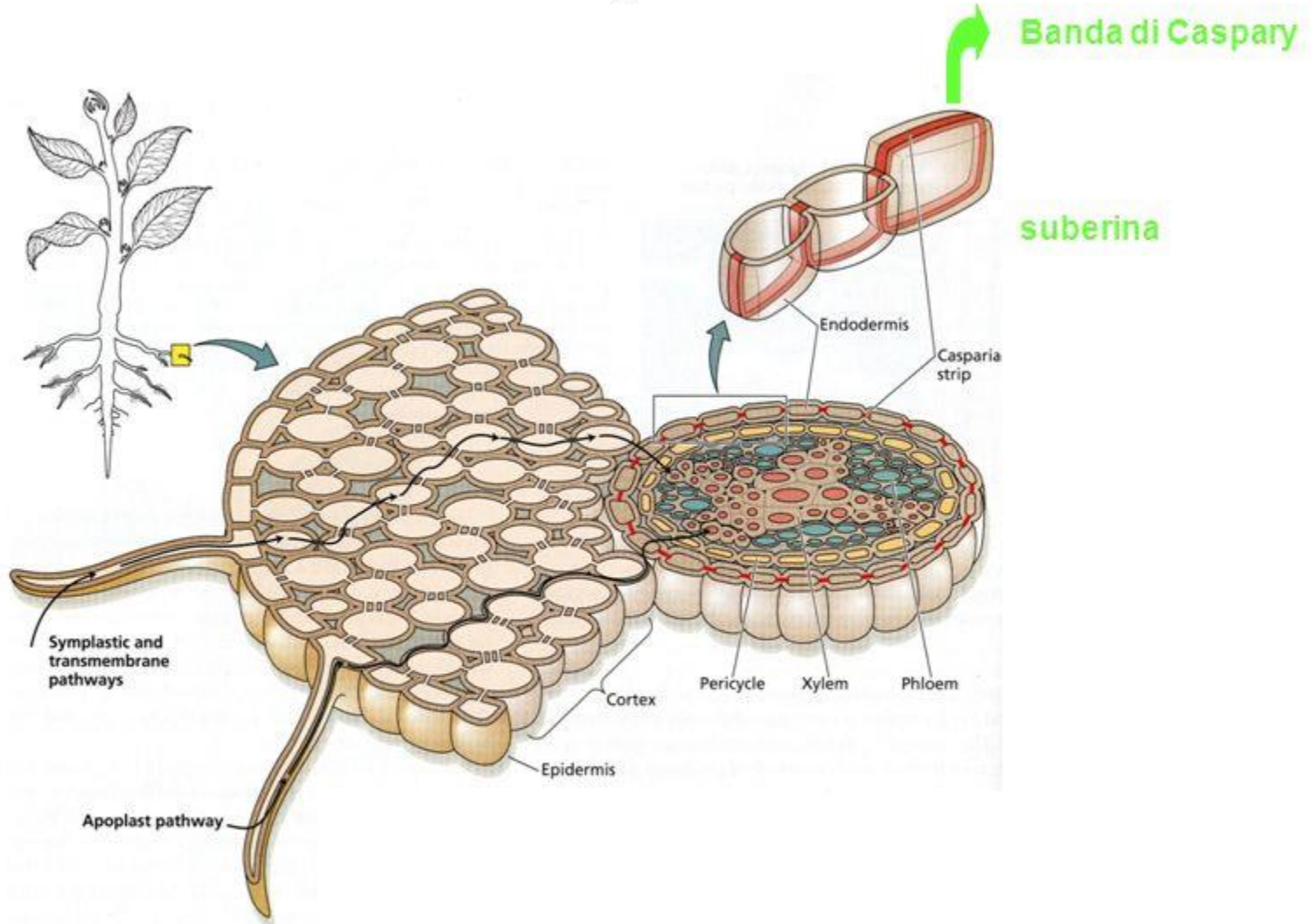


Assorbimento dell'H₂O dalle radici



Apoplastica

Transmembrana

simplastica

IL PERICICLO

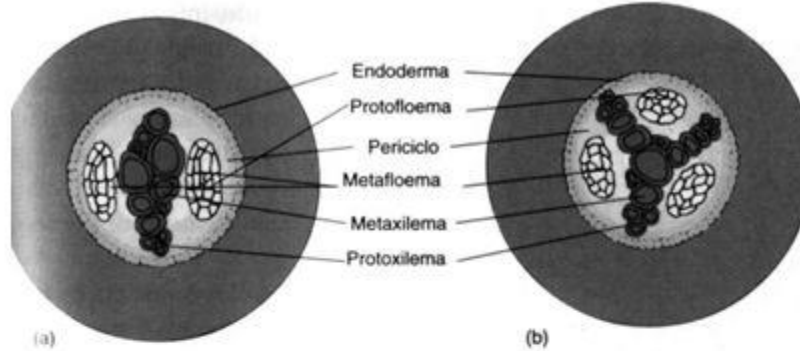
Nella corteccia delle radici delle piante con radici aeree può essere contenuta **clorofilla** e può avvenire la fotosintesi clorofilliana. Nelle radici di sostegno epigee nella corteccia si può trovare un tessuto di sostegno.

All'interno dell'**ENDODERMA** si trova un altro anello chiamato **PERICICLO** o **PERICAMBIO** che delimita il cilindro centrale dove si trovano i fasci vascolari. Il **PERICICLO** può essere uni o pluristratificato ed è molto importante ai fini dello sviluppo delle radici secondarie e di nuovo tessuto protettivo durante l'accrescimento secondario della radice.

IL CILINDRO CENTRALE

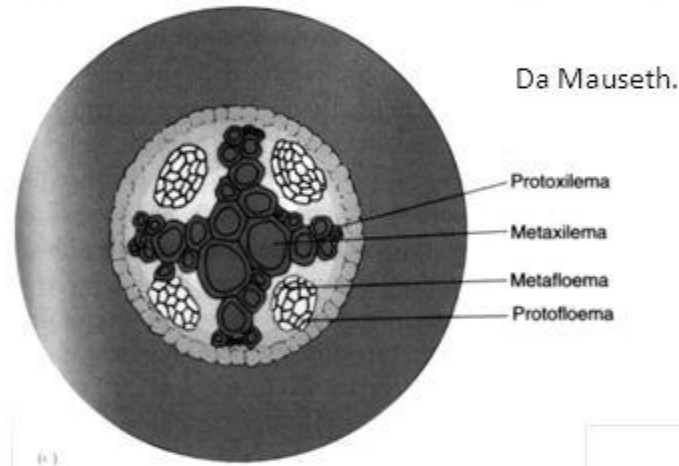
Nel cilindro centrale si trovano cellule di trasporto del **METAXILEMA** e del **METAFLOEMA**. Nella radice di solito lo **XILEMA** tende a localizzarsi al centro da cui si dipartono verso l'esterno dei raggi o cordoni detti **ARCHE**. Il **FLOEMA** forma anch'esso delle arche situate in posizione periferica, che in genere non vengono a contatto con le arche dello xilema. Questo tipo di organizzazione è detta radiale o **ATTINOSTELE**. Nelle Monocotiledoni i cordoni del floema e dello xilema tendono a localizzarsi in maniera alternata verso la periferia del cilindro centrale, mentre al centro di esso rimane un tessuto di tipo midollare

Radice biarca

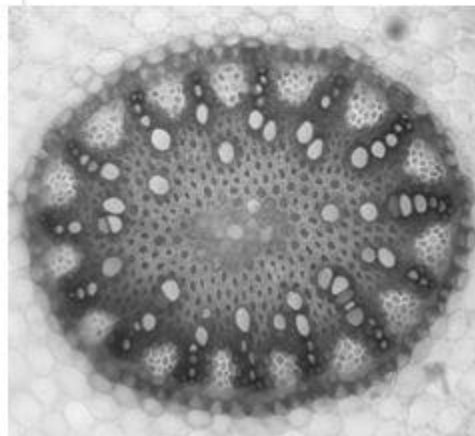


Radice triarca

Radice tetraarca



Radice poliarca



Dicotiledoni:

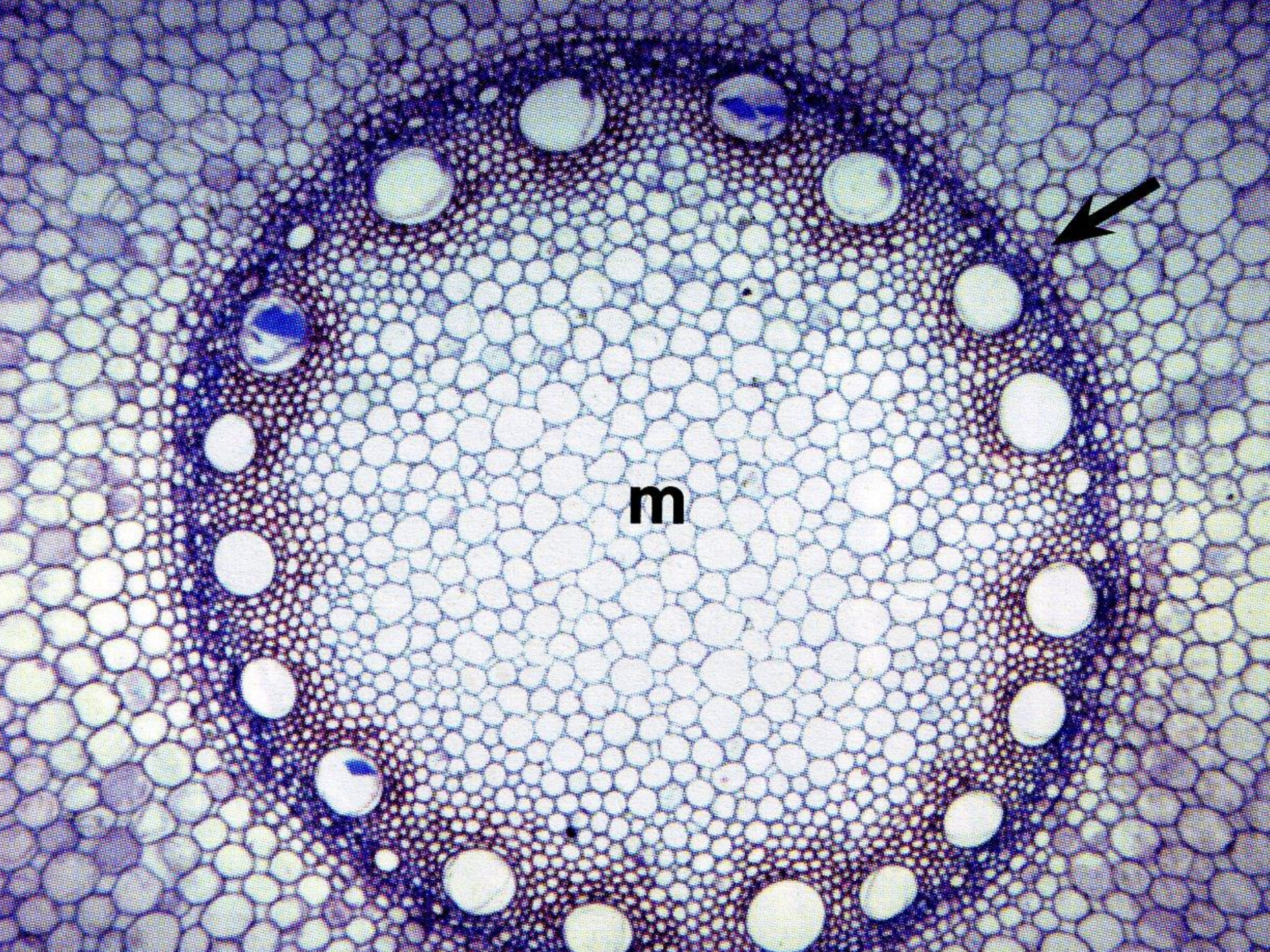
poche arche

Monocotiledoni:

tante arche

Disposizione dei tessuti vascolari all'interno della radice

A seconda del numero di arche di xilema presenti nel cilindro centrale le radici si differenziano in **MONARCA, DIARCA, TRIARCA, TETRARCA**, fino a **POLIARCA**.



m



L'ACCRESCIMENTO SECONDARIO

Le piante legnose presentano due tipi di accrescimento, quello **primario** che inizia con il germoglio e porta alla formazione, nel sistema caulinare, di foglie, fusti, gemme ascellari, fiori, frutti e semi e nel sistema radicale dei peli radicali che assorbono acqua e sali minerali. Quando la struttura primaria di una pianta legnosa invecchia al suo interno si origina il **cambio vascolare** che produce xilema e floema secondario dentro il fusto preesistente. Man mano che s'incrementa **l'accrescimento secondario** il floema primario, la corteccia e l'epidermide della struttura originaria vengono eliminati. I tessuti secondari non producono fiori o foglie, ma sono destinati a sviluppare uno scheletro vascolarizzato.

L'ACCRESIMENTO SECONDARIO

I tessuti prodotti dai **meristemi apicali** sono quelli primari, mentre i tessuti secondari sono prodotti dal **cambio vascolare e dal cambio subero fellodermico**. Il cambio vascolare è costituito da cellule iniziali fusiformi, che danno origine alle cellule allungate dello **xilema** e del **floema** secondari e da cellule iniziali radiali che producono le cellule del raggio.

Classificazione degli elementi nutritivi per i vegetali

Elementi ottenuti dall'acqua o dal biossido di carbonio

Elemento	Simbolo chimico	Concentrazione nella sostanza secca (%)
IDROGENO	H	6
CARBONIO	C	45
OSSIGENO	O	45

Classificazione degli elementi nutritivi per i vegetali

Macronutrienti contenuti nel suolo

Elemento	Simbolo chimico	Concentrazione nella sostanza secca (%)
AZOTO	N	1,5
POTASSIO	K	1
CALCIO	Ca	0,5
MAGNESIO	Mg	0,2
FOSFORO	P	0,2
ZOLFO	S	0,1
SILICIO	Si	0,1

Classificazione degli elementi nutritivi per i vegetali

Micronutrienti contenuti nel suolo

Elemento	Simbolo chimico	Concentrazione nella sostanza secca (ppm)
CORO	Cl	100
FERRO	Fe	100
BORO	B	20
MANGANESE	Mn	50
SODIO	Na	10
ZINCO	Zn	20
RAME	Cu	6
NICKEL	Ni	0,1
MOI IBDENO	Mo	0.1

Classificazione degli elementi nutritivi minerali in base alla loro funzione

NUTRIENTE	FUNZIONI
Gruppo 1 Nutrienti che costituiscono i composti organici vegetali	
N	Costituente di amminoacidi, proteine, nucleotidi, acidi nucleici, coenzimi
S	Costituente di metionina, cisteina, proteine, coenzima A, glutatione, biotina
Gruppo 2 Nutrienti importanti per l'accumulo di energia e per l'integrità	
P	Forma zuccheri fosfati, nucleotidi, coenzimi, fosfolipidi, acido fitico, ATP
Si	Si trova nelle pareti cellulari come silice amorfa, fornisce proprietà meccaniche
B	Complessa con mannitolo, mannano, acido polimannuronico nella parete cellulare
Gruppo 3 Nutrienti che rimangono in forma ionica	
K	Richiesto come cofattore da oltre 40 enzimi, catione principale per il turgore

Classificazione degli elementi nutritivi minerali in base alla loro funzione 3

NUTRIENTE	FUNZIONI
-----------	----------

Gruppo 3 Nutrienti che rimangono in forma ionica

Ca Costituente della lamella mediana delle pareti cellulari, cofattore di alcuni enzimi

Mg Costituente della clorofilla, richiesto da vari enzimi per il trasferimento del fosfato

Cl Richiesto nelle reazioni della fotosintesi coinvolte nella produzione di O₂

Mn Importante per l'attività di alcune deidrogenasi, decarbossilasi, chinasi, ossidasi

Na Coinvolto nella rigenerazione del fosfenolpiruvato nelle piante C₄ e CAM

Gruppo 4 Nutrienti coinvolti nelle reazioni di ossidoriduzione

Fe Costituente di citocromi e ferropoteine coinvolte nel processo fotosintetico, nella respirazione e nella fissazione dell'azoto

L'assorbimento degli ioni minerali da parte delle radici.

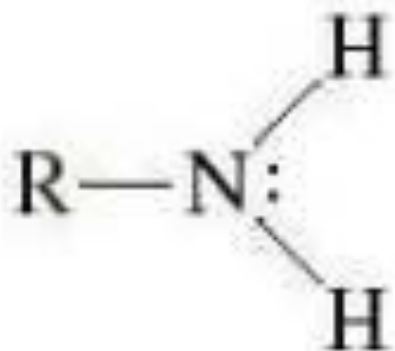
Esistono diverse evidenze che l'assorbimento degli elementi nutritivi avvenga soprattutto nella **zona apicale** delle radici, dove sono concentrati i peli radicali, che in varie specie rappresentano i siti più attivi nell'assorbimento **dei fosfati**. Tuttavia nutrienti come **potassio, nitrato** ed **ammonio** sembra che possano essere assorbiti da tutta la superficie della radice. In piante come l'orzo l'assorbimento del **calcio** sembrerebbe limitato alla regione apicale della radice.

AZOTO

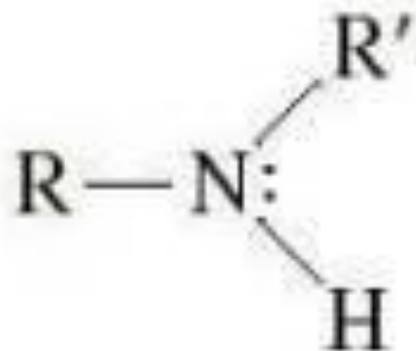
L'**azoto** rappresenta uno dei principali costituenti delle molecole organiche dove si trova in genere in forme molto ridotte ($-\text{NH}_2$). L'azoto è presente principalmente negli **amminoacidi**, dove si trova in forma **amminica**, **ammidica** o **imminica** e nelle basi azotate degli acidi nucleici. L'azoto contribuisce alla formazione dei legami idrogeno necessari per la formazione della struttura secondaria e terziaria delle proteine e di altre importanti macromolecole cellulari, quali il DNA e l'RNA.

Come **azoto amminico** ed **imminico** in molecole eterocicliche come il **pirrolo** e l'**imidazolo** esso lega (ligando) cationi come K^+ o contribuisce a complessare ioni metallici come Fe^{3+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} , ecc.

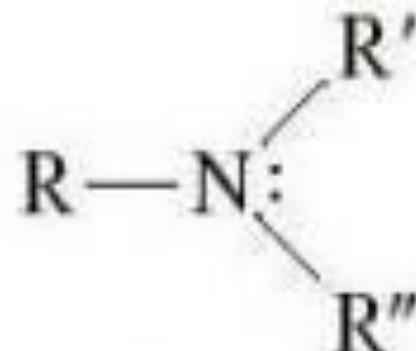
GRUPPO AMMINICO



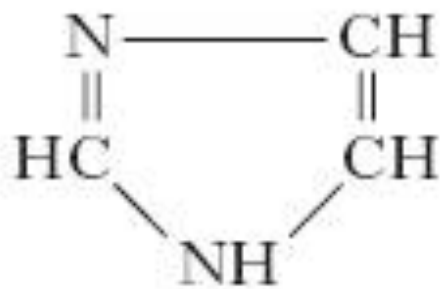
Ammina primaria



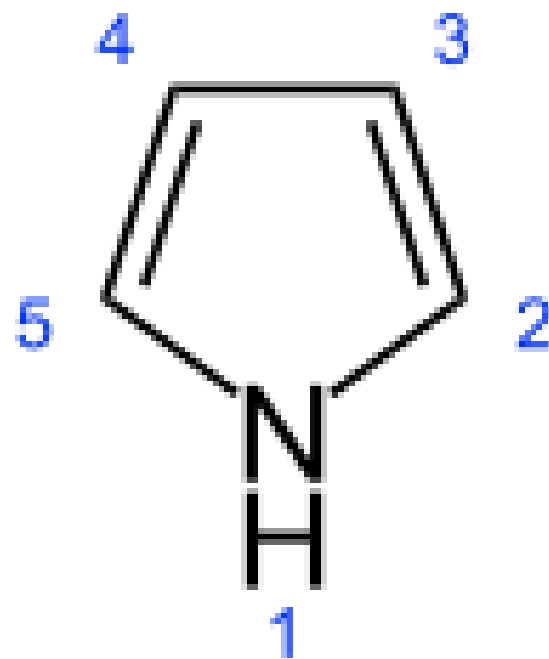
Ammina secondaria



Ammina terziaria



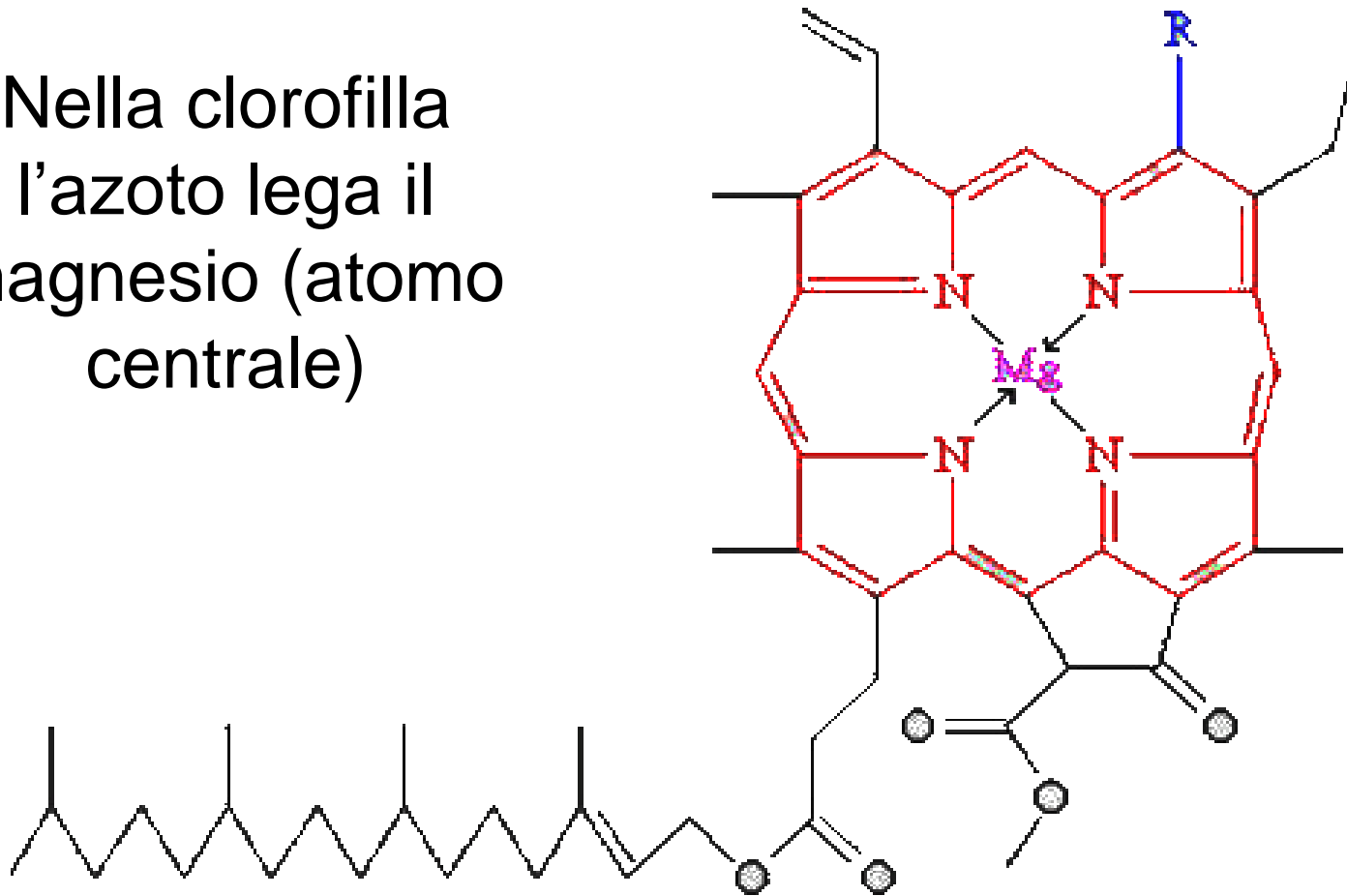
IMIDAZOLO



PIRROLO

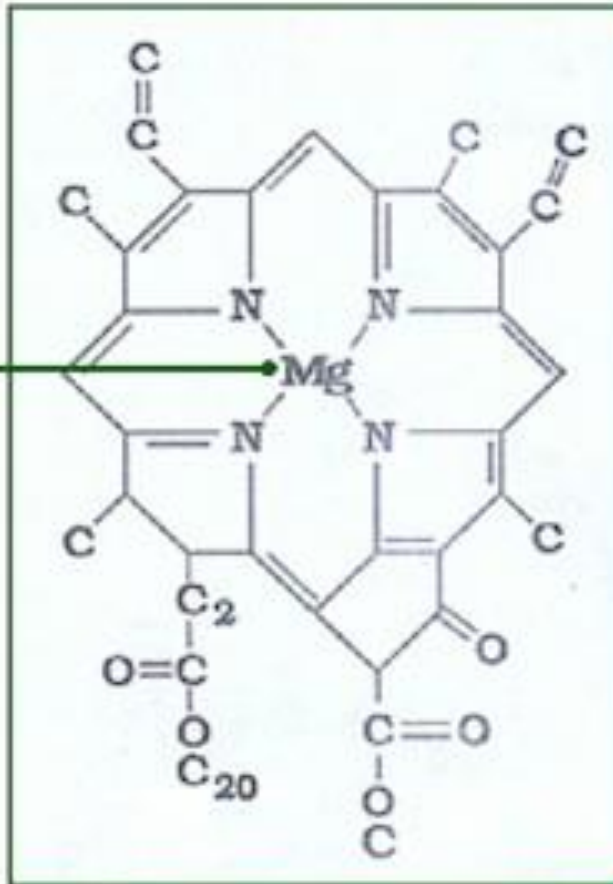
PORFIRINA (CLOROFILLA) CON ANELLO TETRAPIRROLICO

Nella clorofilla
l'azoto lega il
magnesio (atomo
centrale)



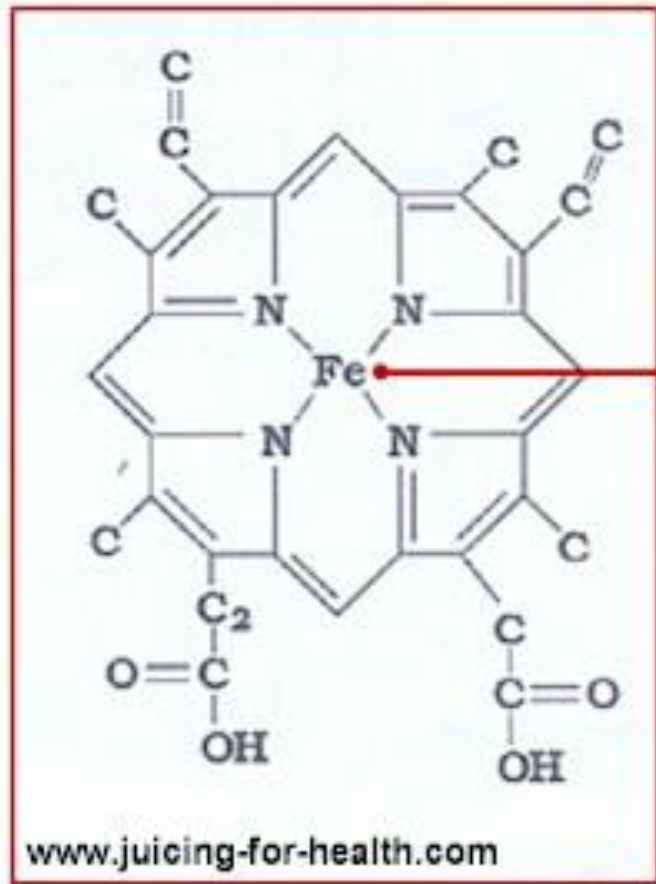
PORFIRINE

Magnesium



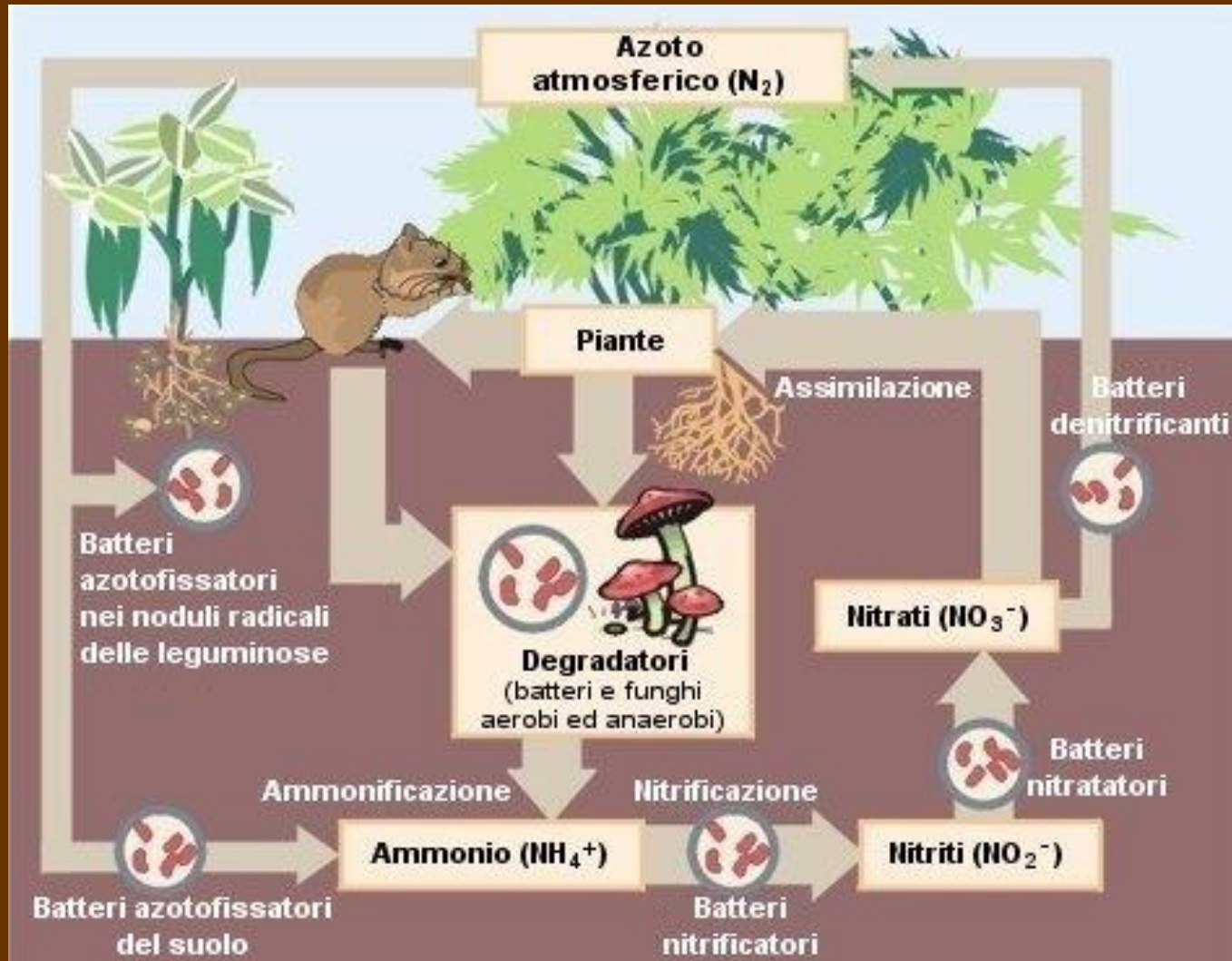
Chlorophyll

Iron

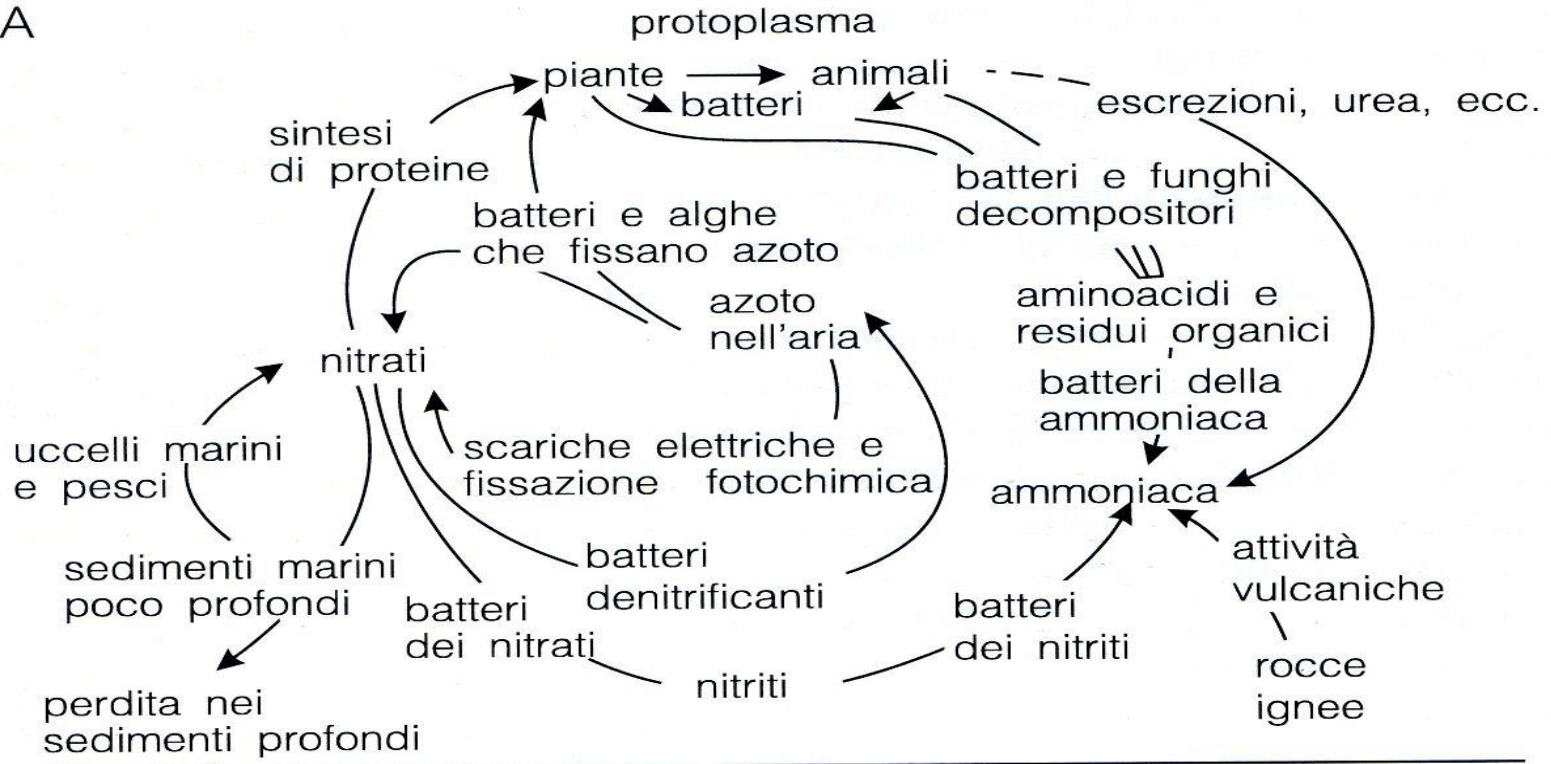


Hemoglobin

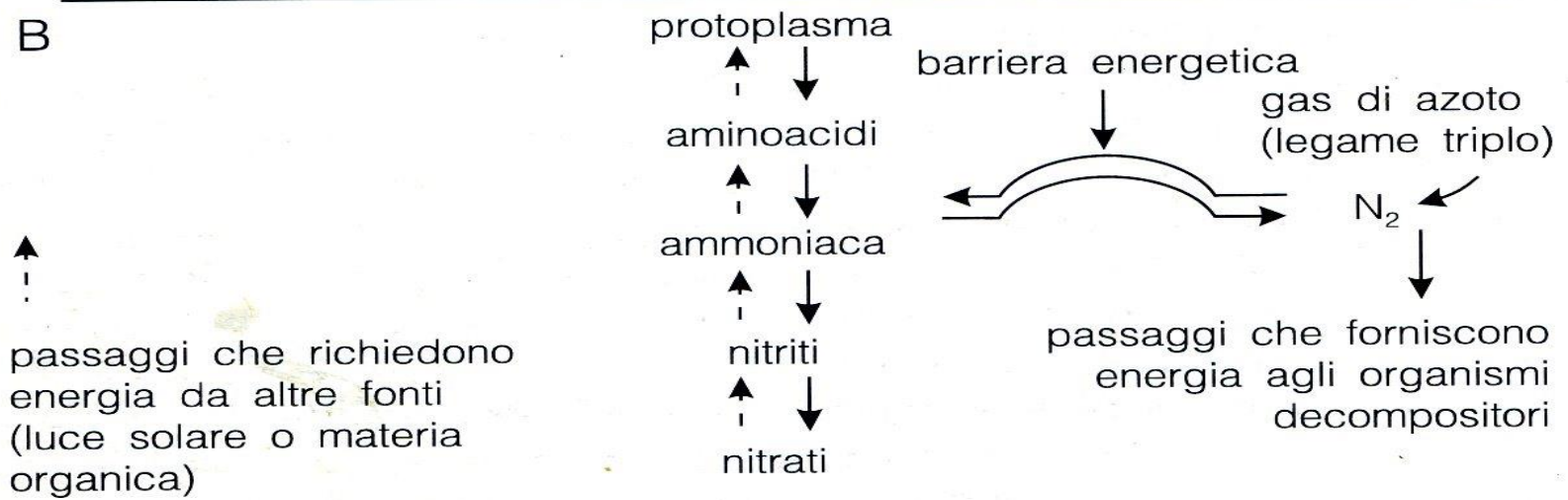
Ciclo biogeochimico dell'azoto



A



B



AZOTO

Nelle piante coltivate sono note carenze di azoto che possono essere corrette mediante concimi biologici o chimici. Nei luoghi dove la fertilizzazione azotata è eccessiva, come presso le stalle, si sviluppa la **flora nitrofila** come l'ortica, i romici ed i chenopodi che accumulano **nitrate (NO_3^-)** nei vacuoli fogliari

CHENOPODIUM BONUS HENRICUS



AZOTOFISSAZIONE

Con la fissazione dell'azoto atmosferico o azotofissazione l'azoto molecolare N_2 viene ridotto grazie l'enzima nitrogenasi ad azoto ammonico NH_4 . Questo è successivamente utilizzato per produrre amminoacidi, proteine, acidi nucleici, vitamine, etc.



L'idrogeno proviene dall'ossidazione dei carboidrati dalla quale proviene anche l'ATP

Microrganismi azotofissatori non simbiotici comprendono batteri appartenenti ai generi *Clostridium* (anaerobi) ed *Azotobacter* (aerobi) sono presenti nel suolo.

Microrganismi azotofissatori simbiotici sono le specie appartenenti al genere *Rhizobium* come *Rhizobium leguminosarum*, Attinomiceti appartenenti al genere *Frankia* come *Frankia alni*, presenti in radici laterali particolari definite actinorrize presenti negli ontani (*Alnus*)

Azotofissazione

I batteri appartenenti al genere *Rhizobium* si stabiliscono nelle radici della pianta ospite dalla quale attingono composti organici e sali minerali cedendo in cambio composti azotati

Rhizobium riesce a fissare 100 mg di azoto per grammo di peso secco di colonia batterica insediata nella radice.

Quando la pianta muore i composti azotati prodotti vengono ceduti al suolo

I batteri del genere *Rhizobium* necessitano della presenza nel suolo di elementi come Ca, P, Mo, B, Fe. Se il suolo oltre ad essere carente di azoto manca di questi oligoelementi le piante che vivono in simbiosi con questi batteri non possono svilupparsi.

Su questi suoli più poveri possono svilupparsi specie vegetali che stabiliscono simbiosi radicali con Attinomiceti, come l'ontano e l'olivello spinoso (*Hyppophae rhamnoides*)

Le specie del genere *Cycas* ospitano Cianobatteri azotofissatori appartenenti ai generi *Nostoc* ed *Anabaena* in particolari radici superficiali coralloidi.

Azotofissazione

I batteri appartenenti al genere *Rhizobium* vivono in simbiosi con le radici delle leguminose (*Fabaceae*).

Questi batteri hanno forma di bastoncino, sono mobili, aerobi, si nutrono di organismi in via di decomposizione, vengono definiti autotrofi facoltativi per l'azoto.

Se non entrano in relazione con la pianta questi batteri non sono in grado di effettuare l'azotofissazione.

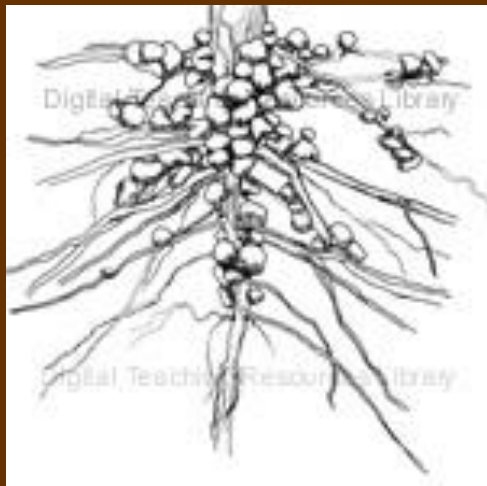
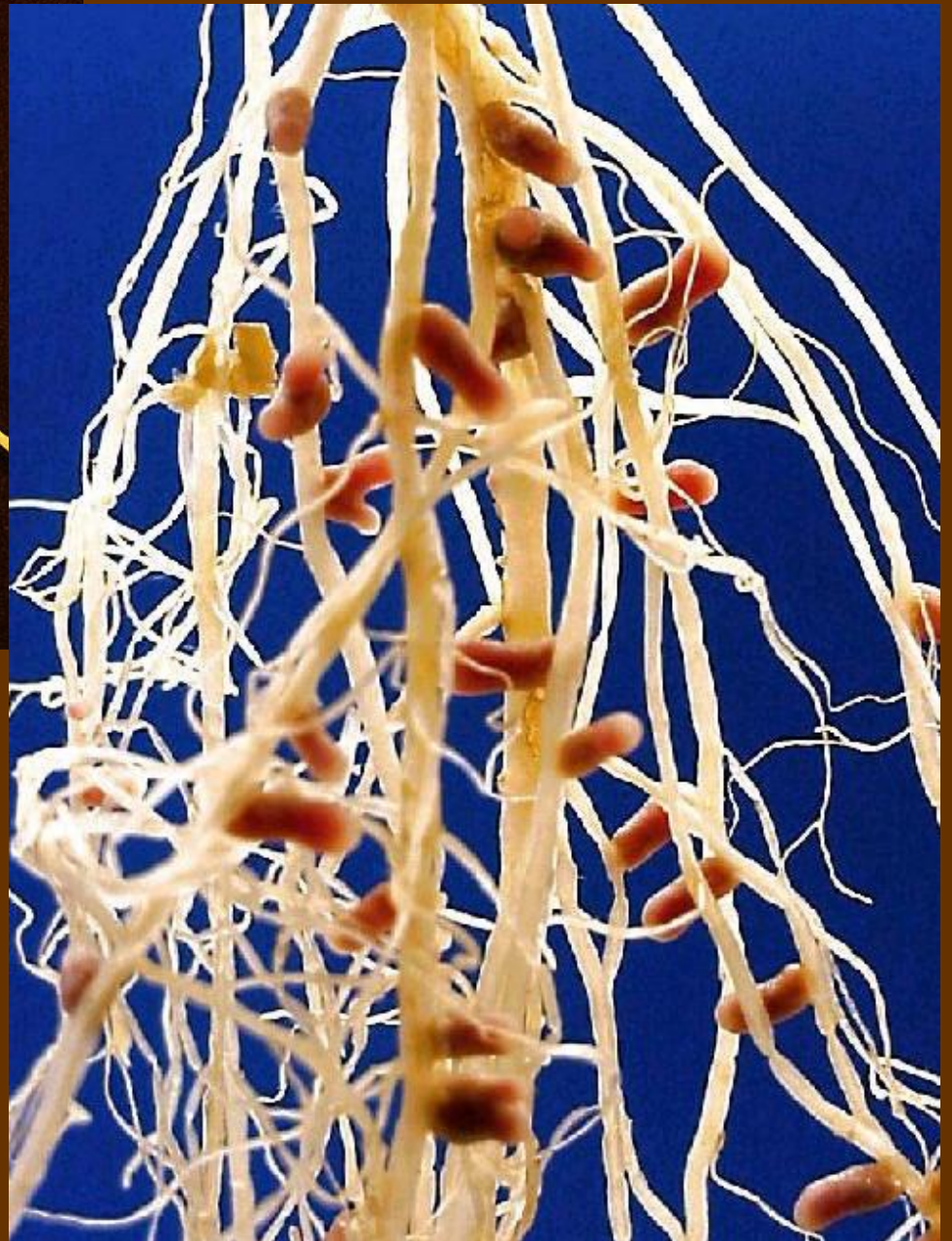
Il genere *Rhizobium* comprende 16 specie che vivono in simbiosi con leguminose erbacee in suoli che presentano diverso grado di pH.

Il genere *Bradyrhizobium* vive in simbiosi con leguminose arboree o arbustive a lenta crescita.

La famiglia delle *Rhizobiaceae* comprende 62 specie.

Il riconoscimento della pianta ospite da parte dei batteri avviene grazie al rilascio di **flavonoidi** da parte della radice

Dopo il riconoscimento i batteri iniziano a sintetizzare un ormone attivo sul tessuto della radice.



Rhizobium

Azotofissazione

- Per effetto di questo ormone viene stimolato lo sviluppo dei peli radicali che costituiscono una sorta di canale d'infezione attraverso cui transitano i batteri riproducendosi attivamente.
- Quando all'interno della radice si raggiungono densità di 15000 -20000 batteri per cellula vegetale la pianta inibisce un ulteriore aumento dei batteri.
- Quando i batteri entrano in simbiosi vengono rivestiti da una membrana plasmatica di origine vegetale tramite la quale entrano in stretta relazione con le cellule della pianta ospite.
- I batteri divengono **batteroidi**.
- In questa situazione subiscono alcune modificazioni, il loro volume aumenta fino a 30 volte, si formano strutture per la fissazione dell'azoto costituite da **amiloplasti**, i batteri cessano di riprodursi.
- Quando i batteri iniziano a fissare l'azoto grazie alla **nitrogenasi**, l'ossigeno presente, che inibisce il processo, viene legato dalla **legghemoglobina** sintetizzata in parte dai **batteroidi** ed in parte dalle cellule vegetali.