

## Interazione organismo-organismo

Gli organismi che condividono lo stesso ecosistema interagiscono tra di loro in vari modi, che vanno da una semplice modificazione reciproca e dell'ambiente in cui vivono a interdipendenze molto specifiche che portano a processi di coevoluzione.

**La SIMBIOSI è, molto probabilmente, all'origine dell'evoluzione**

**LA SIMBIOSI, È DEFINITA COME L'ASSOCIAZIONE INTIMA  
E PROTRATTA NEL TEMPO TRA DUE O PIÙ ORGANISMI DI  
SPECIE DIFFERENTI.**

**E' il “vivere insieme” (de Bary, 1879)**

Questa definizione non specifica se il risultato dell'associazione tra le due specie sia POSITIVO o NEGATIVO, o NEUTRALE; quindi include un'ampia gamma di interazioni, il cui destino degli individui di una specie dipende dalla loro associazione con individui di un'altra specie.

# SIMBIOSI

## **Le simbiosi possono essere Antagoniste/parassitarie o Mutualistiche**

Le relazioni simbiotiche vanno dal parassitismo, in cui un partner trae beneficio nutrizionale dall'altro danneggiandolo, al mutualismo in cui ciascun partner trae beneficio dal vivere in associazione con l'altro.

Nella simbiosi almeno un partner prende qualche forma di nutrimento dall'altro. Quando uno di due partner è un fotoautotrofo, questo fornisce carbonio organico al partner eterotrofo.

**Dal punto di vista nutrizionale l'organismo eterotrofo danneggia quello autotrofo.**

## **Simbiosi come adattamento nutrizionale**

Le relazioni predatorie precedono evolutivamente quelle mutualistiche. Anche nell'ambito di simbiosi apparentemente mutualistiche si alternano fasi di parassitismo.

Un esempio di simbiosi mutualistica è rappresentato dall'associazione lichenica. La coevoluzione dei due partner del lichene ha portato alla formazione di "organismi composti", in questo caso costituiti da **un'alga e da un fungo**.

**Questa associazione è funzionalmente obbligatoria.** I funghi delle associazioni licheniche, e alcune alghe non si trovano mai indipendentemente dall'altro partner



Esistono anche simbiosi meno obbligatorie come quelle tra piante e batteri terricoli (azoto fissatori), questi organismi vivono in genere indipendentemente l'una dall'altro.

# SIMBIOSI MUTUALISTICA

Stretta convivenza di 2 o piú organismi da cui tutti traggono vantaggio.

Batteri e radici di leguminose, formazione di noduli radicali

Micorrize

Licheni

**Di recente è stato proposto che i licheni sono da considerarsi un'organizzazione più complessa di una simbiosi**

# Simbiosi PARASSITARIA

Le simbiosi parassitarie si possono realizzare tra i batteri, funghi e piante vascolari.

Il danno subito dall'ospite è dovuto alla sottrazione di sostanze nutritive, alla distruzione dei tessuti oppure alla sintesi di composti ad azione tossica (tossine). Batteri e funghi parassiti penetrano negli organismi ospiti secernendo enzimi che decompongono le macromolecole delle pareti cellulari delle cellule vegetali (cutinasi, cellulasi, pectinasi ...) e si localizzano tra le cellule o al loro interno.

# I parassiti

- Si distinguono in OBBLIGATI e FACOLTATIVI, nei primi il rapporto di parassitismo è necessario per garantire la sopravvivenza dell'organismo infettante, e spesso l'infezione conduce alla morte dell'ospite.
- Nei secondi, l'organismo infettante può vivere da saprofita e passa al parassitismo solo occasionalmente.



# Simbiosi parassitarie nel regno vegetale

- Virus, batteri, funghi possono infettare piante superiori
- Piante vascolari possono parassitare altre piante vascolari

# Sono note più di 4000 specie di Angiosperme parassite, appartenenti a 17 famiglie

Fra le angiosperme parassite si distinguono le emiparassite e le oloparassite.

Le emiparassite (es. il vischio) sono capaci di fotosintesi, assorbono i nutrienti inorganici e l'acqua **non** dal terreno, ma per mezzo di austori, dallo xilema dell'ospite.

Vischio



# Oloparassite

- Sono incapaci di fotosintesi, in quanto prive di cloroplasti (es. Orobanche), oppure, quando sono presenti i cloroplasti, questi hanno un'efficienza molto limitata
- (es. Cuscuta)
- Si distinguono in **PARASSITE RADICALI** e **PARASSITE EPIFITE**

## **Parassite radicali:**

Assorbono nutrienti inorganici ed organici tramite austori che si inseriscono direttamente sui rizomi (fusti sotterranei modificati) o sulle radici della pianta ospite. Sono numerose, molte appartengono al genere *Orobanche*.

## **Parassite epifite:**

Es. *Cuscuta*, differenzia austori che distruggono i tessuti della pianta ospite per entrare nel fusto o nelle foglie.

*Rafflesia arnoldii* (il fiore più grande del mondo!, parassita radicale)



(b)

*Monotropa uniflora*  
(parassita radicale, si aiuta anche con ife fungine associate alle sue radici)



(c)

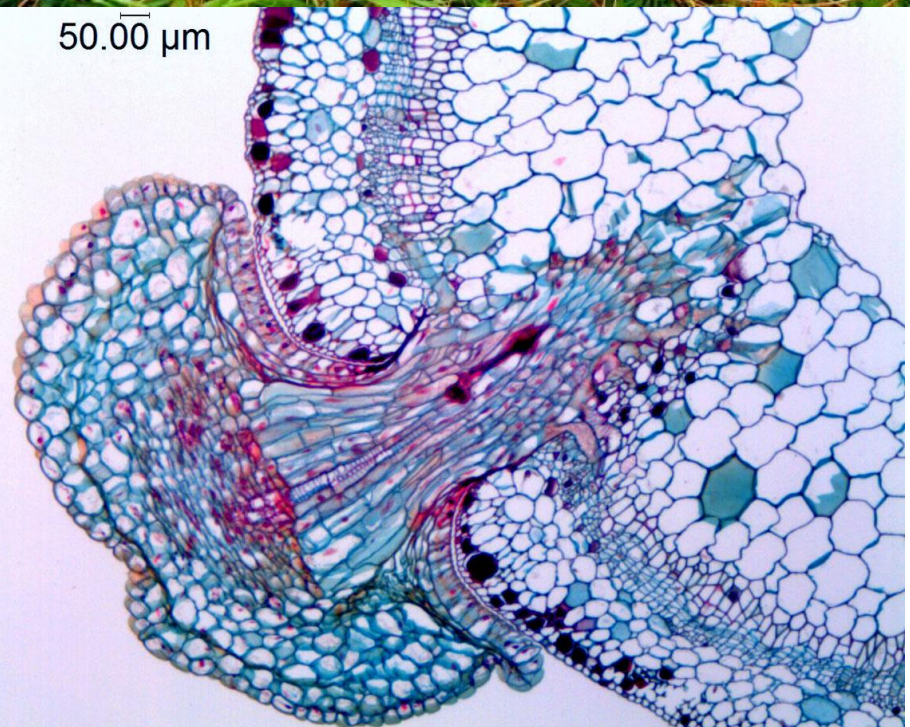
# Cuscuta, parassita epifita



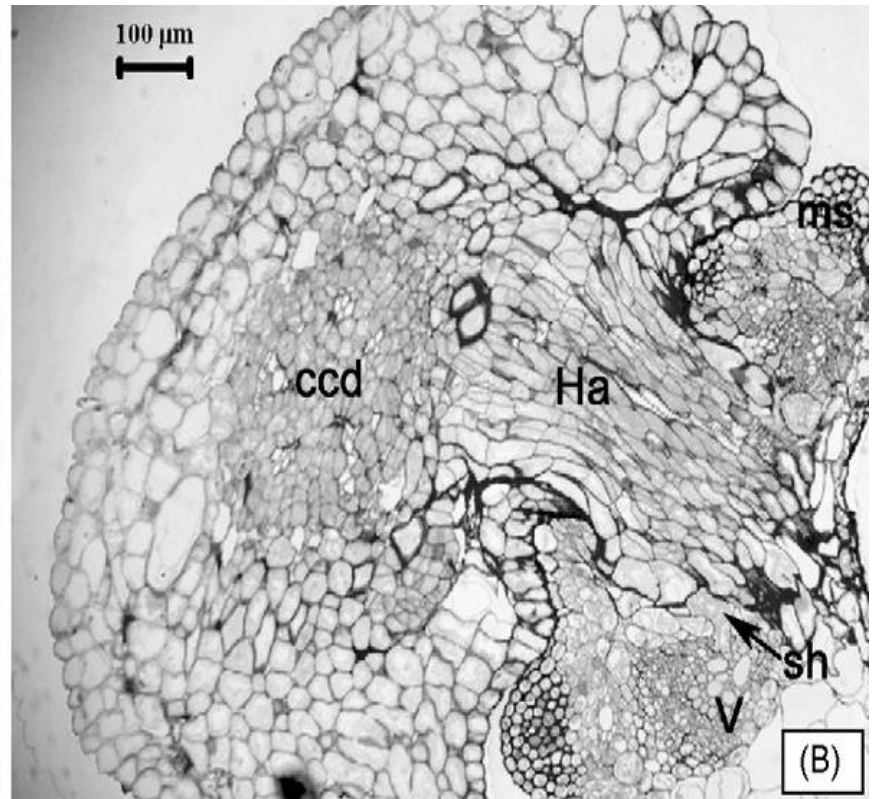
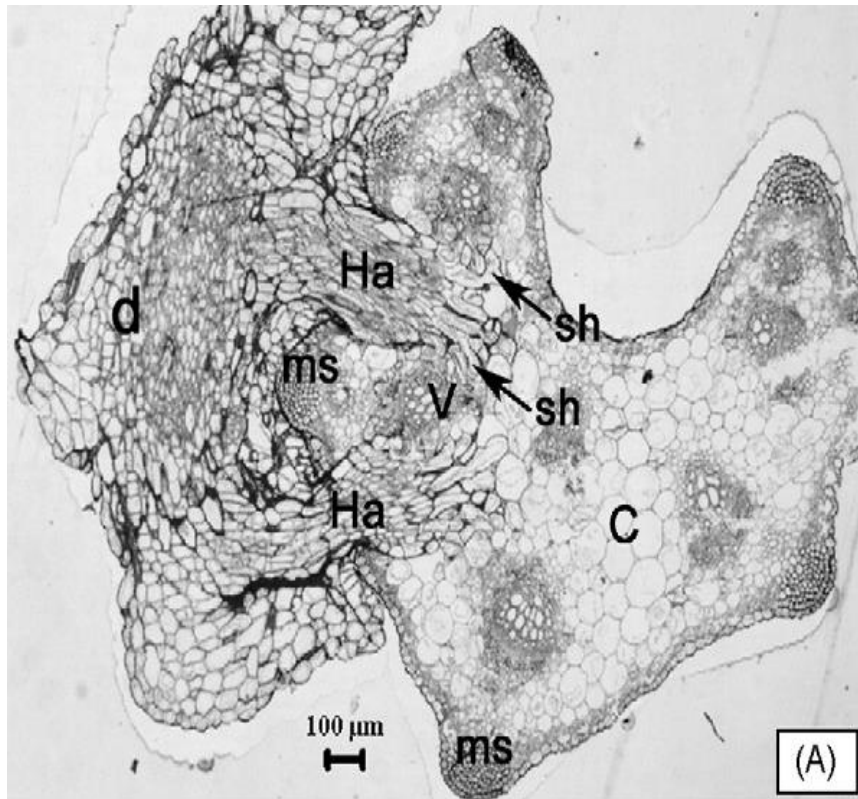
50.00  $\mu\text{m}$



© Keoki Stender



# La cuscuta e la carota





# SIMBIOSI MUTUALISTICA

- Batteri o cianobatteri azotofissatori con altri vegetali
- Funghi con alghe (licheni)
- Funghi con radici di piante superiori (micorrize)
- Piante mirmecofile e formiche

# Alberi istaurano rapporti mutualisti con colonie di formiche



Le piante mirmecofile vivono in associazione con colonie di formiche arboree provvedendo a fornire loro riparo, zone per nidificare e nettare.

Dal canto loro le formiche offrono alla pianta protezione da altri animali fitofagi (cioè che si nutrono di foglie).

# Simbiosi MUTUALISTICA

BATTERI DEI NODULI RADICALI:  
associazione tra batteri e piante superiori.

Formazione dei tubercoli radicali contenenti batteri azotofissatori (batteri del genere *Rhizobium*) nelle leguminose. Il batterio entra nel tessuto corticale attraverso i peli radicali; si formano i noduli dovuti all'aumento delle dimensioni delle cellule ospiti. I batteri assorbono i carboidrati dall'ospite e cedono l'N organico.

Tra gli organismi azoto fissatori, i batteri simbiotici sono i più importanti in termini di azoto fissato. I più comuni sono *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*, entrambi simbiotici di leguminose.

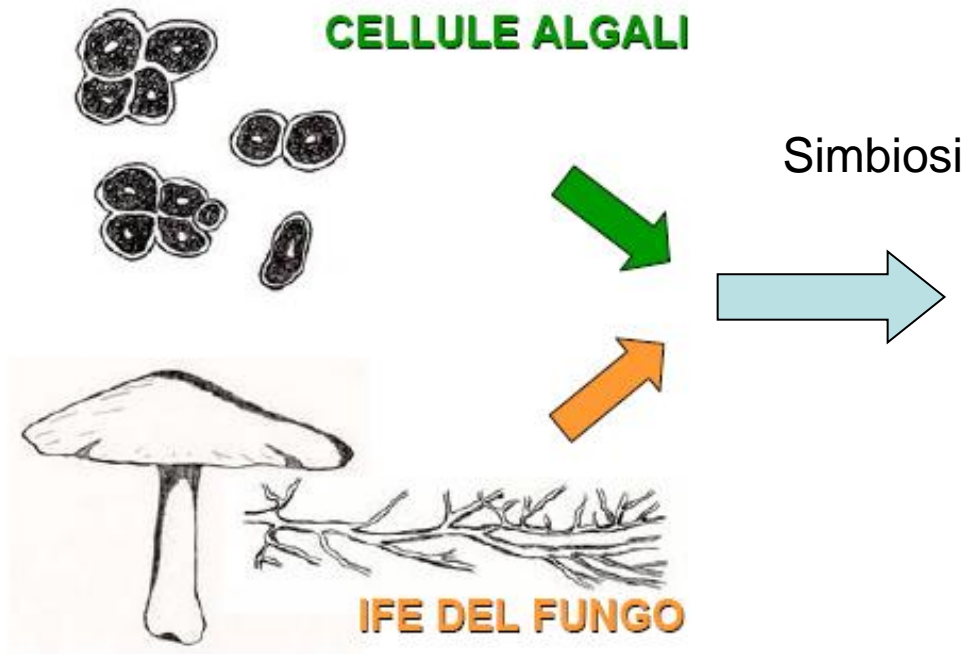


Noduli azoto-fissatori sulle radici di una leguminosa.

I noduli sono prodotti dalla pianta ospite in risposta all'infezione dei batteri.

# Simbiosi MUTUALISTICA

**LICHENI:** associazione tra un fungo, un'alga e batteri. L'alga espleta le sue specifiche funzioni (es. fotosintesi); i funghi forniscono sali minerali ed acqua e proteggono l'alga dal disseccamento.



Lichene

- Formano talli cosmopoliti su terreno, rocce, cortecce, foglie, muri, supporti di metallo.
- Il fungo (micobionte) di solito è un **ascomicete**, di rado un basidiomicete o deuteromicete.
- Le specie di micobionte sono migliaia
- L'alga, prevalentemente una clorofita (il ficobionte), produce con la fotosintesi i carboidrati necessari a se stessa ed al fungo.
- **SOLTANTO TRENTA SPECIE ALGALI** formano associazioni simbiotiche con funghi.

**Nei licheni si osservano tre principali forme di accrescimento:**

**1) Crostosa**

**2) Fogliosa**

**3) Frutticosa.**







(a)



(b)



(c)

# I licheni

Lichene  
foglioso  
che forma  
parte del  
nido di un  
colibrì



Il lichene frondoso giallo-arancio della *Xantoria*, spicca sul grigio dei licheni crostosi che ricoprono completamente la roccia.



*Evernia prunastri*: su rametto morto

Le *Xantoria* sono molto comuni, ritrovandosi sia sulle rocce che sulle cortecce di alberi vivi, che su rami caduti.



## LICHENI FRUTTICOSI

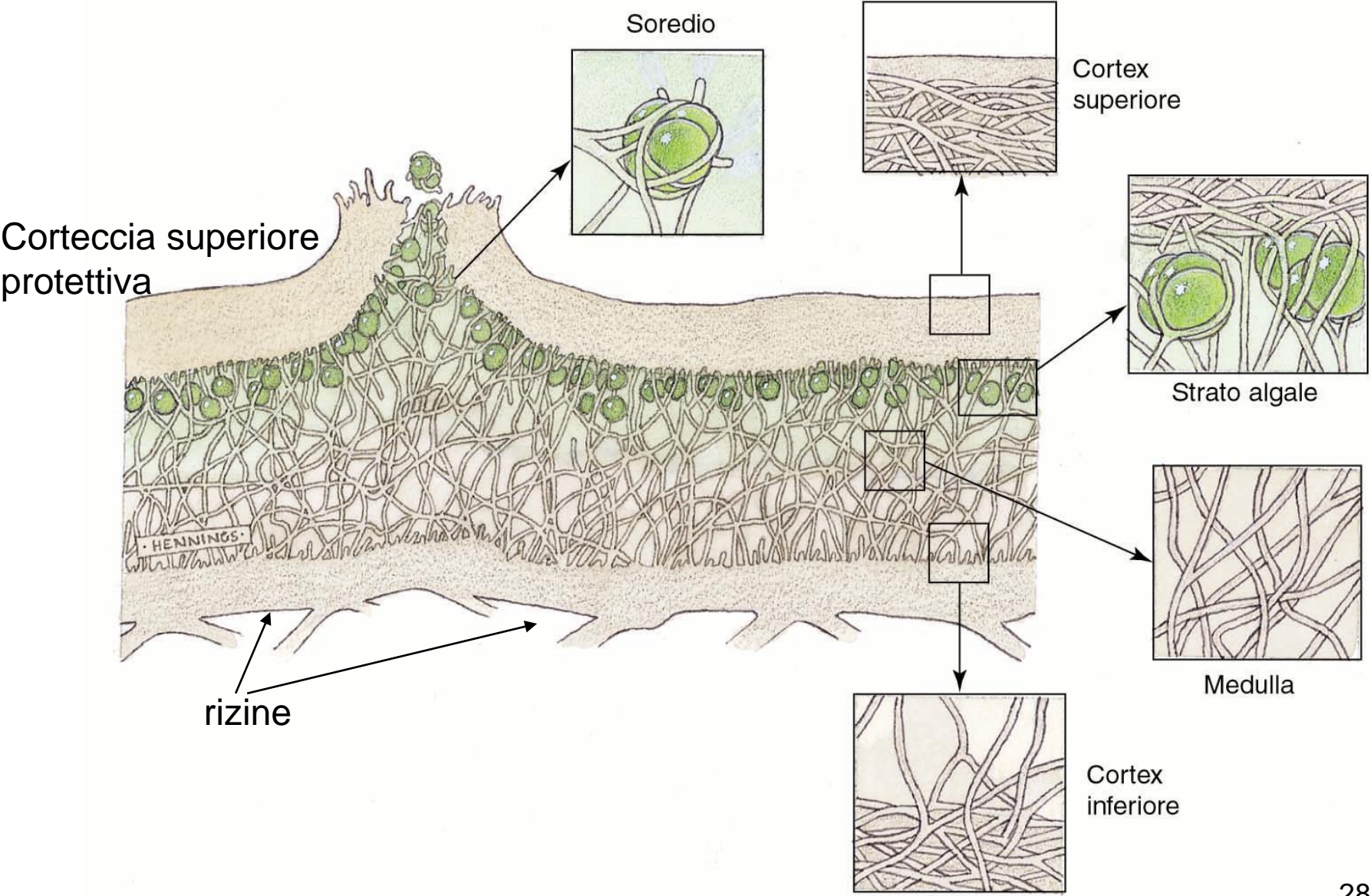


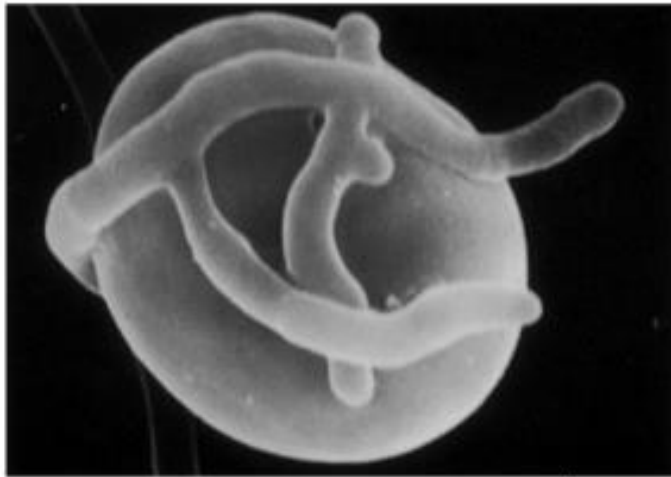
Con tallo  
eretto  
simile ad  
una  
piccola  
pianta



Il lichene delle renne, abbondante  
nell'Antartide.

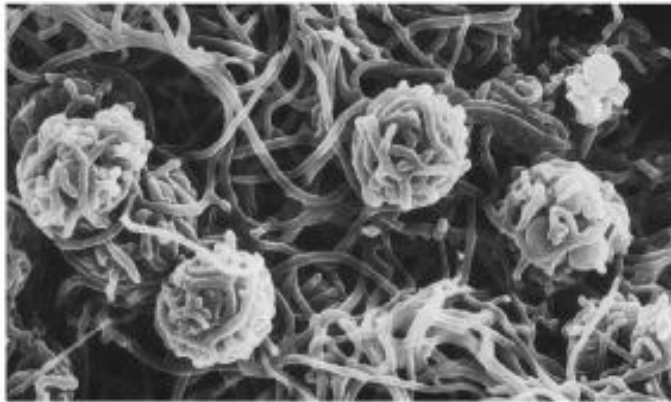
Soredi, gruppi di ife intrecciate con alghe unicellulari o cianobatteri.





(a)

25  $\mu\text{m}$



(c)

20  $\mu\text{m}$



(b)

2  $\mu\text{m}$

Alge circondate da ife fungine

# I licheni si riproducono per via asessuata (soredi, spore, frammentazione tallo)

- l'alga non si riproduce sessualmente, che vantaggi ha?
- Il fungo preleva dall'ambiente sostanze minerali che trasmette all'alga.
- Il mantello fungino protegge i cloroplasti dell'alga dall'eccessiva luce e temperatura.

La componente fungina produce conidi, ascospore, o basidiospore a seconda del gruppo di appartenenza.

I micobionti producono grandi quantità di metaboliti secondari chiamati **ACIDI LICHENICI**. Questi sfaldano le rocce con conseguente formazione di suolo.

I licheni che coinvolgono i cianobatteri, arricchiscono il suolo anche con azoto organico.

I licheni hanno notevoli capacità di accrescersi in habitat inospitali e di vivere in condizioni anche non ottimali per lungo tempo, ma l'inquinamento li uccide.

- Si procurano la maggior parte dei nutrienti dal pulviscolo atmosferico e dalla pioggia, per questo sono estremamente sensibili all'inquinamento dell'aria (se l'aria è inquinata c'è deserto lichenico);
- Sono capaci di colonizzare rocce nude, favorendone la degradazione.



# Simbiosi MUTUALISTICA

MICORRIZZE: Simbiosi fra le radici di piante e funghi. Le ife fungine avvolgono le radici formando un denso intreccio, sostituendo funzionalmente i peli radicali.

I funghi ricevono i carboidrati dalla pianta

Le piante ottengono:

- Miglioramento della nutrizione minerale, in particolare fosforo, e nell'approvvigionamento dell'  $H_2O$ .
- Maggior rifornimento di azoto, di fosfati grazie alla decomposizione di humus da parte dei funghi

Inoltre, i funghi aumentano l'area di assorbimento dell'acqua;

- Secernono sostanze che stimolano la crescita e la ramificazione delle radici;
- Producono antibiotici che proteggono la pianta da funghi e batteri patogeni presenti nel terreno

Quasi tutte le specie arboree sono micorrizate.... raccogliendo funghi si guarda spesso che alberi ci sono nei dintorni.....



Esempi di funghi che partecipano alla formazione di una MICORRIZA sono i tartufi e funghi come le russole, le amanite, i porcini, i lattari che vivono quasi esclusivamente in simbiosi con radici di alberi e formano i corpi fruttiferi solo nell'associazione simbiotica.

Nelle simbiosi micorriziche vengono messe in atto svariate strategie cellulari e molecolari che consentono al fungo di completare il ciclo biologico e alla pianta di migliorare il proprio sviluppo vegetativo.

In generale le associazioni micorriziche sono più abbondanti in terreni poveri di sostanze nutritive

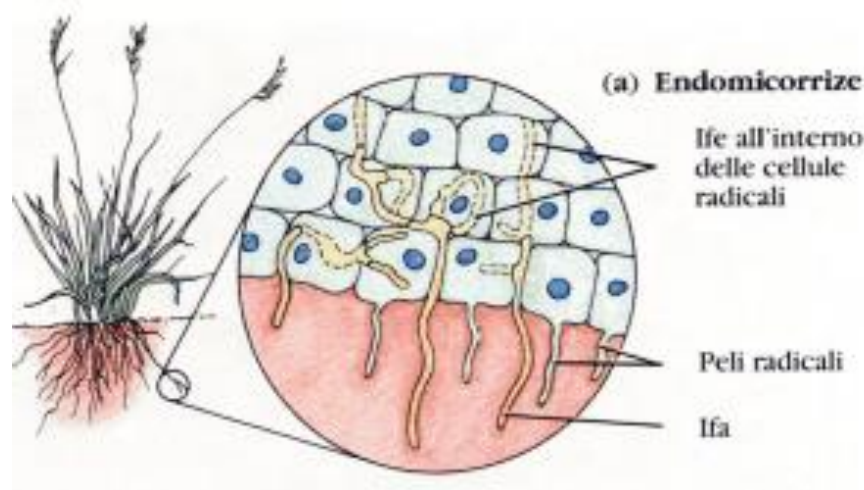
- Le micorrize sono di molteplici tipi, le più diffuse sono le
- **ECTOMICORRIZE e le ENDOMICORRIZE**
- Sono diverse per tipo di micobionte, modalità di invasione della radice dell'ospite.
- La relazione nutrizionale fra pianta e micobionte è simile nei due tipi di micorrize.

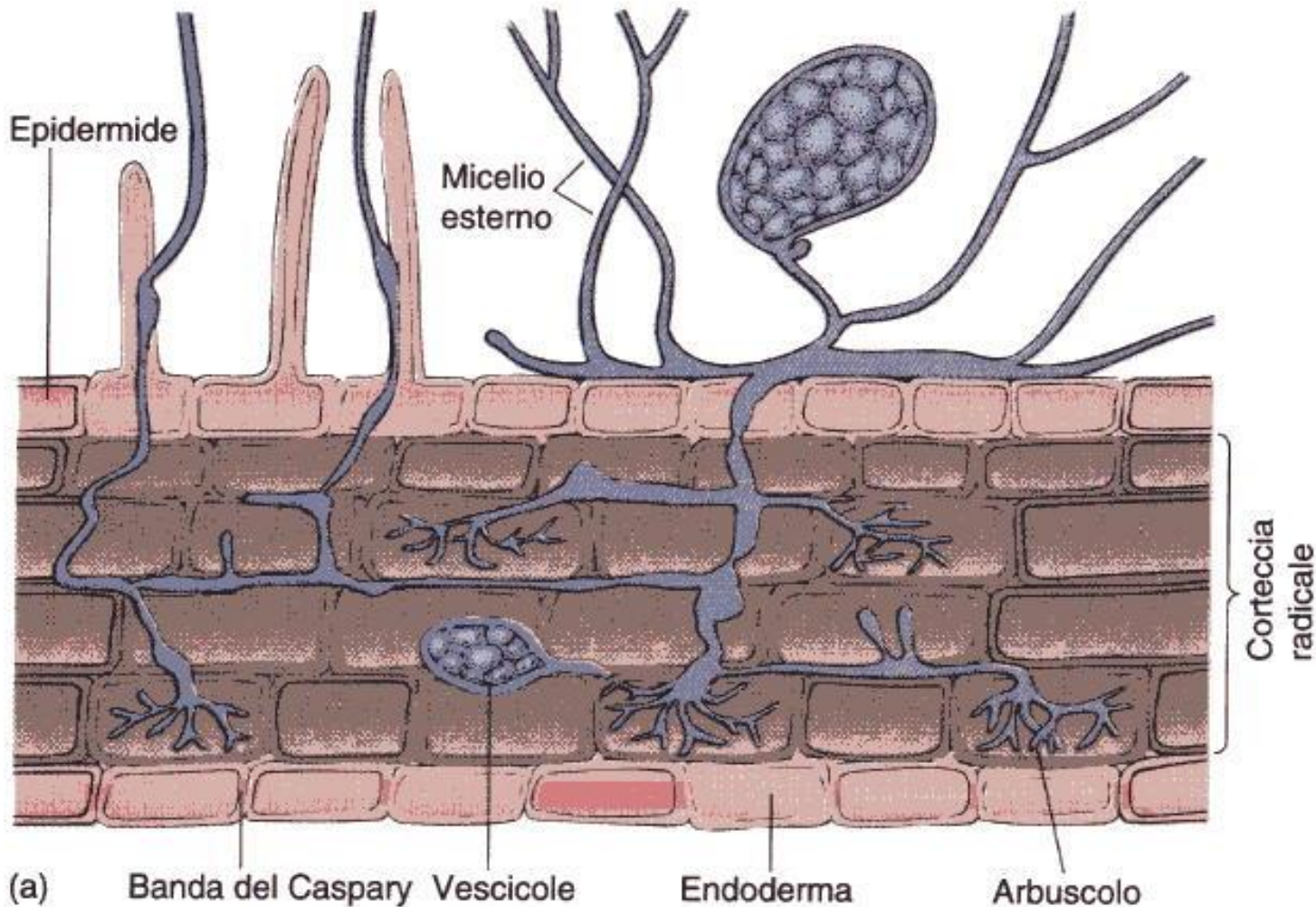
- ▶ Diversa entità della penetrazione del micelio fungino all'interno delle radici. Il fungo non penetra mai a livello dei tessuti di conduzione.



# Le micorrize endotrofiche

- Sono le più comuni associazioni radice- fungo (SONO DIFFUSE NELL'80% delle piante vascolari).
- 30 specie di micobionti sono implicate in questo tipo di associazione, che quindi è altamente ASPECIFICA.
- Le ife invadono le cellule epidermiche e corticali, formando, entro le cellule infettate, ARBUSCOLI e VESCICOLE





**Endomicorrize, formano arbuscoli e vescicole all'interno delle cellule corticali della radice. Gli scambi che si realizzano tra fungo e cellula vegetale si realizzano a livello degli arbuscoli.**

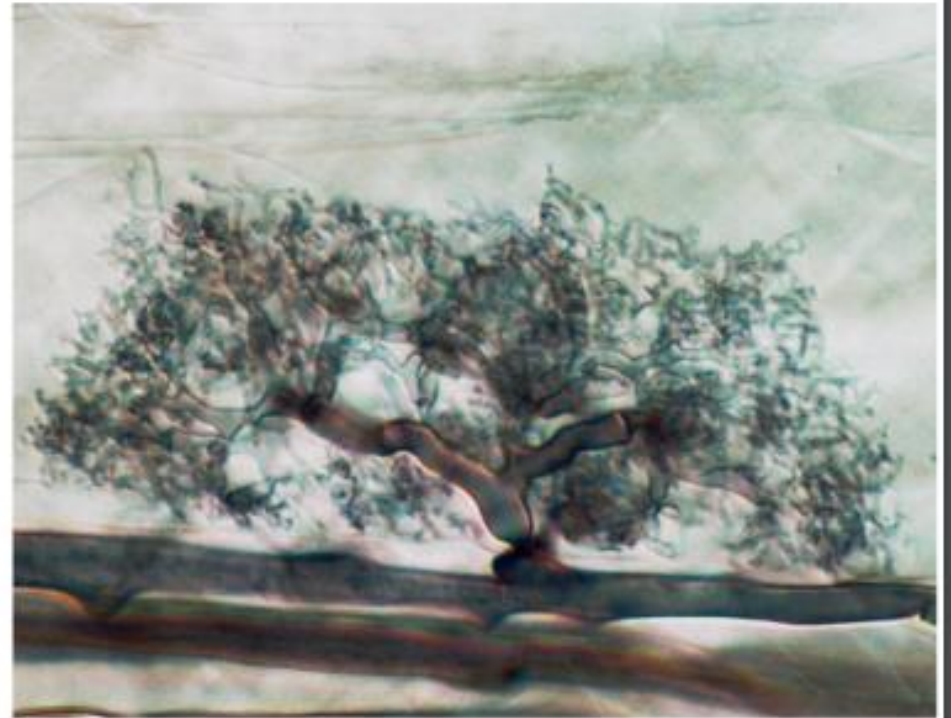
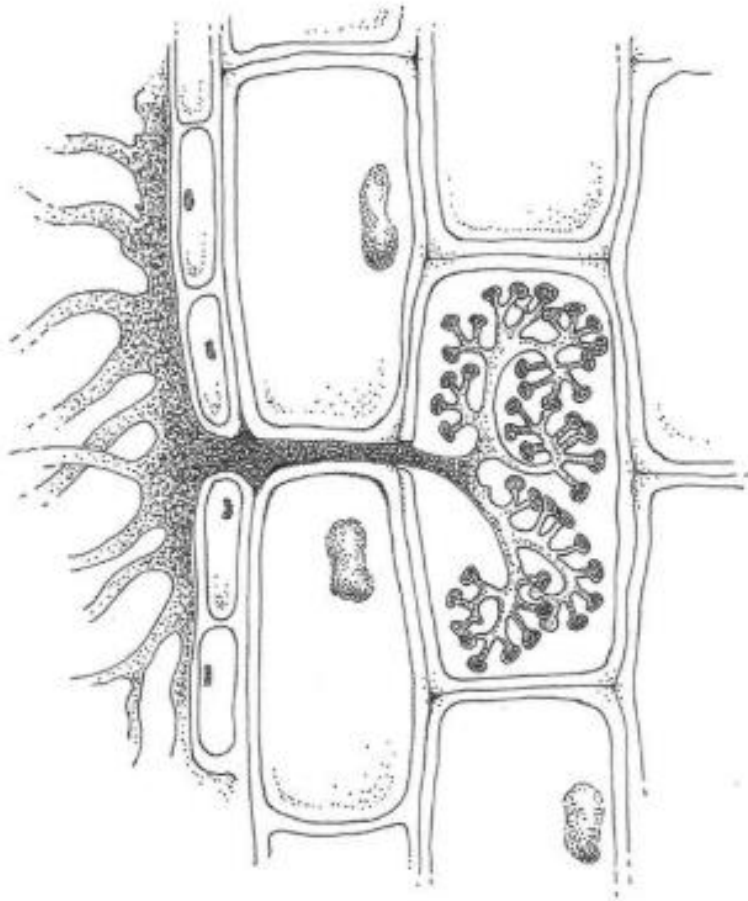


Per questo si chiamano **micorrize VA o vescicolo-arbuscolari**

- Non determinano cambiamenti morfologici evidenti nelle radici invase.
- Tra i micobionti delle micorrize VA ci sono anche ZIGOMICETI.

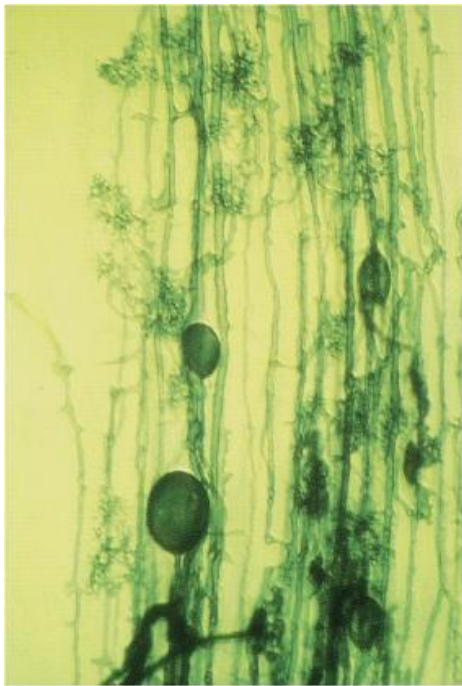
## Arbuscolo:

- struttura dendritica dei funghi arbuscolari (= arbuscular mycorrhizal fungi, **AMF**)
- le ife si suddividono in ramificazioni sempre più sottili che inducono l'invaginazione del plasmalemma.

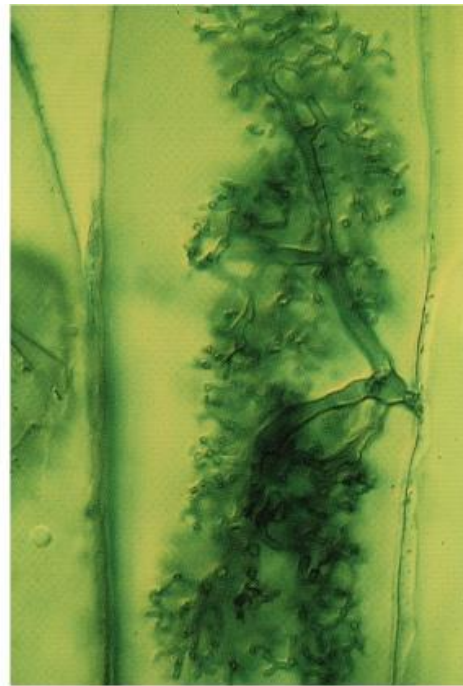


# Endomicorrize

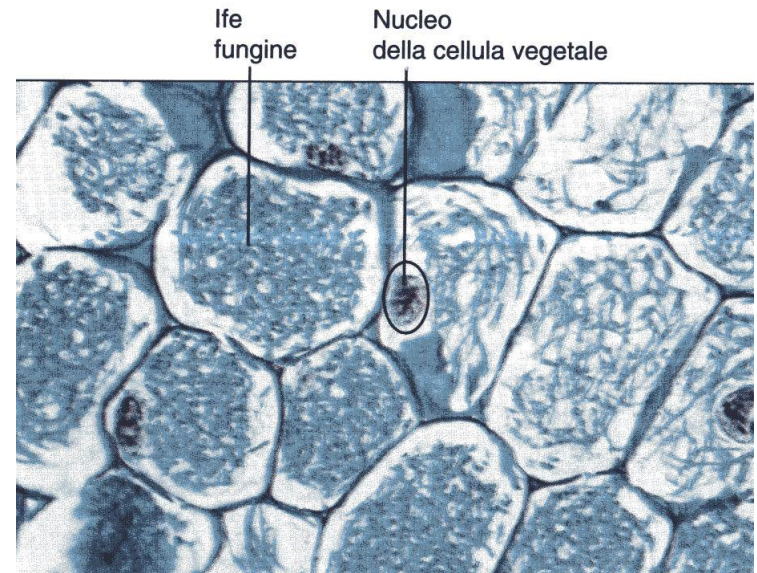
Arbuscoli e vescicole all'interno  
di cellule radicali di *Alium*



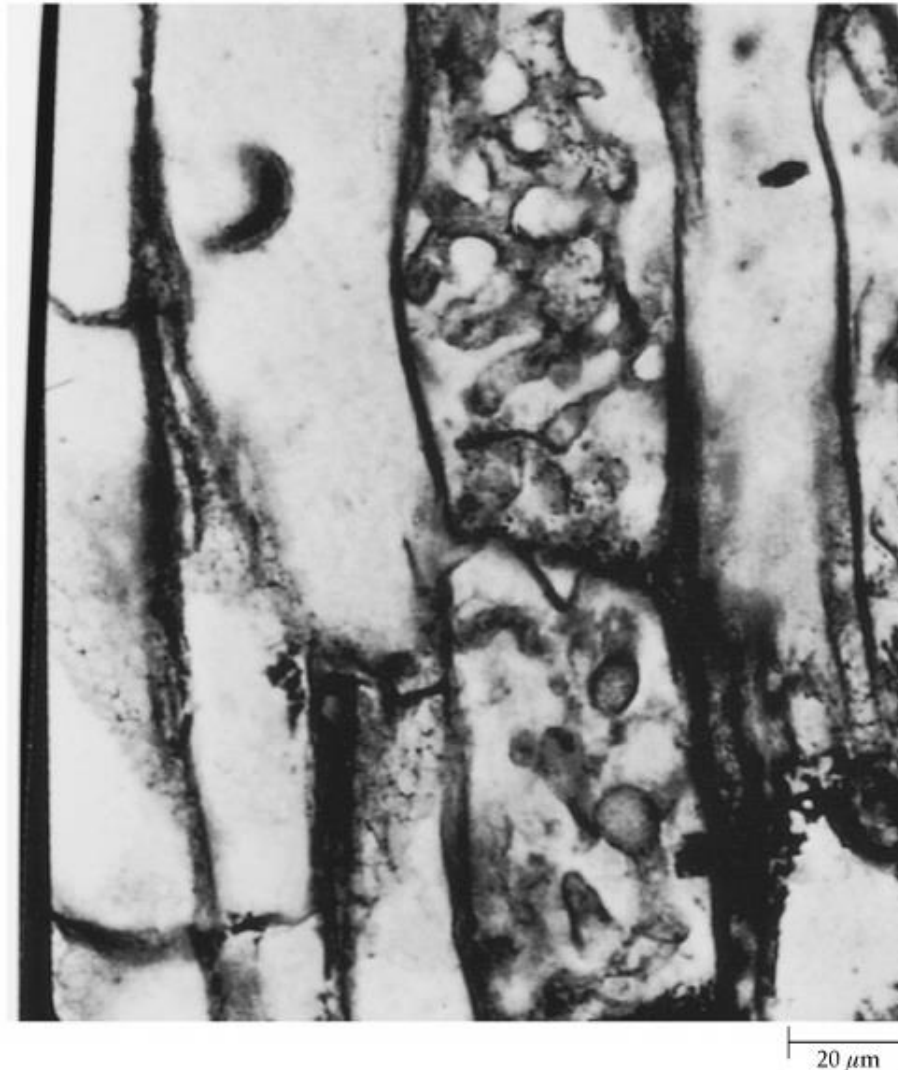
(a)



(b)

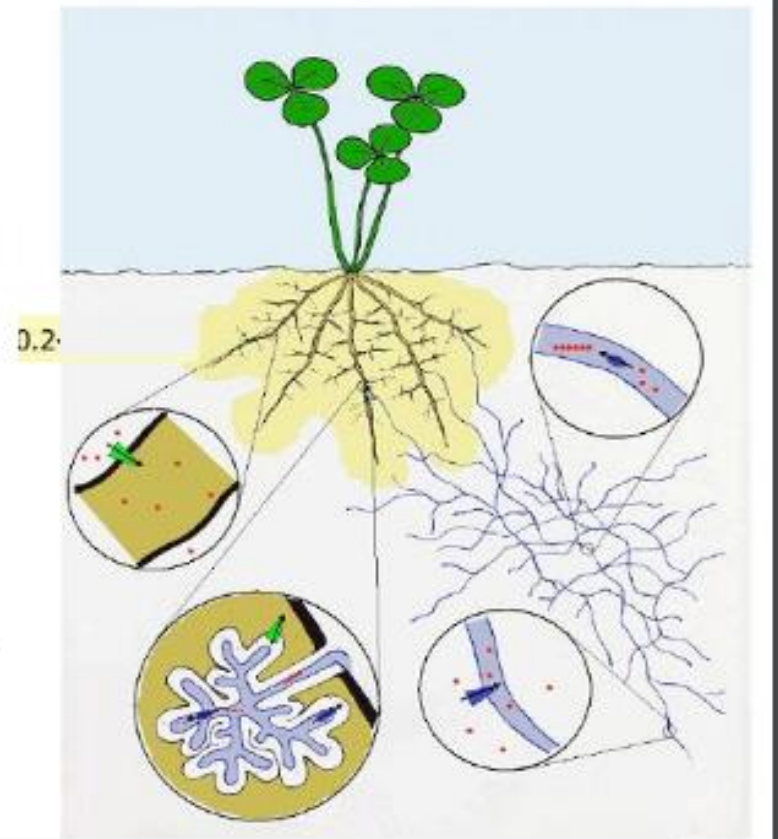


Endomicorrize, sono evidenti gli arbuscoli e le vescicole intracellulari in una radice di gimnosperma



## FOSFORO

- Le endomicorrize sono particolarmente importanti per il recupero del **fosforo (P)**, elemento essenziale → 3-9x maggiore rispetto a radice non micorrizzata!!
- Nel suolo gli ioni fosfato sono scarsamente disponibili e poco mobili (0.1-0.2 mm) → immagazzinato attivamente nel vacuolo del fungo → scambio con la pianta.



**AZOTO (N)**, viene recuperato dal fungo micorrizico direttamente dalla materia organica presente nel suolo.

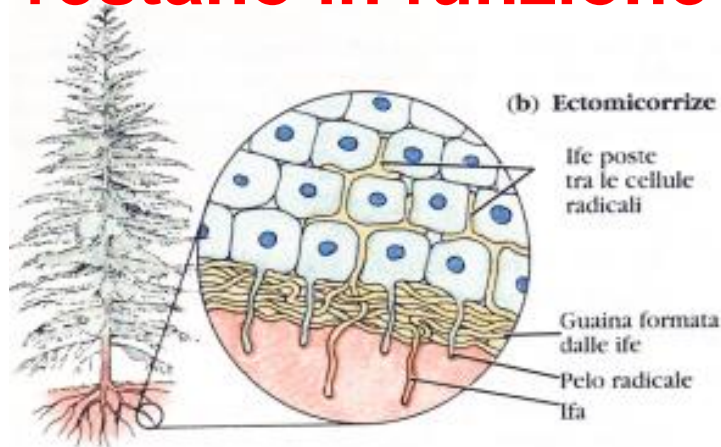
Aumento biodisponibilità N  $\leftrightarrow$  processi di demolizione extracellulare della sostanza organica, assorbimento di molecole organiche contenenti azoto operato sempre dal fungo.

Scambio di sostanze azotate tra fungo e pianta è più accentuata nelle ectomicorrize che nelle endomicorrize  $\rightarrow$  ectomicorrize delle Ericales



# Le ectomicorrize

- Le ife formano un mantello intorno alle radici, si accrescono tra le cellule dell'epidermide e della corteccia, ma non penetrano nelle cellule né si estendono oltre la corteccia.
- L'intreccio di ife che si sviluppa negli spazi intercellulari della radice è detto **RETICOLO DI HARTIG**.
- Vantaggio delle ectomicorrize: mentre le radici laterali non micorrizzate funzionano per un solo anno, le radici con micorrize **restano in funzione per più anni**



# Le ectomicorrize

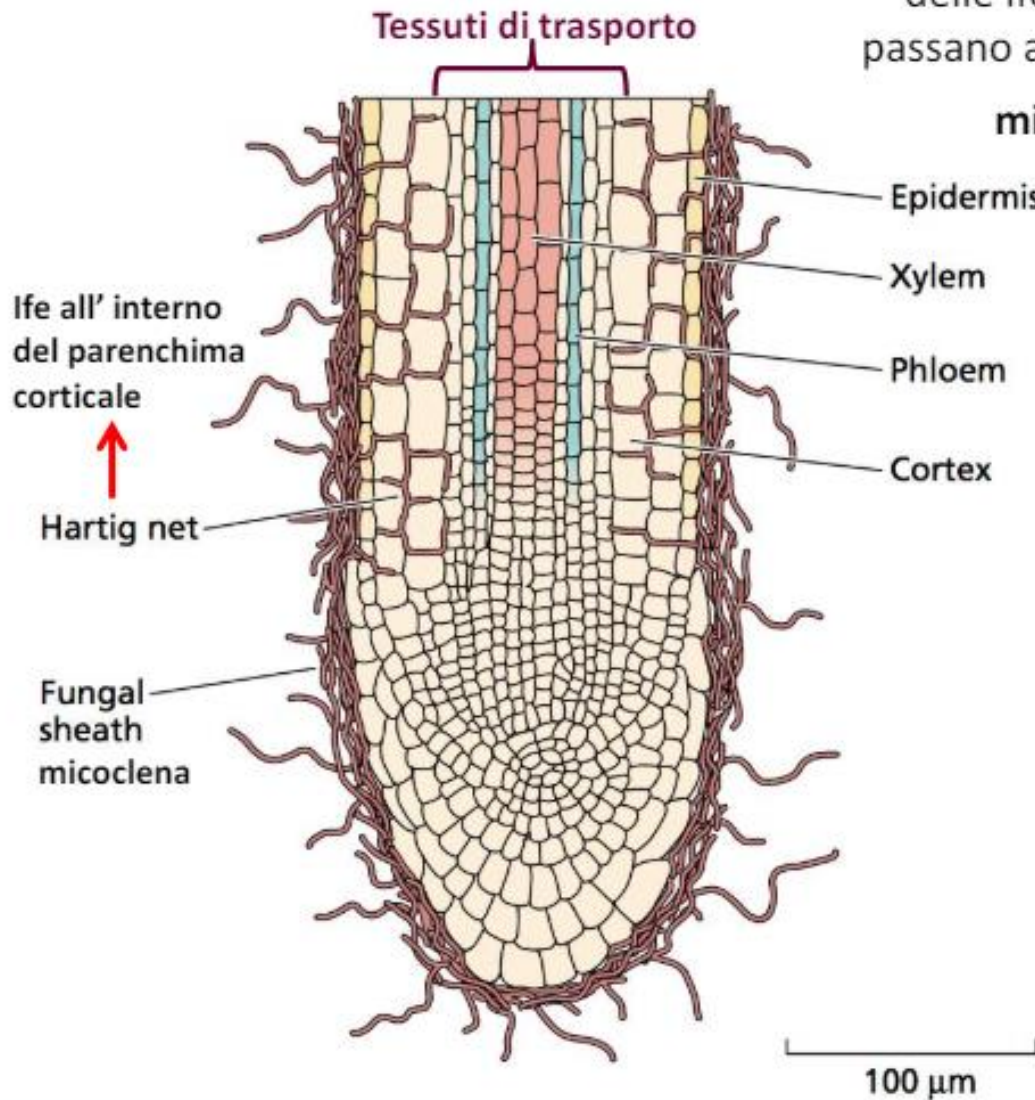




# ECTOMICORRIZA

**Interfaccia fungo-pianta:** pareti cellulari delle ife e delle cellule vegetali, le ife passano attraverso la lamella mediana.

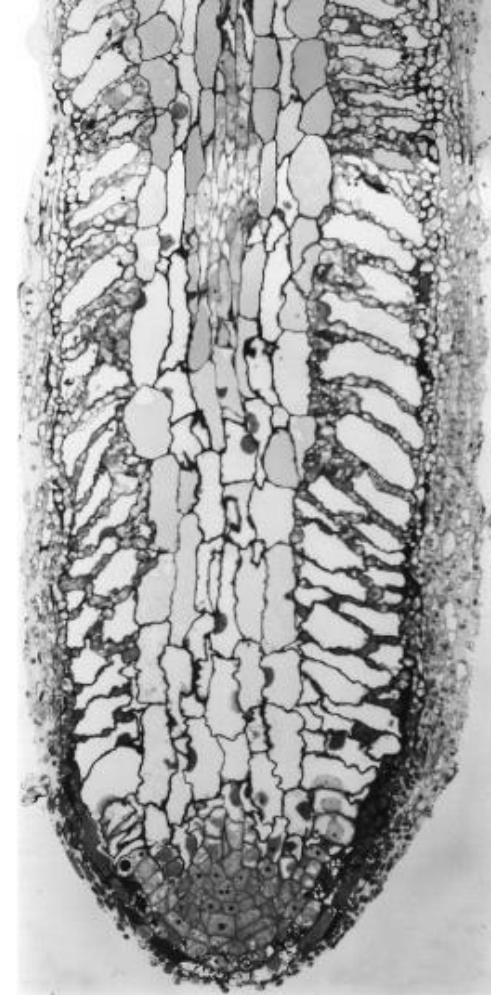
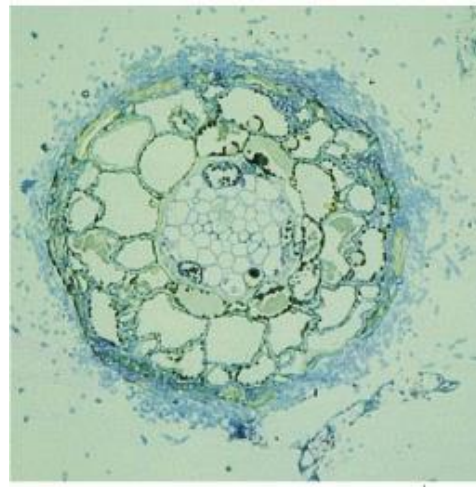
**micoclona:** mantello fungino che riveste ed è in contatto con l'epidermide della radice.



# Ectomicorrize: il fungo forma sulla superficie della radice una guaina di ife



# Ectomicorrize



## Ectoendomicorrize delle Pinaceae

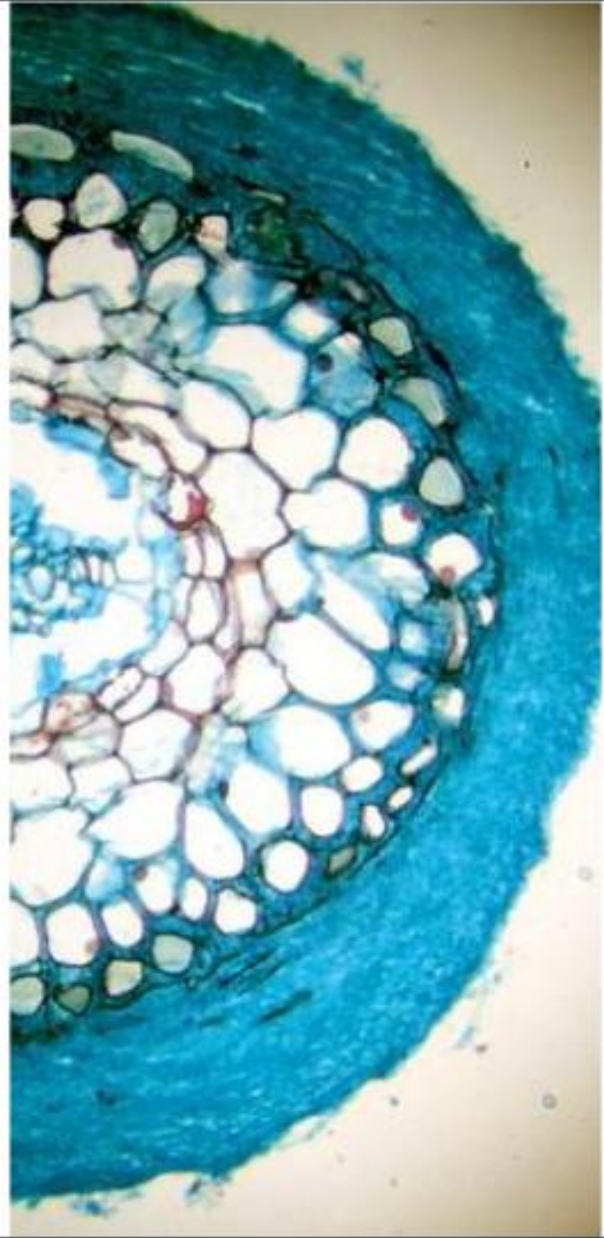
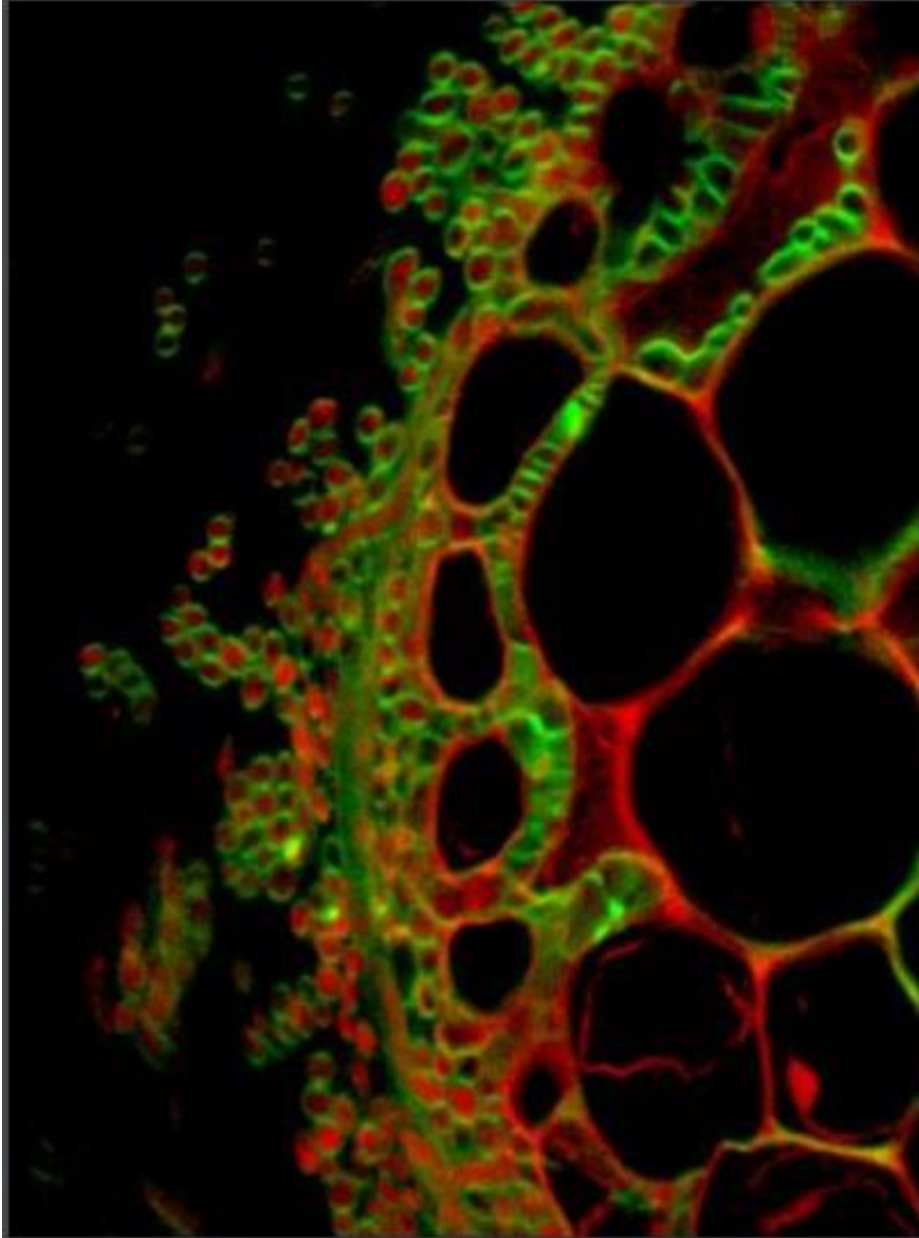


Il fungo si avvolge attorno alle radici più sottili del pino → caratteristica copertura ramificata e pallida.



(b)

50 μm



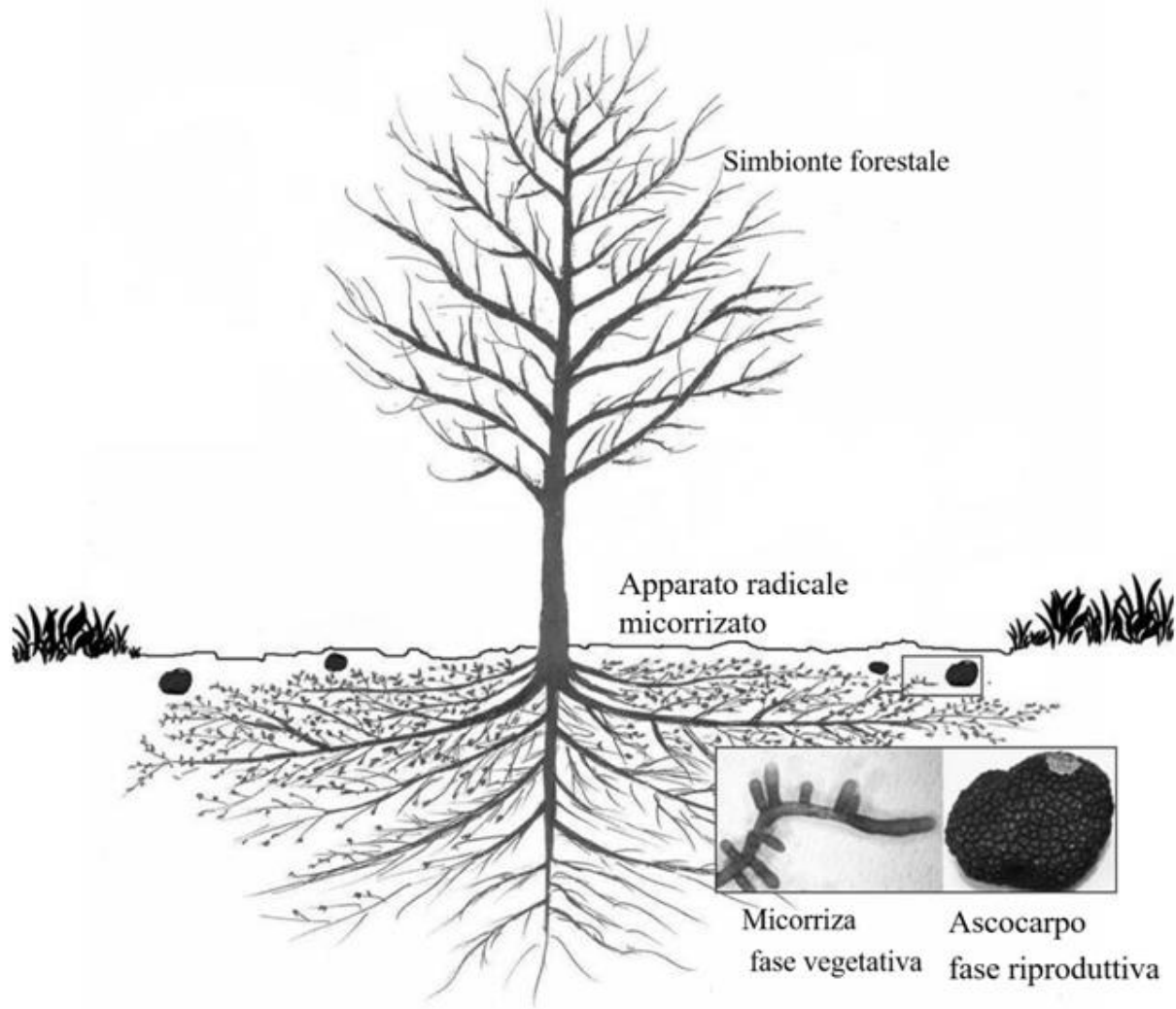


Immagine tratta dal manuale di tartuficoltura Regione Umbria e modificata

# Vantaggi delle micorrize

- Garantiscono una maggiore capacità di resistenza a stress idrici, squilibri termici e crisi da trapianto;
- Aumentano l'assorbimento dei nutrienti minerali (N, P, K, microelementi);
- Inducono una resistenza ai patogeni della radice e del colletto;
- Migliorano lo stato fitosanitario della pianta
- Aumentano la biomassa organica nel terreno, con conseguente aumento di produttività dei suoli agrari negli anni successivi

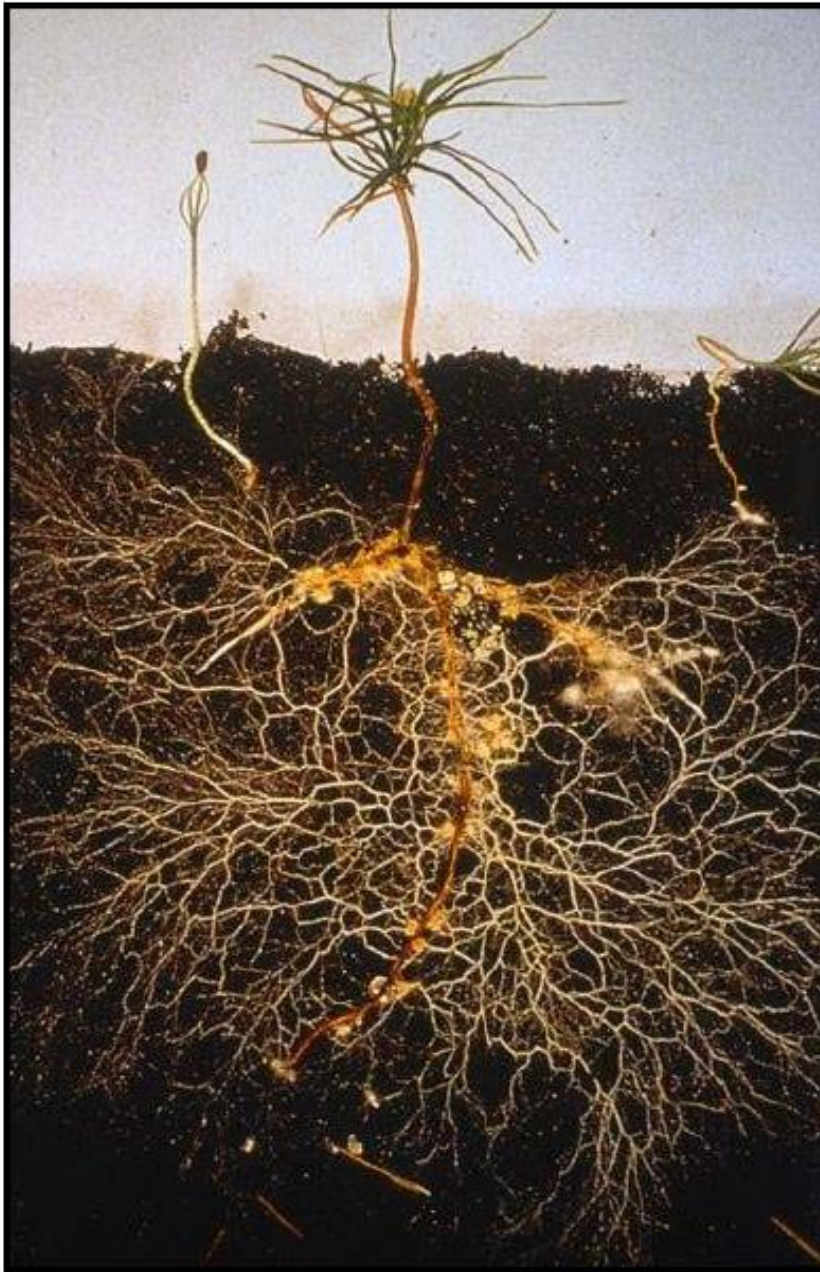
## “Effetto Rizosfera”

Le radici delle piante stimolano la crescita microbica nelle loro vicinanze

Il numero dei microrganismi del suolo attorno a loro aumenta di 50–100 volte

Il complesso radici–suolo dove il fenomeno si verifica viene definito “rizosfera”





La rizosfera contiene circa:

$10^{5-6}$  funghi

$10^{7-8}$  Batteri filamentosi che vivono  
da saprofiti nel suolo  
(attinomiceti)

$10^{8-9}$  batteri

$10^{9-10}$  protozoi

$10^{9-10}$  alghe

per grammo di suolo!



## L'ottimizzazione del consorzio microbiologico della rizosfera .....

- Piante più sane e resistenti alle malattie, con maggiore capacità di assorbimento radicale;
- Maggiore resistenza agli attacchi dei nematodi;
- Maggiore estensione dell'apparato radicale e delle sue potenzialità di assorbimento;
- Esaltazione del profumo, della pigmentazione e delle qualità organolettiche della parti edule;
- Arricchimento del terreno in biomassa organica, (maggiore uniformità dello sviluppo vegetale; incremento della produzione negli anni successivi).

Alcuni Ricercatori hanno dimostrato l'incredibile somiglianza tra il funzionamento della rete Internet e di quella del "micelio" sotterraneo. L'esistenza di nodi e alberi hub capaci di riconoscere i propri figli genetici, nutrirti a grande distanza usando le ife dei funghi come se fossero vie di comunicazione.

Ecco il **Wood Wide Web**, come definito da Suzanne Simard, ecologa e studiosa di reti simbiotiche forestali canadese, l'incredibile rete fungina così soprannominata dalla rivista "Nature" che vive nel suolo in simbiosi con le radici trasferendo informazioni, acqua e nutrienti tra le piante.

<https://youtu.be/JilonHZfYSA>