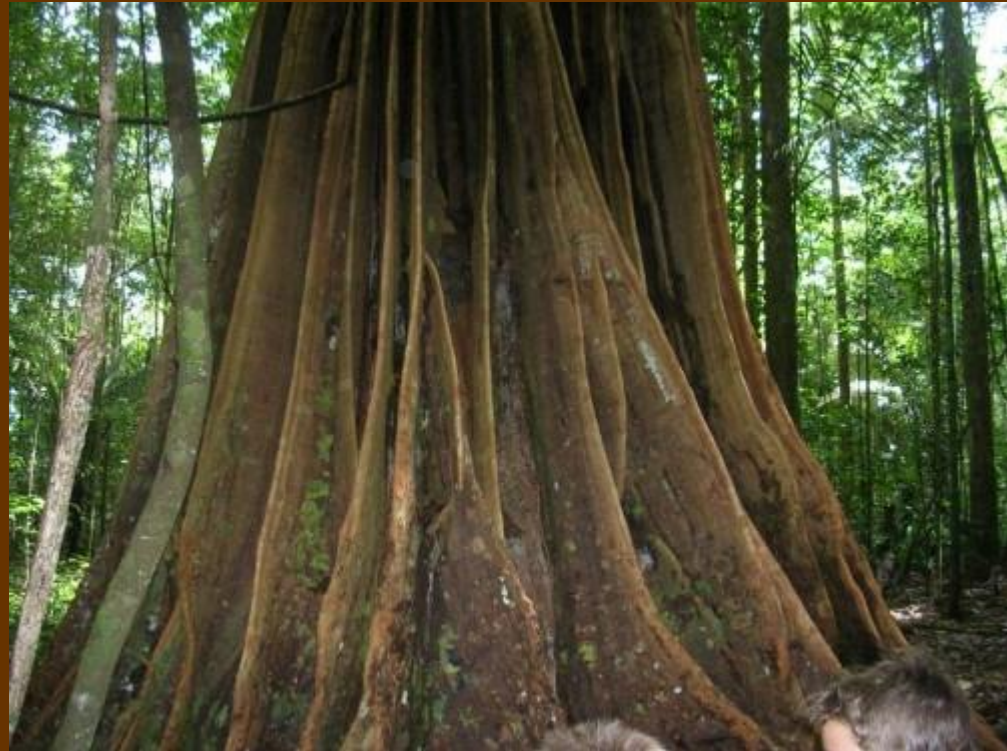


# RADICI A CONTRAFFORTE





# RADICI A CONTRAFFORTE



# RADICI COLONNARI DI FICUS



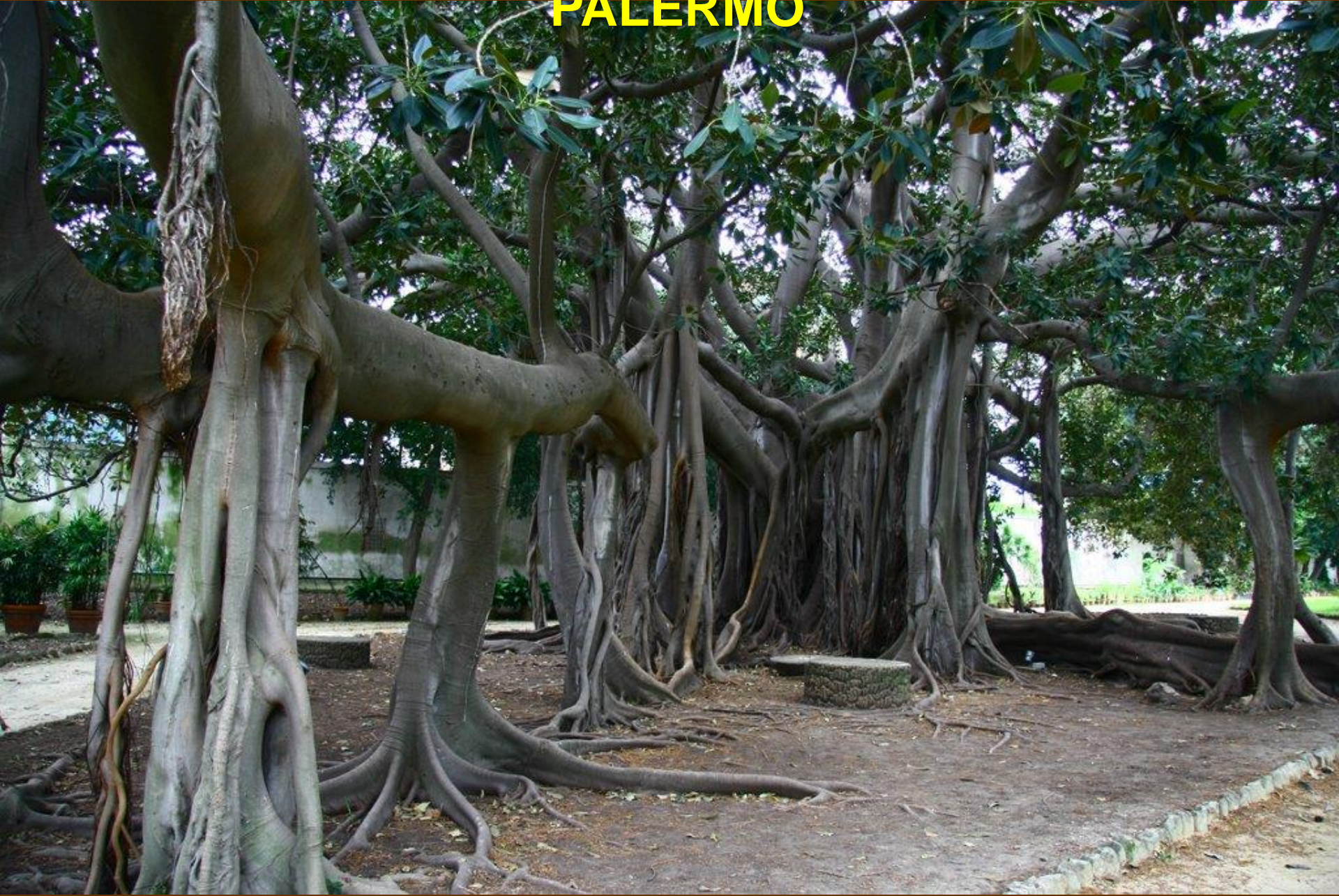


# Baniano (*Ficus benghalensis*)





# FICUS MACROPHYLLA– ORTO BOTANICO DI PALERMO





**Ficus altissima  
esempio di fico  
strangolatore**



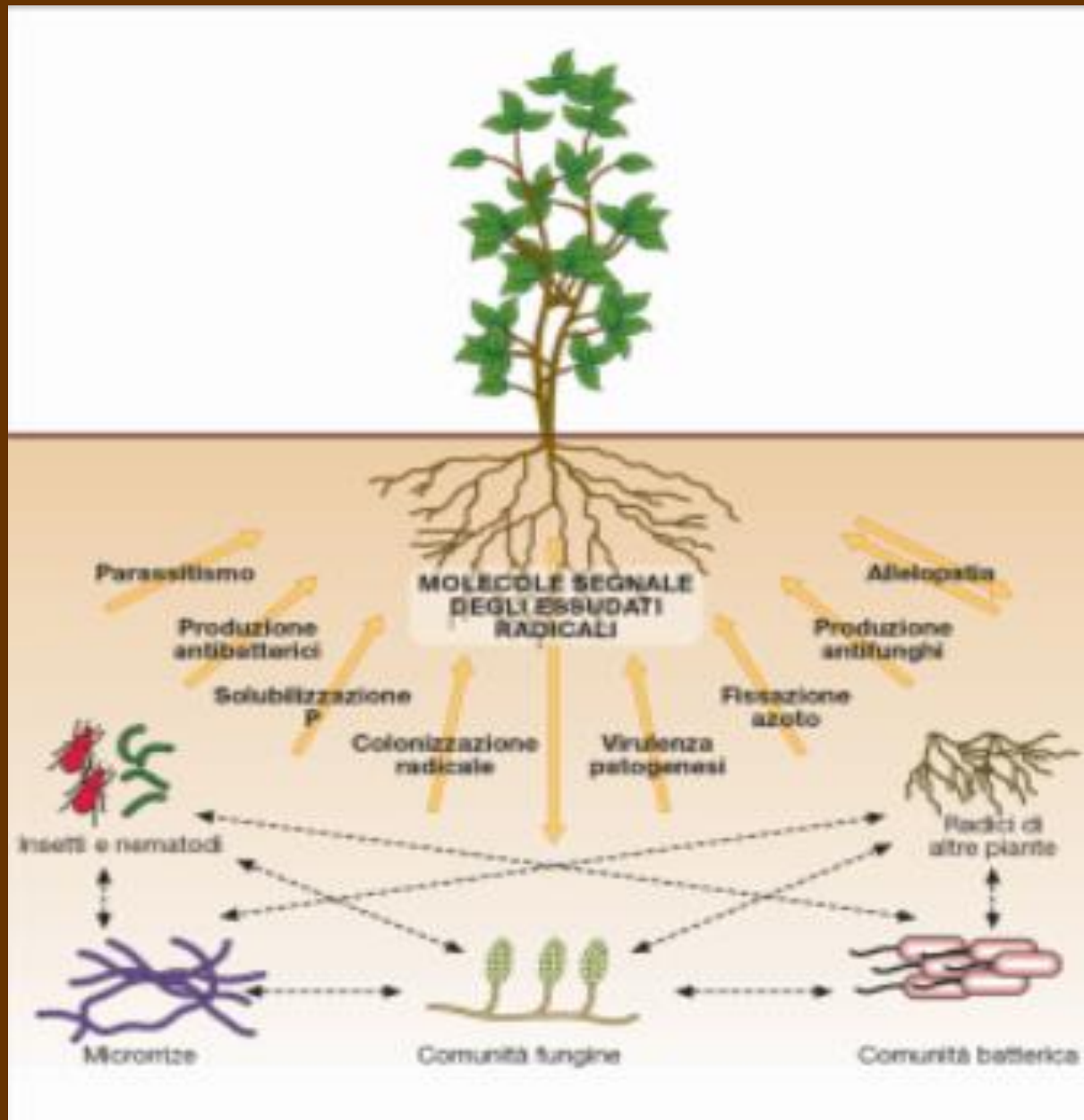


# RIZOSFERA

L'area circostante la radice costituisce una regione biologicamente distinta del suolo, che è stata definita **RIZOSFERA**. Il concetto di **RIZOSFERA** è stata introdotto per la prima volta dall'agronomo tedesco **Lorenz Hiltner** nel **1904**. La **RIZOSFERA** è abitata da microrganismi specializzati, come batteri, cianobatteri, funghi, nematodi, lombrichi, collemboli ed in essa hanno luogo importanti scambi di sostanze.



# RIZOSFERA



# Associazioni radicali

In molte piante, alcune o tutte le radici sono ricoperte o penetrate da ife di funghi che formano un'associazione caratteristica detta **MICORRIZA**. Meno frequentemente le radici formano ingrossamenti che contengono batteri **AZOTOFISSATORI**. Questo avviene nella famiglia delle **Fabacee** ed in pochi altri generi di vegetali. In altri casi le radici fuoriescono dal terreno e vengono abitate da specie di **Cianobatteri fotosintetici** che fissano ugualmente l'azoto atmosferico. La superficie molto permeabile della radice è un ambiente molto favorevole allo sviluppo di queste associazioni.



# MICORRIZE

Le **micorrize** costituiscono un'associazione **simbiotica** tra vegetali e funghi molto diffusa in natura. Il rapporto che si è stabilito tra le piante ed i funghi micorrizici ha avuto una enorme importanza nella storia evolutiva dei vegetali terrestri, facilitando la loro diffusione nei diversi ambienti sulle differenti tipologie di substrati. Il termine **micorriza** deriva dalle parole greche 'fungo e radice' ed è stato coniato nel **1885** dal biologo tedesco **Albert Frank**, al quale si deve pure l'introduzione nel **1873** dell'espressione **simbiosi** (in questo caso per l'associazione tra funghi ed alghe nei licheni) .

# MICORRIZE

Quando s'instaura la **micorriza** la pianta fornisce al fungo dei **carboidrati** sintetizzati mediante la fotosintesi clorofilliana ed il fungo fornisce alla pianta **nutrienti**, come **i fosfati**, ed acqua, provenienti dal suolo. Molti nutrienti del suolo normalmente tendono ad esaurirsi presto nei pressi delle radici, ma le **ife** del fungo simbiote riescono ad assorbirli da zone più distanti. La maggior parte delle piante terrestri risulta associata a **funghi micorrizici**, tra le **dicotiledoni** esse sono l'**83 %**, tra le **monocotiledoni** sono il **79 %**, mentre tra le gimnosperme sono il **100 %**. Le piante appartenenti alle famiglie delle **Brassicaceae**, delle **Chenopodiaceae** e delle **Proteaceae**, così come le piante acquatiche, raramente formano micorrize.

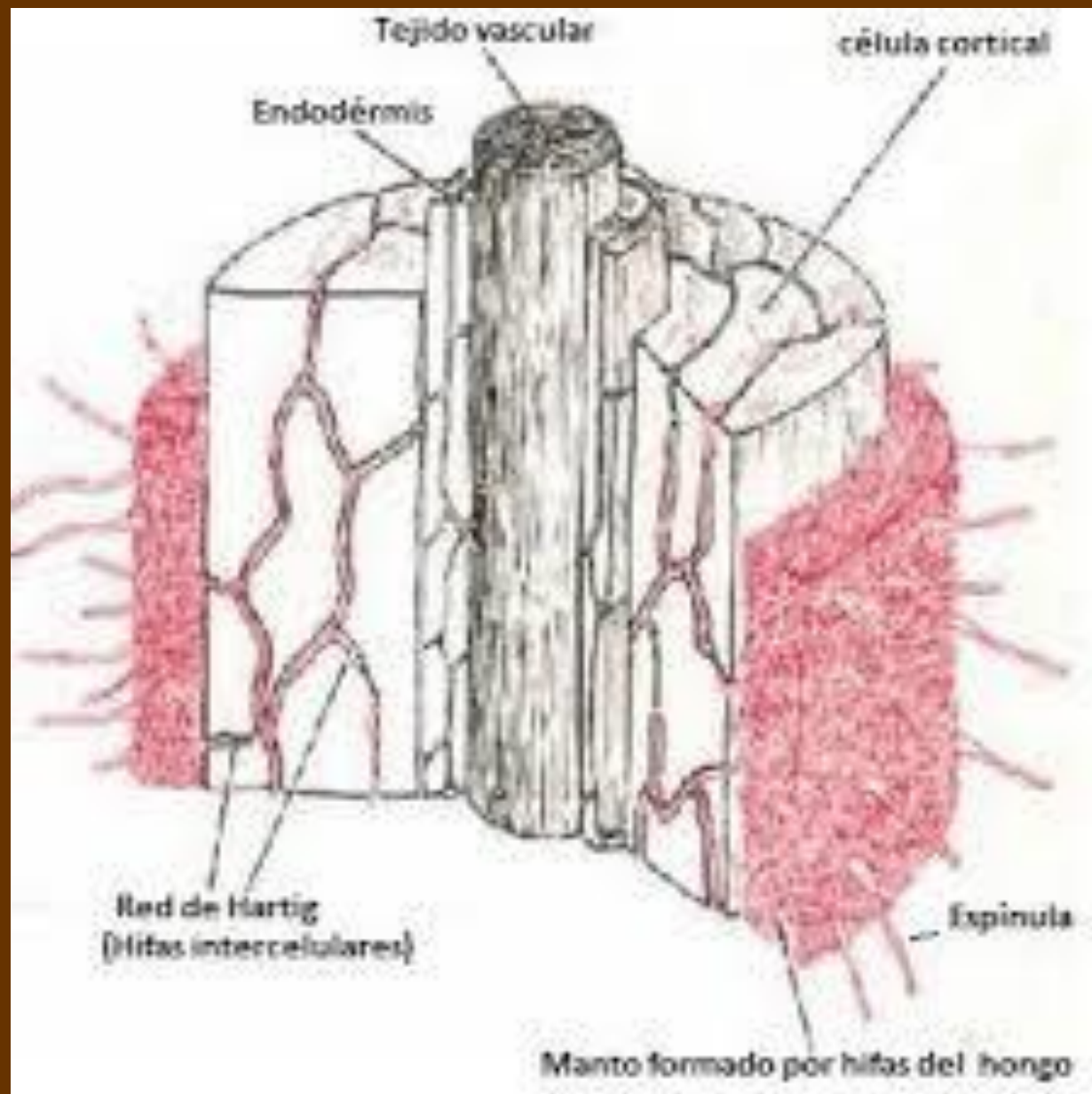


# MICORRIZE

I funghi micorrizici possono costituire **tre diversi tipi di associazioni** con le radici. Le **micorrize ectotrofiche o ectomicorrize** sono tipiche degli **Ascomiceti**, come i tartufi e di alcuni **Basidiomiceti**, in esse le ife del simbionte fungino formano una sorta di mantello di micelio intorno alla radice, detto **micoclona**, e possono penetrare tra i primi strati di cellule del **parenchima corticale**, formando il cosiddetto **reticolo di Hartig**, senza penetrare comunque all'interno delle pareti cellulari. Nelle **ectomicorrize** l'intreccio delle ife fungine può costituire una massa paragonabile a quella della radice e costituire dei prolungamenti nel suolo, detti **rizomorfe**, che hanno l'aspetto di radici.



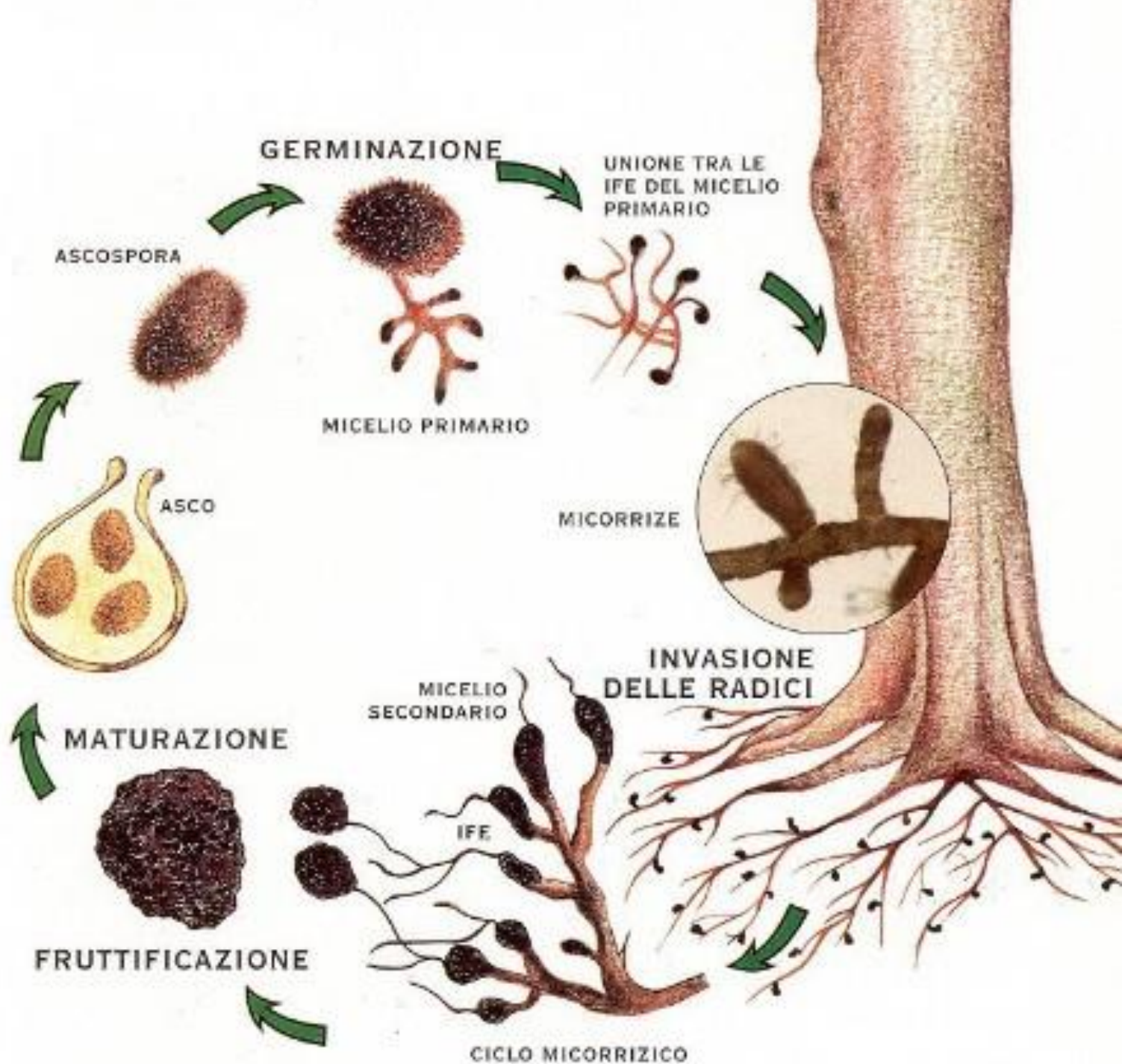
# ENDOMICORRIZE CON MICOCLENA E RETICOLO DI HARTIG



# ECTOMICORRIZE







# MICORRIZE

Nel 1967 la prof.ssa **Anna Fontana**, presso il Centro di Studio di Micologia del Terreno di Torino riuscì per prima ad ottenere in condizioni controllate, piante micorrizzate artificialmente con il tartufo (*Tuber maculatum*), che produce **micorrize ectotrofiche**. Le **micorrize endotrofiche** o **endomycorrize**, sono definite attualmente **arbuscolari** (o più propriamente **vescicolo-arbuscolari**) In esse il micelio fungino non costituisce un denso involucro intorno alla radice, ma le ife penetrano all'interno della radice attraverso l'epidermide o i peli radicali e non si limitano ad occupare lo spazio tra le cellule, ma entrano nelle cellule attraversando la **parete cellulare**, ma non la **membrana cellulare**. All'interno delle cellule le ife producono delle **vescicole** e delle strutture ramificate dette **arbuscoli** che sarebbero il luogo nel quale verrebbero trasferiti alle cellule i nutrienti assorbiti dal suolo come i fosfati. Le **micorrize arbuscolari** producono limitati quantitativi di materiale fungino.



# MICORRIZE

Un terzo tipo di **micorriza** con caratteristiche intermedie tra i due precedenti, definito **ectoendomycorriza** o **micorriza arbutoide** si sviluppa soprattutto tra **basidiomiceti** e piante delle famiglie delle **Ericaceae** come ***Arbutus*, *Arctostaphylos*, *Pyrola*** e ***Monotropa***. ***Monotropa hypopitys***, specie priva di clorofilla, rappresenta un esempio di pianta **micoeterotrofa**, perché grazie a queste micorrize riceve dal fungo, acqua, sali minerali, ma anche **carboidrati** che sono stati forniti al fungo da altre piante. Nel 1960 il botanico svedese **Erik Biörkmann** iniettando degli zuccheri radioattivi in alcune **piante donatrici** notò che essi tramite i funghi micorrizici finivano nella ***Monotropa***. Nel 1984 l'inglese **David Read** dimostrò sperimentalmente che fornendo a delle **piante donatrici** del biossido di carbonio radioattivo questo finiva prima nelle ife del fungo simbionte e poi in **piante riceventi non micoeterotrofe** vicine.

## ARBUSCULARES

(Endomicorriza)

80-90% especies vegetales

+  
Zigomicetes  
(microscópicos)

*Fagaceae*  
*Pinaceae*  
*Betulaceae*

+  
Basidiomicetes  
Ascomicetes  
(Zigomicetes)

*Orchidaceae*  
+  
Basidiomicetes

## ORQUIDOIDES

(Endomicorriza)

## FORMADORAS DE MANTO

(Ectomicorriza)

*Ericaceae*  
+  
*Erica*  
*Vaccinium*  
*Rhododendron*  
*Calluna*

Ascomicetes  
(Basidiomicetes)

## ERICOIDES

(Endomicorriza)

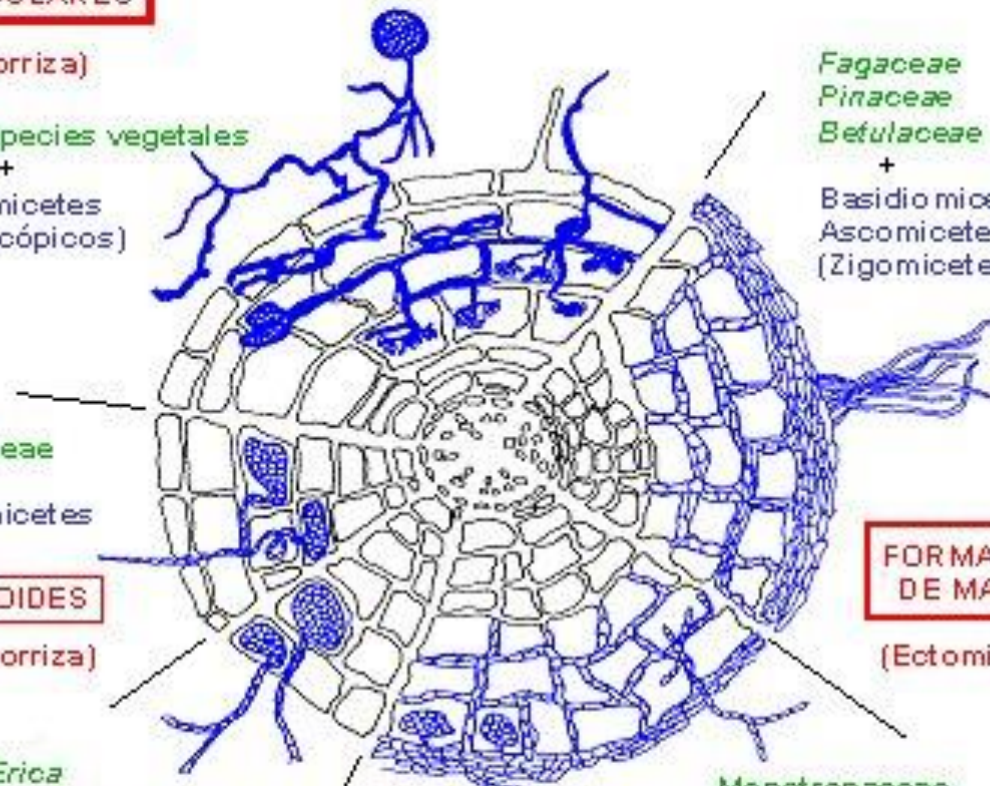
*Arbutus*  
*Artostaphilos*  
*Pyrola*

+  
Basidiomicetes

## ARBUTOIDES

(Ectendomicorriza)

*Monotropaceae*  
+  
Basidiomicetes



## Tipi di micorrize:

- **ectomicorrize**  
(che formano la **micoclona**)

- **ectoendomicorrize**  
(dette **arbutoidi**)

- **endomicorrize**

suddivise in

-**ericoidi**

-**orchidoidi**

-**arbuscolari**



***Monotropia hypopitys* – specie  
micoetrotrofa**

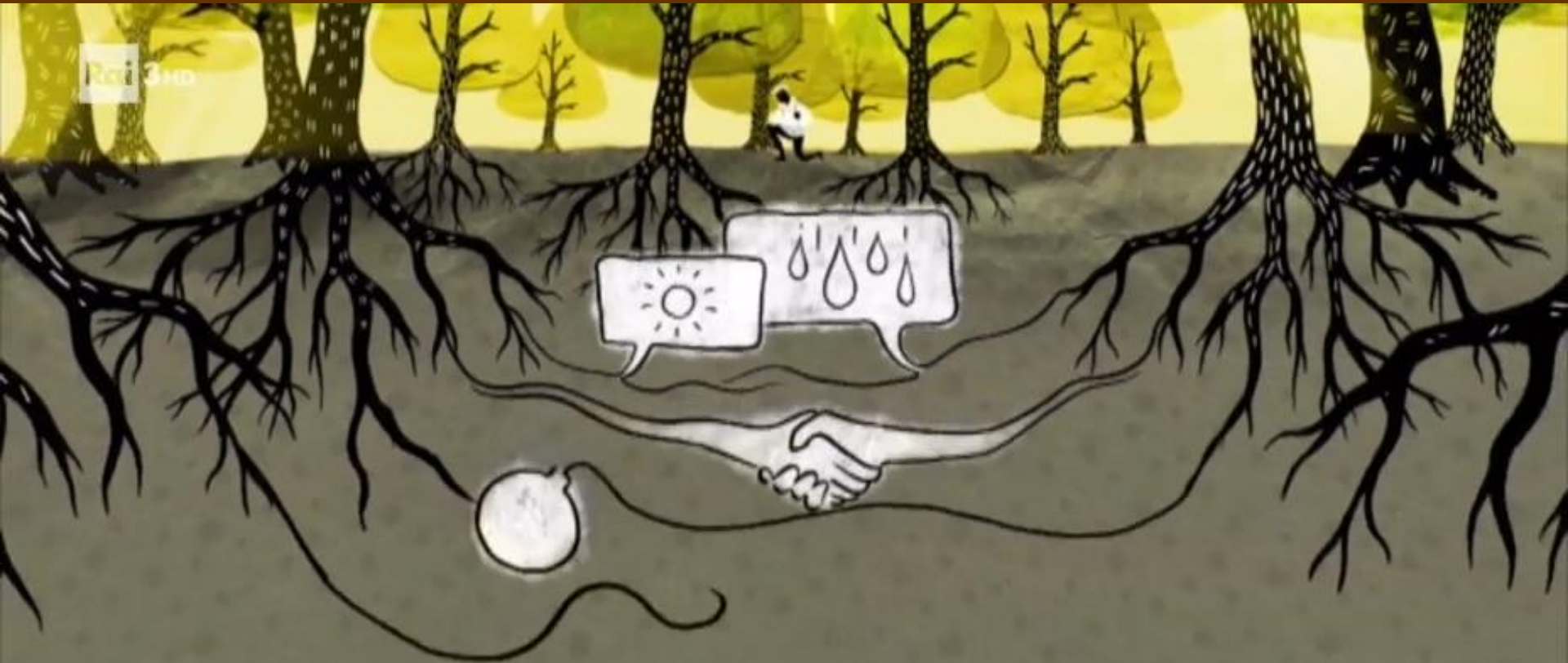


# MICORRIZE

Gli studi di **Read** e successivamente quelli condotti nel **1997** in ecosistemi naturali dalla canadese **Suzanne Simard** hanno messo in luce l'esistenza di complessi **reticoli micorrizici condivisi** tra le piante, anche appartenenti a **specie diverse**, come ad esempio **abeti** e **betulle**, che nei vari periodi dell'anno, a seconda delle esigenze, possono scambiarsi tramite le reti di micorrize **carboidrati** prodotti con la fotosintesi e nutrienti. Con la scoperta del **reticolo micorrizico condiviso** tra diverse specie vegetali, soprattutto arboree, lo studio degli ecosistemi forestali, ma anche di altro tipo, sta subendo un significativo cambiamento di prospettiva.



# Il reticolo micorrizico condiviso tra le piante è stato definito **WOOD WIDE WEB**



# ASSOCIAZIONI RADICALI

Le associazioni radicali con funghi micorrizici forniscono in genere un considerevole beneficio alle piante, che in casi estremi, come nelle **Orchidaceae** ed in alcune **Ericaceae**, divengono dipendenti dalla simbiosi con i microrganismi ospiti. I semi delle orchidee e quelli di alcuni Ericacee sono i più piccoli tra le angiosperme e , pesando pochi microgrammi sono stati definiti **'dust seeds'**. Essi sono privi di sostanze di riserva, vengono dispersi dal vento o da animali, ma germinano solo in presenza di specifici **funghi simbionti** con i quali viene stabilita una relazione micorrizica.



# Semi piccolissimi, definiti dust seeds, di un orchidea



# Influenza delle micorrize sulle preferenze edafiche delle specie vegetali

Nell'Isola di **Lord Howe**, presso l'Australia, vivono due specie di palme strettamente affini, appartenenti al genere **Howea**. Una delle due specie, ***Howea forsteriana*** cresce in terreni **alcalini calcarei**, mentre l'altra ***Howea belmoreana*** vegeta in terreni **acidi vulcanici**. In realtà chi condiziona le preferenze di pH del suolo di queste due specie sono i funghi micorrizici. La specie ***Howea forsteriana*** vive in simbiosi con funghi che le consentono di vivere in ambienti alcalini, mentre ***H. belmoreana*** è rimasta legata agli ambienti vulcanici originari.



# Howea forsteriana



# ASSOCIAZIONI RADICALI

I semi di alcune piante parassite possono germinare solo in presenza della radice di una particolare pianta ospite che viene riconosciuta in base alla presenza di composti chimici liberati con gli essudati prodotti dalla radice. Le radici possono liberare sostanze delle **ALLELOPATICHE** che inibiscono lo sviluppo di alcune specie di piante, soprattutto erbacee.



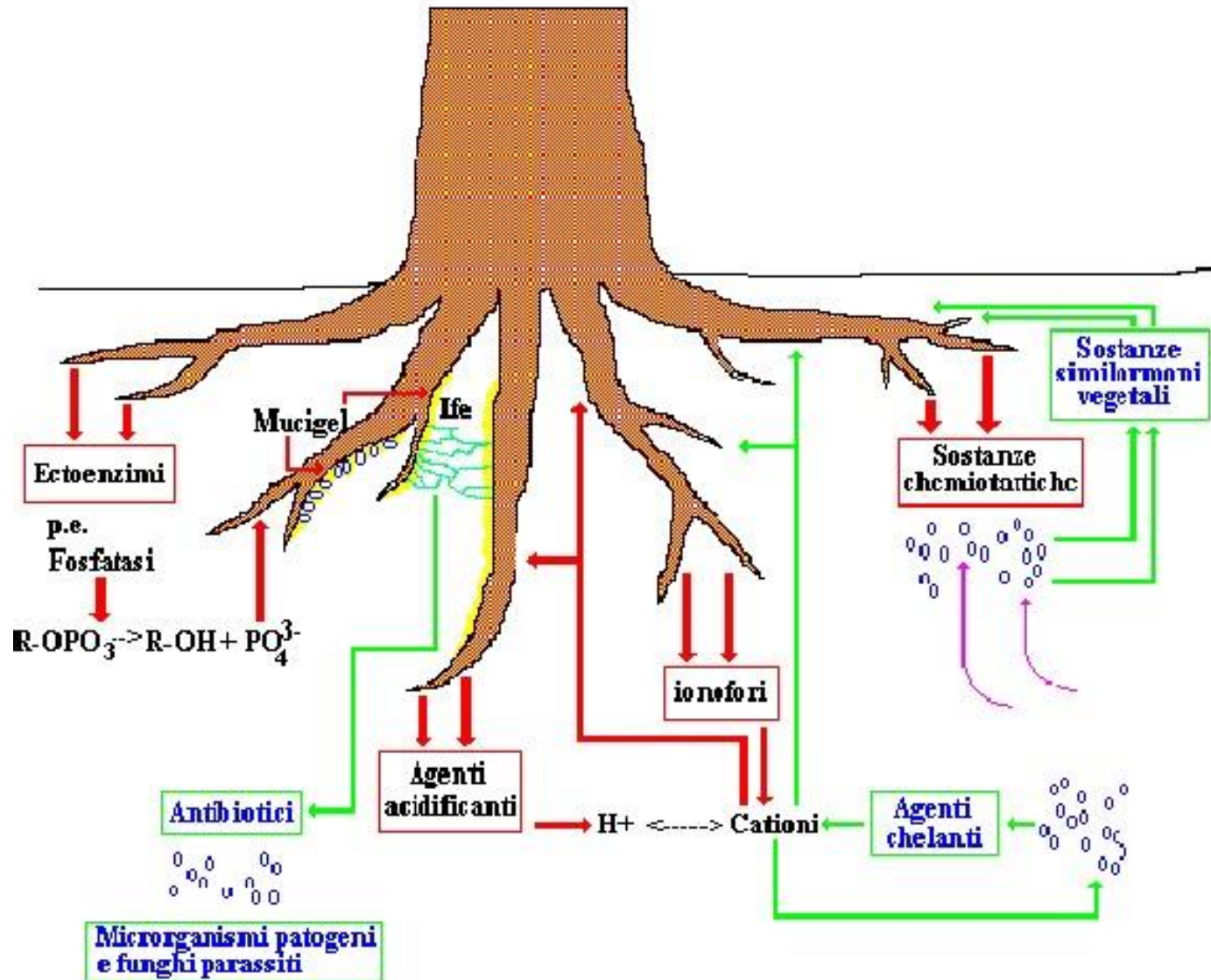


# ASSOCIAZIONI RADICALI

Tra le radici di piante diverse appartenenti alla stessa specie possono stabilirsi contatti molto stretti che possono portare allo sviluppo di **INNESTI RADICALI NATURALI**, questo avviene soprattutto tra le Conifere. Se un albero viene tagliato la base può mantenersi viva grazie alle sostanze nutritive assorbite da altri alberi attraverso unioni per innesto.



# SCAMBI CHE COINVOLGONO IL SISTEMA RADICALE



# GEOTROPISMO DELLE RADICI

Le radici rispondono efficacemente a stimoli di vario tipo, in primo luogo alla forza di gravità grazie agli **STATOLITI** contenuti nell'apice radicale. Grazie agli statoliti le radici presentano in genere un marcato **GEOTROPISMO POSITIVO**, si orientano infatti verso il centro di gravità. Le radici rispondono in maniera accentuata a differenze nel contenuto di acqua degli strati del terreno e questo può indurre le radici a compiere movimenti di tipo condizionato vero l'alto o verso il basso.

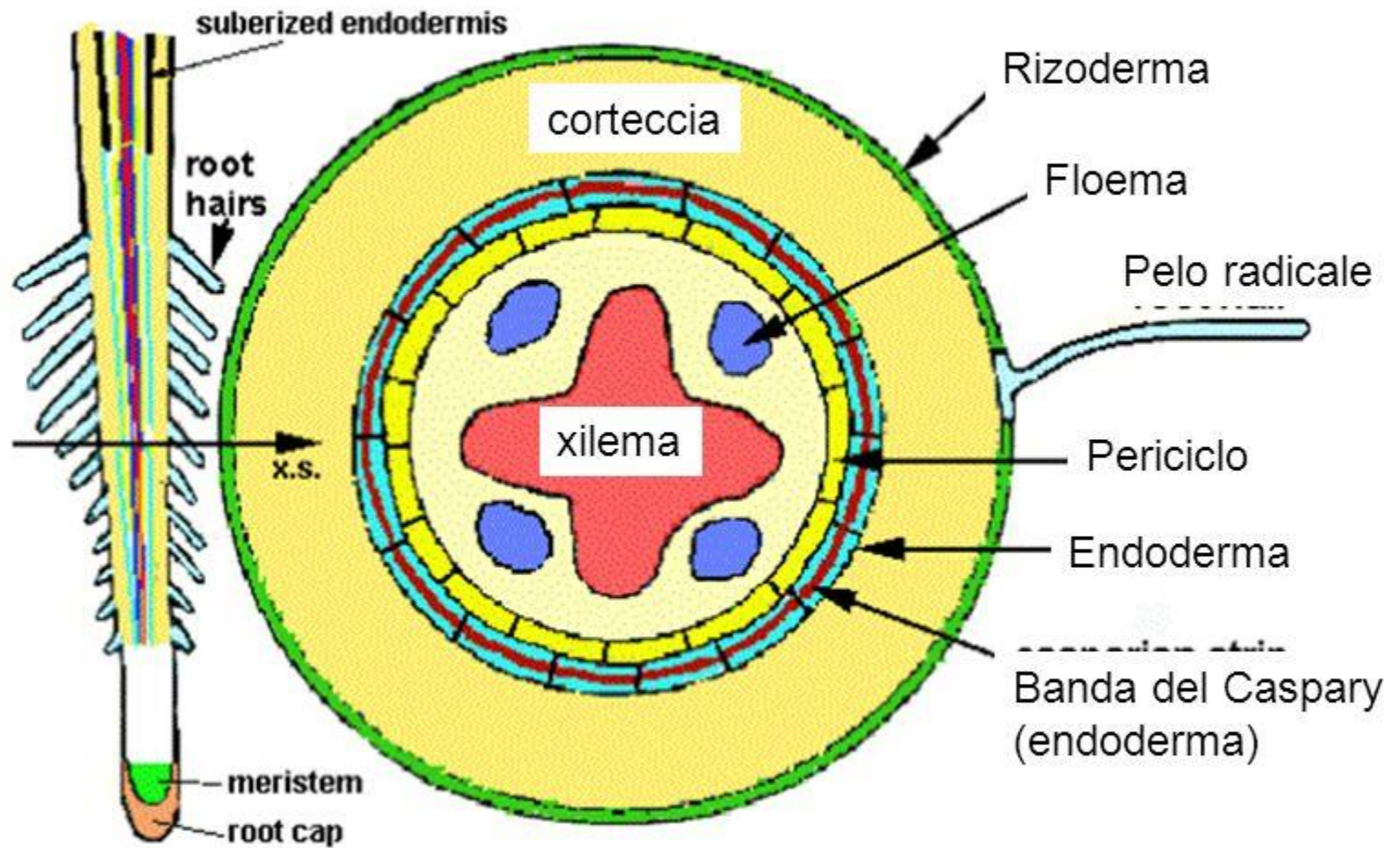


# LA STRUTTURA INTERNA DI UNA RADICE

Una radice giovane nella quale prevale la funzione di assorbimento e non vi è stato ancora accrescimento secondario presenta una tipica struttura a strati o anelli concentrici, se osservati in sezione.

Lo strato più esterno prende il nome di epidermide o **RIZODERMA** e ad esso segue verso l'interno la corteccia o **PARENCHIMA CORTICALE** che è in genere uno strato molto più spesso. Procedendo ancora verso l'interno il **PARENCHIMA CORTICALE** termina con l'**ENDODERMA**, un anello che delimita il **CILINDRO CENTRALE** della radice. All'interno dell'**ENDODERMA** si individua la **BANDA DEL CASPARY**, una fascia così chiamata perché scoperta da Robert Caspary nel 1865.

La **BANDA DEL CASPARY** è costituita da uno spesso strato di materiale idrofobo interposto tra le cellule che blocca il passaggio dei fluidi per via **APOPLASTICA** verso il **CILINDRO CENTRALE** della radice.





# II RIZODERMA

Il **RIZODERMA** è un'epidermide monostratificata che insieme ai peli radicali svolge essenzialmente una funzione di assorbimento. Il rizoderma è caratterizzato da uno spessore sottile delle pareti esterne, manca inoltre di cuticola protettiva e di stomi. Il rizoderma ha una vita piuttosto breve, così come i peli radicali. Al suo posto si sviluppa un tessuto dalla funzione protettiva, definito **ESODERMA**, costituito da cellule dello strato più superficiale della **CORTECCIA** che accumulano **SUBERINA** nelle loro pareti esterne, originando in questo modo una protezione. Nell'esoderma si trovano cellule piccole dalle pareti non suberificate dette **CELLULE DI PASSAGGIO**.

# LA STRUTTURA INTERNA DI UNA RADICE

Le sostanze che, assorbite dall'ambiente esterno si dirigono verso il cilindro centrale non possono entrarvi passando intorno alla membrana cellulare (transito per via **APOPLASTICA** perche la **BANDA del CASPARY**, costituita da materiale sugheroso è idrorepellente. Le sostanze assorbite devono quindi attraversare la membrana cellulare semipermeabile, per **TRANSITARE** verso l'interno per via **SIMPLASTICA**, cioè attraverso i citoplasmi.



# LA CORTECCIA DELLA RADICE

La restante parte della struttura primaria interna della radice è costituita dalla corteccia e dal cilindro centrale. La corteccia delle piante terrestri è costituita in buona parte da tessuto di riserva detto **PARENCHIMA AMILIFERO**. Un'altra funzione importante della corteccia è il trasferimento di minerali dal rizoderma ai **TESSUTI VASCOLARI INTERNI**. Questo processo può svolgersi in due modi: per diffusione attraverso le pareti, negli spazi presenti tra le pareti e le membrane cellulari e in generale negli spazi intercellulari (**TRASPORTO APOPLASTICO**) o per assorbimento da parte di una cellula corticale e successivo trasferimento tra i citoplasmi di diverse cellule (**TRASPORTO SIMPLASTICO**). Gli spazi presenti tra le cellule della corteccia rappresentano un **AERENCHIMA** perché l'ossigeno può diffondere attraverso la radice provenendo dal suolo e talora dal fusto.

# LA CORTECCIA DELLA RADICE

I minerali provenienti dal suolo non possono circolare liberamente all'interno della radice perché nello strato più interno della corteccia è presente l'**ENDODERMA** o **ENDODERMIDE**. Nell'endoderma le cellule possono avere le pareti trasversali fortemente impregnate di lignina e suberina tanto da divenire impermeabili. Queste pareti trasversali ispessite formano tutte insieme delle fasce più scure chiamate **BANDE DEL CASPARY**



# LA BANDA DEL CASPARY

Le **BANDE DEL CASPARY** controllano i sali minerali che dal suolo attraverso il **RIZODERMA**, i peli e la corteccia entrano con il flusso dell'acqua assorbita nello **XILEMA** e raggiungono tutta la pianta. Le **BANDE DEL CASPARY**, costituite da tessuto impermeabile impediscono il passaggio degli ioni per via **APOPLASTICA**. In questo modo gli ioni minerali assorbiti dal suolo possono transitare solo se il citoplasma delle cellule dell'**ENDODERMA** li assorbe e li rilascia nei **TESSUTI VASCOLARI**. In questo viene bloccato il passaggio di ioni tossici presenti nel suolo.