

**FACOLTA' DI BIOSCIENZE E TECNOLOGIE AGRO-ALIMENTARI E
AMBIENTALI**

**CORSO DI STUDI IN SCIENZE E TECNOLOGIE
ALIMENTARI**

**CORSO DI STRUTTURA E FUNZIONI
DEGLI ORGANISMI VEGETALI**

Dr. Nicola Olivieri

Lezione n. 4 terza parte

ARGOMENTO: LA RADICE

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 particolarmente favorevole allo sviluppo di queste associazioni.

ASSOCIAZIONI RADICALI

Queste associazioni 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.

In ogni caso l'area circostante alla radice costituisce una regione biologicamente distinta che è stata definita RIZOSFERA che è abitata da microrganismi specializzati ed in cui hanno luogo scambi di sostanze

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 anche sostanze dette 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.**

ASSOCIAZIONI RADICALI

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 GEOTRPIISMO POSITIVO, si orientano infatti verso il centro di gravità. Le radici rispondono in maniera accentuata anche a differenze nel contenuto di acqua degli strati del terreno e questo può indurre le radici a compiere movimenti di tipo condizionato verso l'alto o verso il basso.

RADICI A CONTRAFFORTE



RADICI COLONNARI



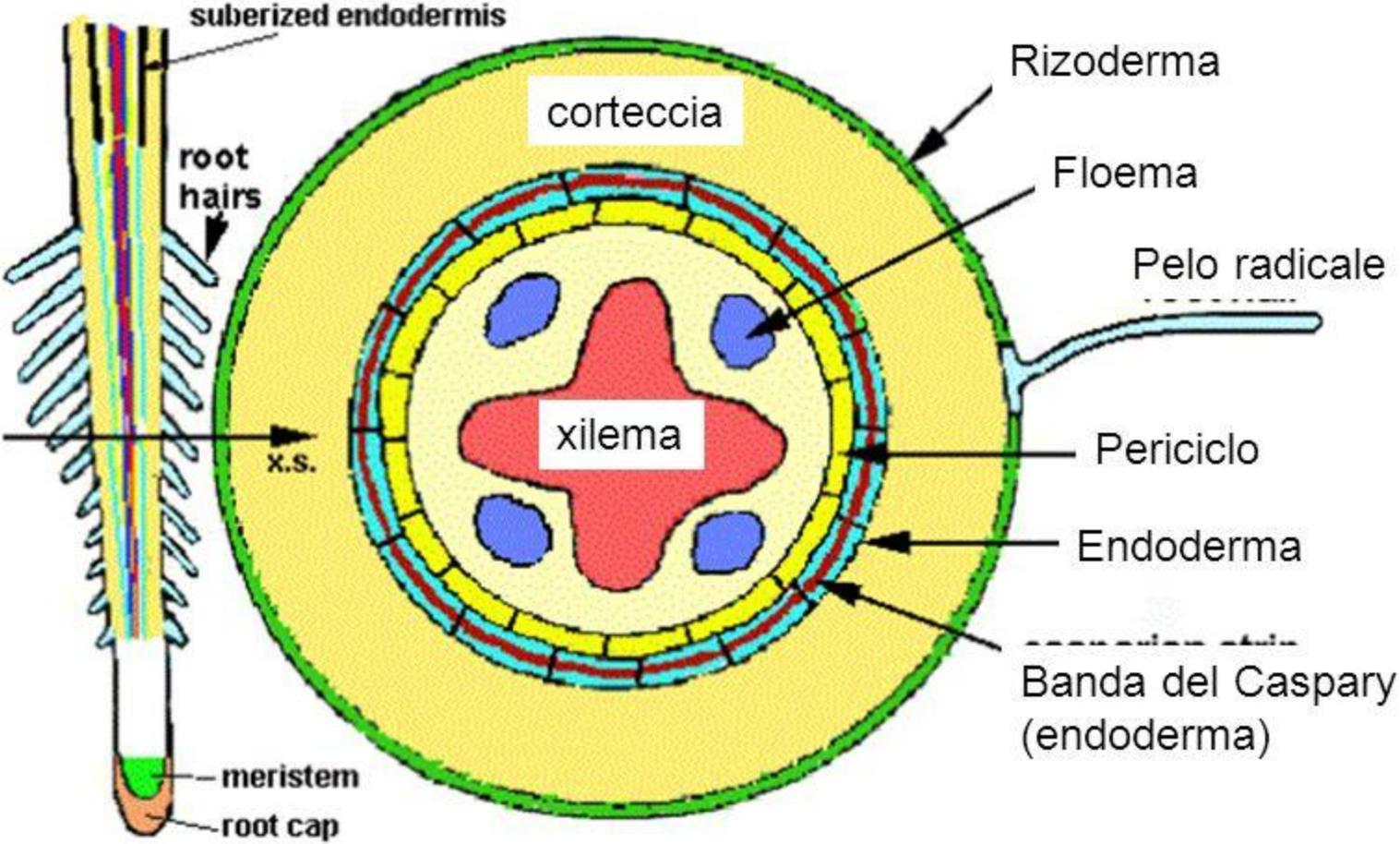
LA STRUTTURA INTERNA DI UNA RADICE

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, ben e evidenti 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.

SCHEMA DELLA STRUTTURA INTERNA DI UNA RADICE GIOVANE



II RIZODERMA

II 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

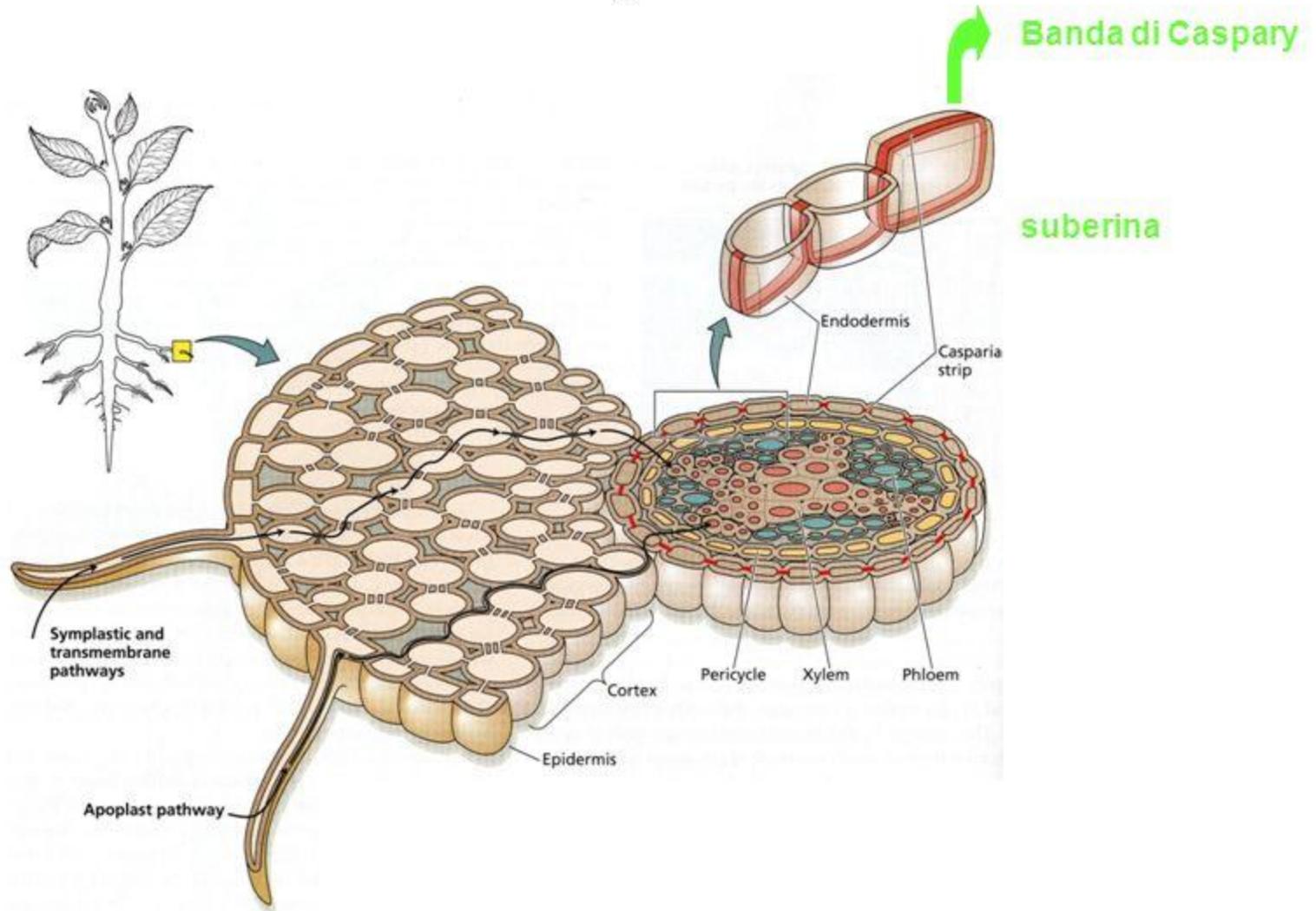
Le BANDE DEL CASPARY controllano i sali minerali che dal suolo attraverso il RIZODERMA, i peli e la corteccia entrano con il flusso dell'acqua assorbita nello XILEMA e raggiungono tutta la pianta. Le BANDE DEL CASPARY, costituite da tessuto impermeabile impediscono il passaggio degli ioni per via APOPLASTICA. 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 modo viene bloccato il passaggio di ioni e composti tossici presenti nel suolo.

Assorbimento dell'H₂O dalle radici

Apoplastica

Transmembrana

simplastica



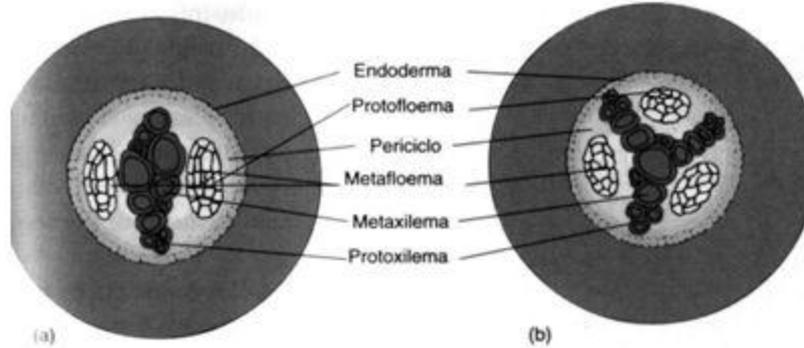
IL PERICICLO

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 ai fini dello sviluppo delle radici secondarie e di nuovo tessuto protettivo durante l'accrescimento secondario della radice.

IL CILINDRO CENTRALE

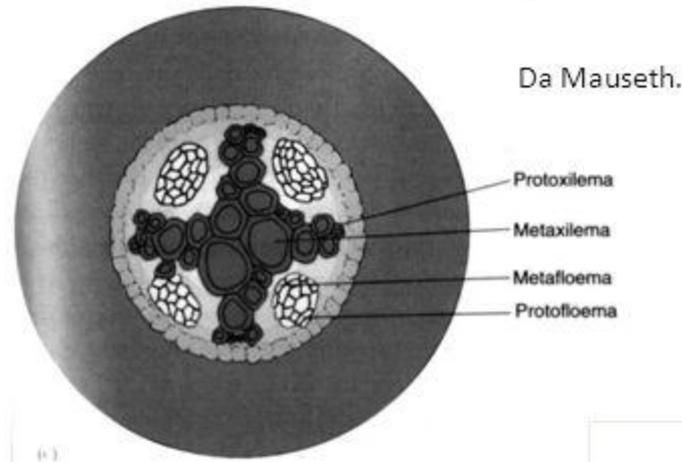
Nel cilindro centrale si trovano cellule di trasporto del METAXILEMA e del METAFLOEMA. Nella radice di solito lo XILEMA tende a localizzarsi al centro da cui si dipartono verso l'esterno dei raggi o cordoni detti ARCHE. Il FLOEMA forma anch'esso delle arche situate in posizione periferica, che in genere non vengono a contatto con le arche dello xilema. Questo tipo di organizzazione è detta radiale o ACTINOSTELE. 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

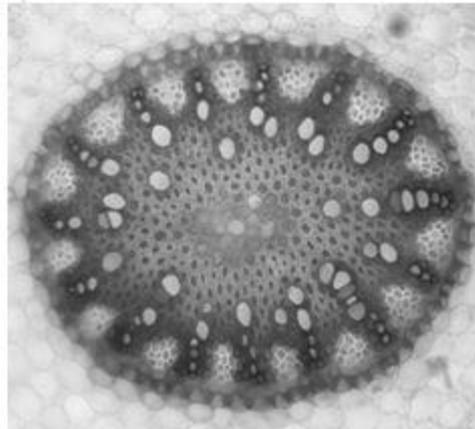


Radice triarca

Radice tetrarca



Radice poliarca



Dicotiledoni:

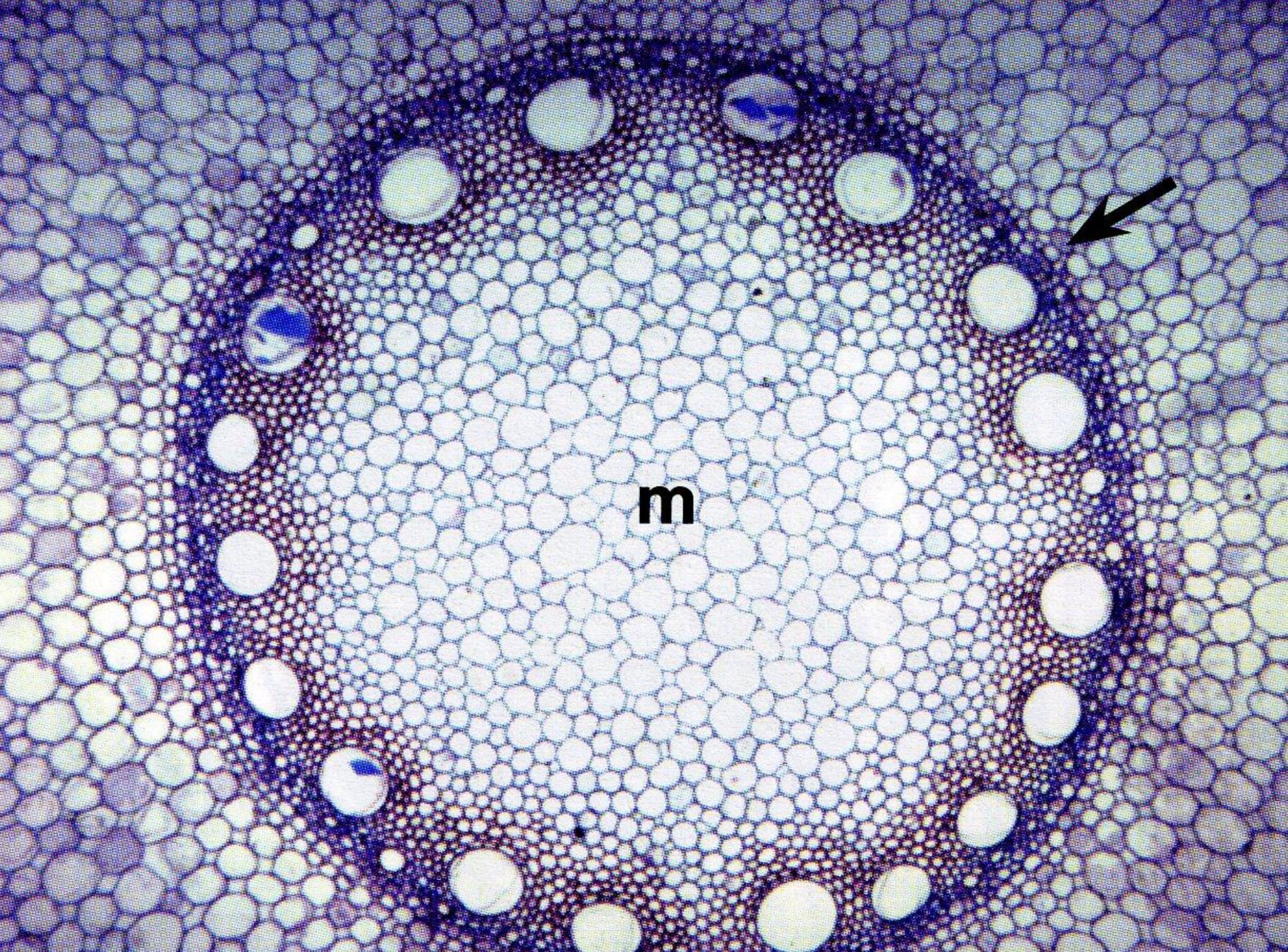
poche arche

Monocotiledoni:

tante arche

L'aspetto dei tessuti vascolari

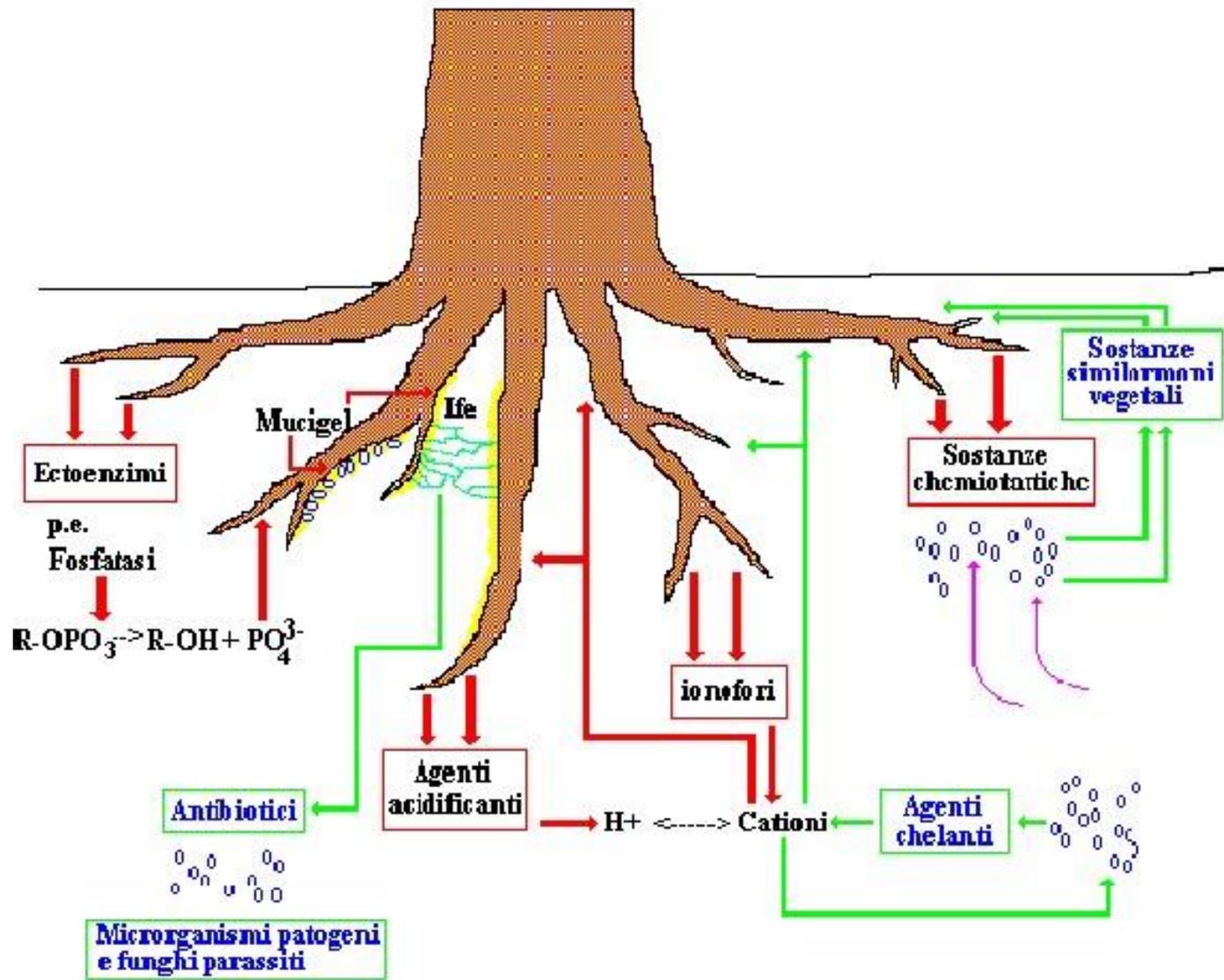
A seconda del numero di arche di xilema presenti nel cilindro centrale le radici si differenziano in MONARCA, DIARCA, TRIARCA, TETRARCA, fino a POLIARCA.



m



ATTIVITA' DELLE RADICI



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

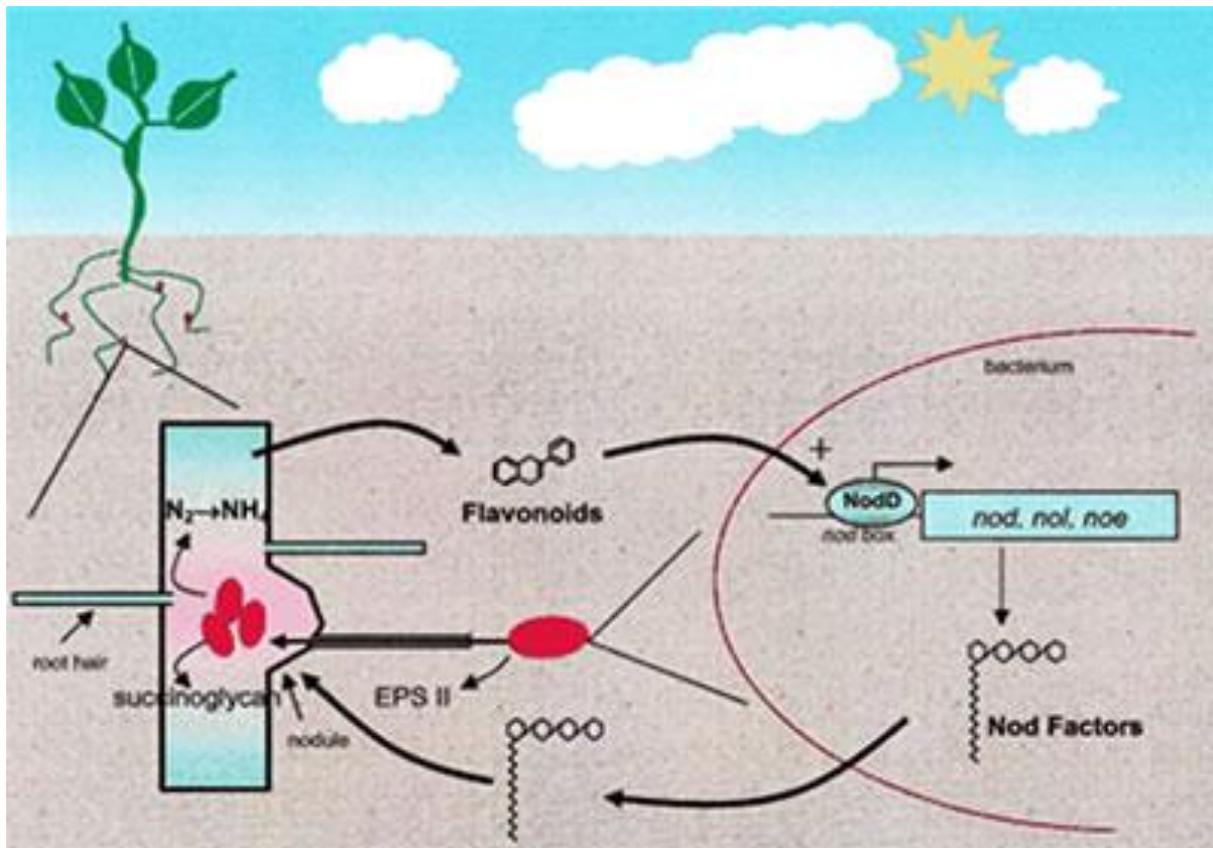
***Rhizobium* riesce a fissare 100 mg di azoto per grammo di peso secco di colonia batterica insediata nella radice.**

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.



Modello della simbiosi tra *Rhizobium* e leguminosa

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.

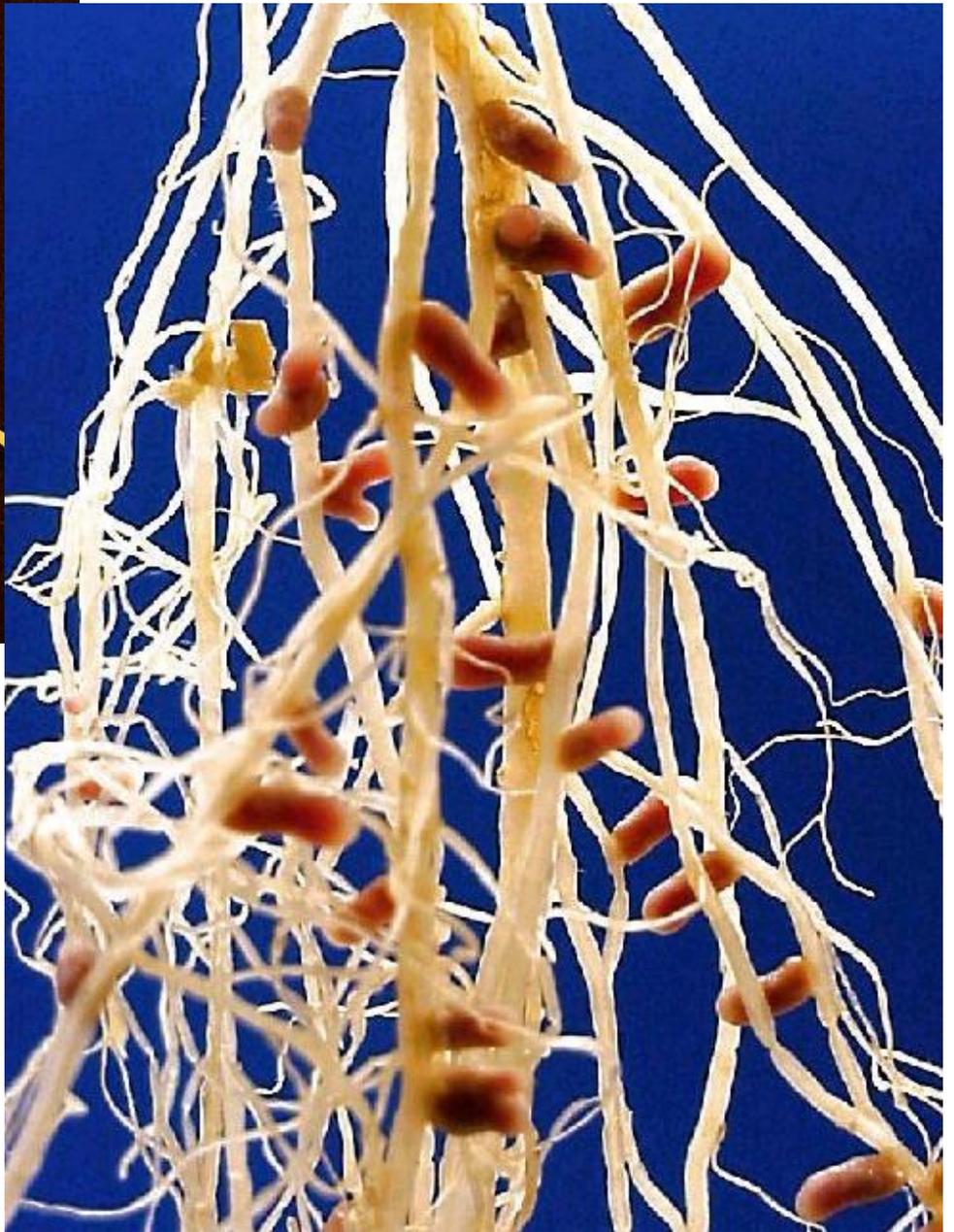
Il genere *Rhizobium* comprende 16 specie che vivono in simbiosi con leguminose erbacee in suoli che presentano diverso grado di pH.

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 leghemoglobina sintetizzata in parte dai batteroidi ed in parte dalle cellule vegetali.**