

Botanica Farmaceutica

Prof.ssa DANIELA DE VITA

Email: daniela.devita@uniroma1.it
Tel: 06-49912788

Prof. LUCA SANTI

Email: l.santi@uniroma1.it
Tel: 06-49912195

ISTOLOGIA VEGETALE



ISTOLOGIA

L'istologia vegetale è la disciplina che studia i tessuti (insieme di cellule) di cui gli organismi vegetali sono composti.

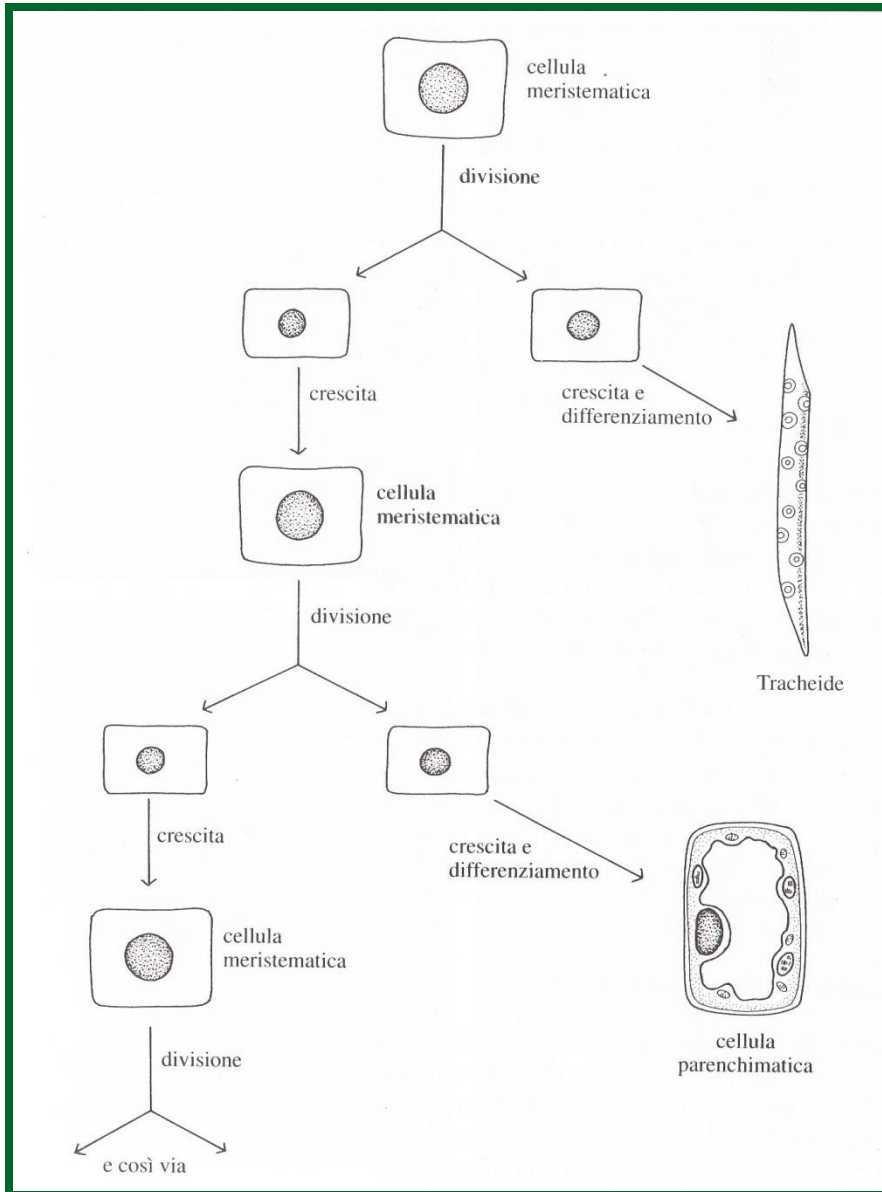
I tessuti vegetali sono distinti in:

MERISTEMATICI

I tessuti meristematici (primari) derivano direttamente dal tessuto embrionale e sono composti da cellule indifferenziate, che continuano a dividersi per tutta la vita della pianta.

DEFINITIVI O ADULTI

sono composti da cellule adulte differenziate, derivanti dalla divisione di cellule meristematiche



Ogni cellula meristemica si divide per mitosi generando due cellule figlie. Ogni cellula figlia può poi:

1. Perdere la capacità di dividersi e differenziarsi in una cellula adulta
2. Oppure rimanere cellula meristemica e dividersi nuovamente

TESSUTI MERISTEMATICI

sono composti da cellule meristematiche strettamente addossate le une alle altre e sono distinti in:

PRIMARI

composti da cellule che non hanno mai perso la capacità di dividersi.

Originano i tessuti primari, che nel loro insieme costituiscono il corpo primario della pianta.

SECONDARI

composti da cellule che formavano tessuti differenziati ed hanno riacquisito in un secondo tempo la capacità di dividersi.

Originano i tessuti secondari che nel loro insieme costituiscono il corpo secondario della pianta.

I TESSUTI MERISTEMATICI PRIMARI

sono responsabili della crescita in lunghezza della pianta e sono distinti in:

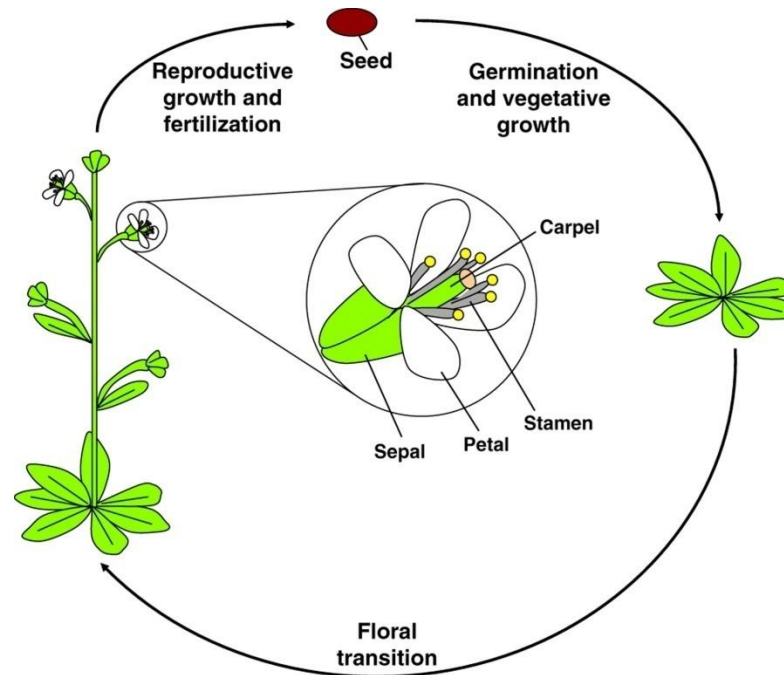
Meristemi Apicali:

- a) della radice;
- b) del fusto e delle sue ramificazioni, formati
 - o da un'unica cellula apicale (muschi, equiseti, maggior parte delle felci),
 - o da un gruppo di cellule omogenee (licopodi, maggior parte delle gimnosperme),
 - o da un gruppo di cellule eterogenee

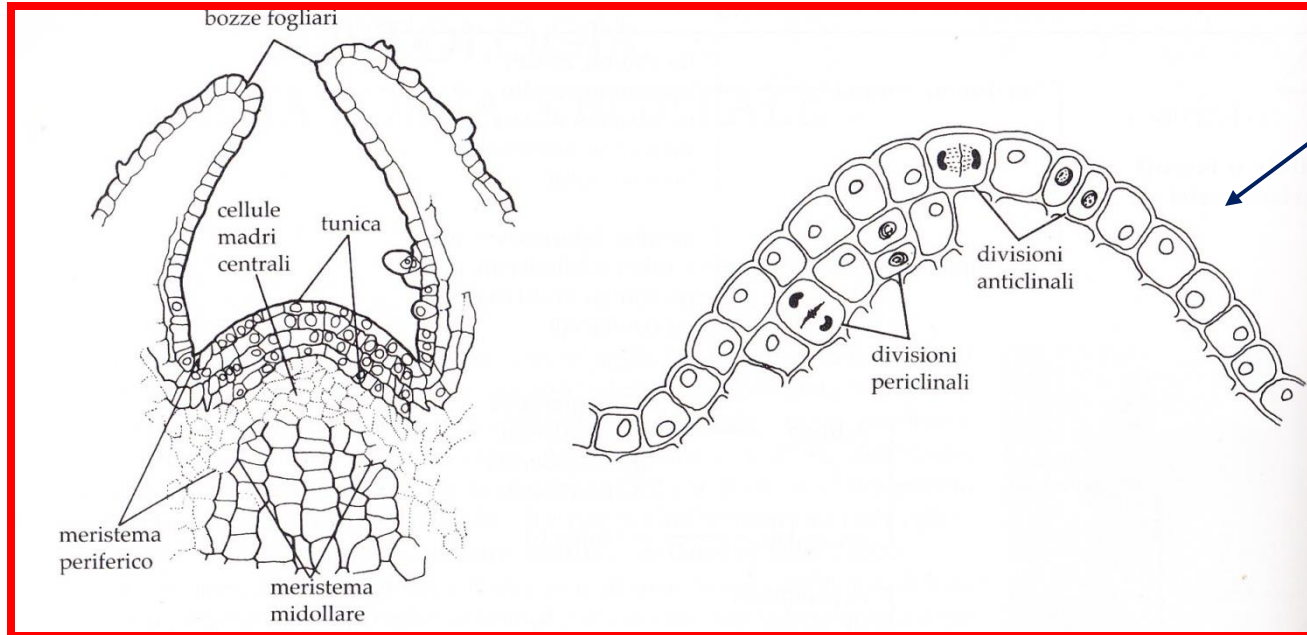
MERISTEMA APICALE DEL FUSTO

Il meristema apicale del fusto, detto apice vegetativo, produce generalmente, il fusto, le foglie e i rami;

quando però la pianta è in fase riproduttiva, nelle angiosperme l'apice vegetativo produce gli apici fiorali, formando i sepal, i petali, gli stami ed i carpelli.



Meristema Apicale del Fusto



TUNICA

bozze fogliari ai lati
del meristema
apicale

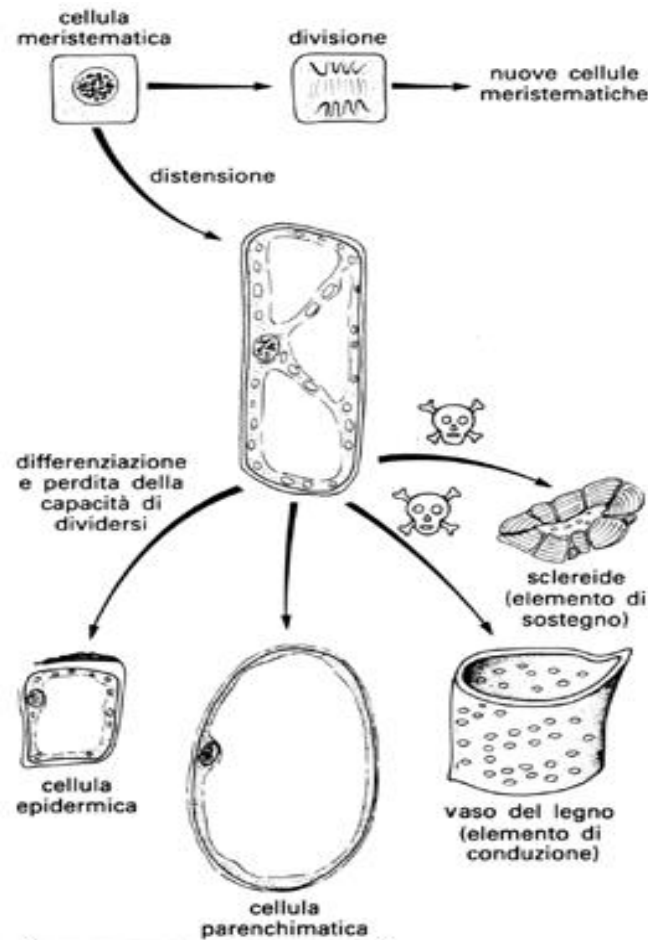
È comunemente formato da un gruppo di cellule eterogenee; quelle esterne si dividono secondo piani anticlinali (perpendicolari alla superficie) formando la tunica (il numero di strati della tunica può variare da specie a specie), che aumenta la superficie esterna, quelle interne si dividono secondo piani anti- e periclinali, formando il corpus, il nucleo di accrescimento.

I TESSUTI MERISTEMATICI SECONDARI

I meristemi secondari, definiti anche cambiali, sono responsabili della crescita in diametro del fusto e della radice. Sono formati da cellule adulte che si “sdifferenziano” e riacquistano, dopo averla persa, la capacità di dividersi. Sono meristemi secondari:

- a) il fellogeno (o cambio subero-fellodermico), nel fusto produce periderma (tessuto tegumentale) verso l'esterno e felloderma verso l'interno (attività dipleurica);
- b) il cambio cribro-vascolare o cribro-legnoso che genera il sistema conduttore (può essere inter ed intrafasciale, cioè posto tra i fasci conduttori o all'interno dei fasci conduttori, ma solo quello interfasciale è secondario)
- c) i meristemi cicatriziali o avventizi (gruppi di cellule), che si formano per sdifferenziamento delle cellule epidermiche, riparano le ferite
- d) cellule meristemoidi (poche cellule quali quelle che generano gli stomi sull'epidermide)

I TESSUTI ADULTI O DEFINITIVI



Una cellula meristematica può avere due diversi destini: può dare origine ad un'altra cellula meristematica, o può imboccare la via della distensione, in cui il vacuolo diventa più voluminoso, e della differenziazione, che comporta la perdita della capacità di dividersi.

Nella figura sono riportate 4 delle possibili vie di differenziazione. Il differenziamento di norma prosegue anche dopo che la cellula ha raggiunto la sua forma definitiva sino a quando non abbia acquisito le caratteristiche specifiche per svolgere le sue funzioni peculiari.

I TESSUTI ADULTI O DEFINITIVI

- a) i tessuti tegumentali
- b) i tessuti parenchimatici
- c) i tessuti meccanici
- d) i tessuti segregatori
- e) i tessuti conduttori

TESSUTI SEMPLICI E COMPLESSI

Sono formati da uno o più tipi di cellule con funzioni diverse.

In base a questa caratteristica sono distinti in:

- tessuti semplici, se formati da un solo tipo di cellule
- tessuti complessi, se formati da più tipi di cellule (es: epidermide, xilema, floema)

I TESSUTI TEGUMENTALI

Rivestono e proteggono la superficie esterna della pianta o separano diversi tessuti interni.

Sono privi di spazi intercellulari proprio perché devono formare una barriera continua. Comprendono:

- Epidermide

- Rizoderma

- Esoderma

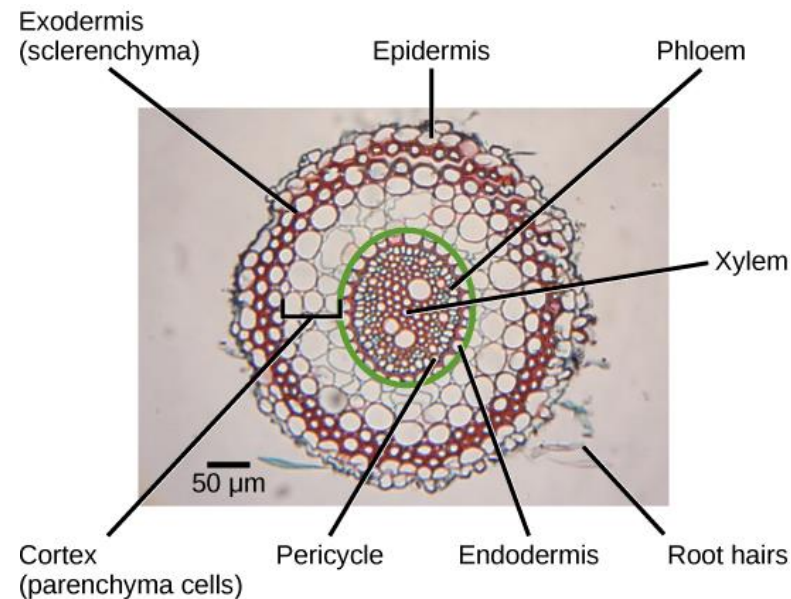
- Endoderma

- Sughero

Sono distinti tra primari e secondari:

A seconda che siano originati dal differenziamento di cellule meristematiche primarie o secondarie.

e tra esterni ed interni, a seconda che ricoprano le superfici degli organi con funzione protettiva o separino tessuti diversi, rispettivamente.



TESSUTI TEGUMENTALI



EPIDERMIDE

E' un tessuto adulto (o definitivo), primario, complesso, esterno perchè riveste la porzione epigea della pianta, con funzione di protezione.

E' di norma monostratificata, ma come adattamento agli ambienti aridi (xerofite) assume una configurazione pluristratificata (es. l'oleandro, *Nerium oleander* o il fico, *Ficus carica*).



E' un tessuto complesso in quanto formato da cellule diverse: le cellule epidermiche, le cellule di guardia e i peli o tricomi

Le piante con accrescimento esclusivamente primario mantengono il rivestimento epidermico originato dai meristemi apicali; mentre le gimnosperme e alcune angiosperme dicotiledoni, il cui fusto e radici presenta un importante accrescimento secondario in spessore, perdono l'epidermide e la sostituiscono con un tessuto tegumentale d'origine secondaria, il "**Sughero**".



Le cellule dell'epidermide sono disposte l'una accanto all'altra senza lasciare spazi intercellulari; il contorno può essere regolare o sinuoso e generalmente di forma correlata alla morfologia dell'organo.

Nei fusti, in foglie di forma allungata ecc.. sono lunghe e strette, hanno forma irregolare e contorni sinuosi negli altri casi.



Epidermidi di foglie di monocotiledone e dicotiledone

EPIDERMIDE- FUNZIONI

Svolge diverse funzioni; le più importanti sono legate alla protezione, e per svolgere tale funzione l'epidermide è priva di spazi intercellulari.

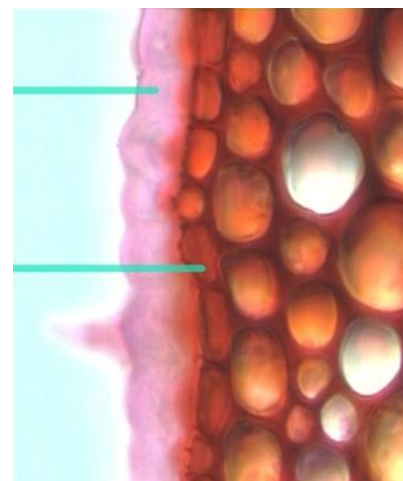
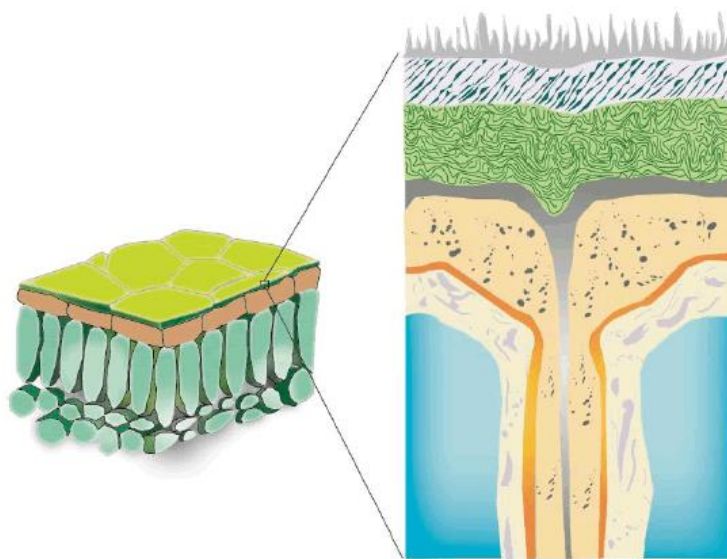
- modera la traspirazione
- regola gli scambi gassosi
- dà una moderata protezione meccanica
- è una buona difesa contro i parassiti

Presenta un notevole polimorfismo ed eterogeneità, perché non solo differisce da pianta a pianta, ma anche nella stessa pianta da organo ad organo.

EPIDERMIDE- CUTINIZZAZIONE

Una delle caratteristiche più importanti della parete delle cellule epidermiche è la presenza di cutina (polimero di acidi grassi), che impregna le pareti stesse (cutinizzazione) e in aggiunta costituisce uno strato superficiale (cuticola).

Per la sua impermeabilità all'acqua ed ai gas, la cuticola esercita una protezione efficace contro la perdita d'acqua, inoltre è anche molto resistente all'attacco dei parassiti (batteri e funghi).



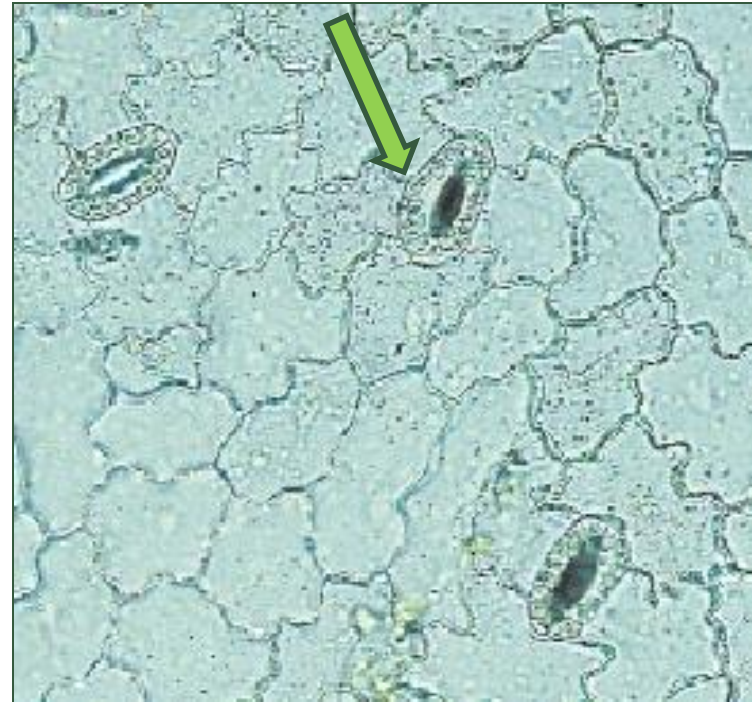
STOMI

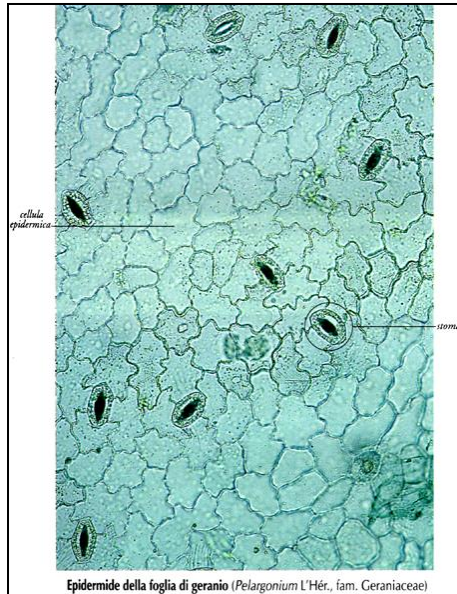
L'epidermide deve consentire gli scambi gassosi tra l'interno della pianta e l'atmosfera. Ciò si realizza grazie alla presenza di aperture denominate stomi o apparati stomatici.

Gli stomi sono formati da due cellule di guardia che, viste di fronte appaiono reniformi e rivolgono la parete concava l'una verso l'altra, delimitando una cavità detta apertura o rima stomatica.

Le cellule di guardia possono confinare direttamente con le cellule epidermiche, oppure, in molte piante, ognuna di esse è accompagnata, sul lato convesso, da una o più cellule annesse o compagne.

Il numero, la struttura e la disposizione delle cellule annesse costituiscono un carattere sistematico, caratterizzando interi generi o intere famiglie di piante.

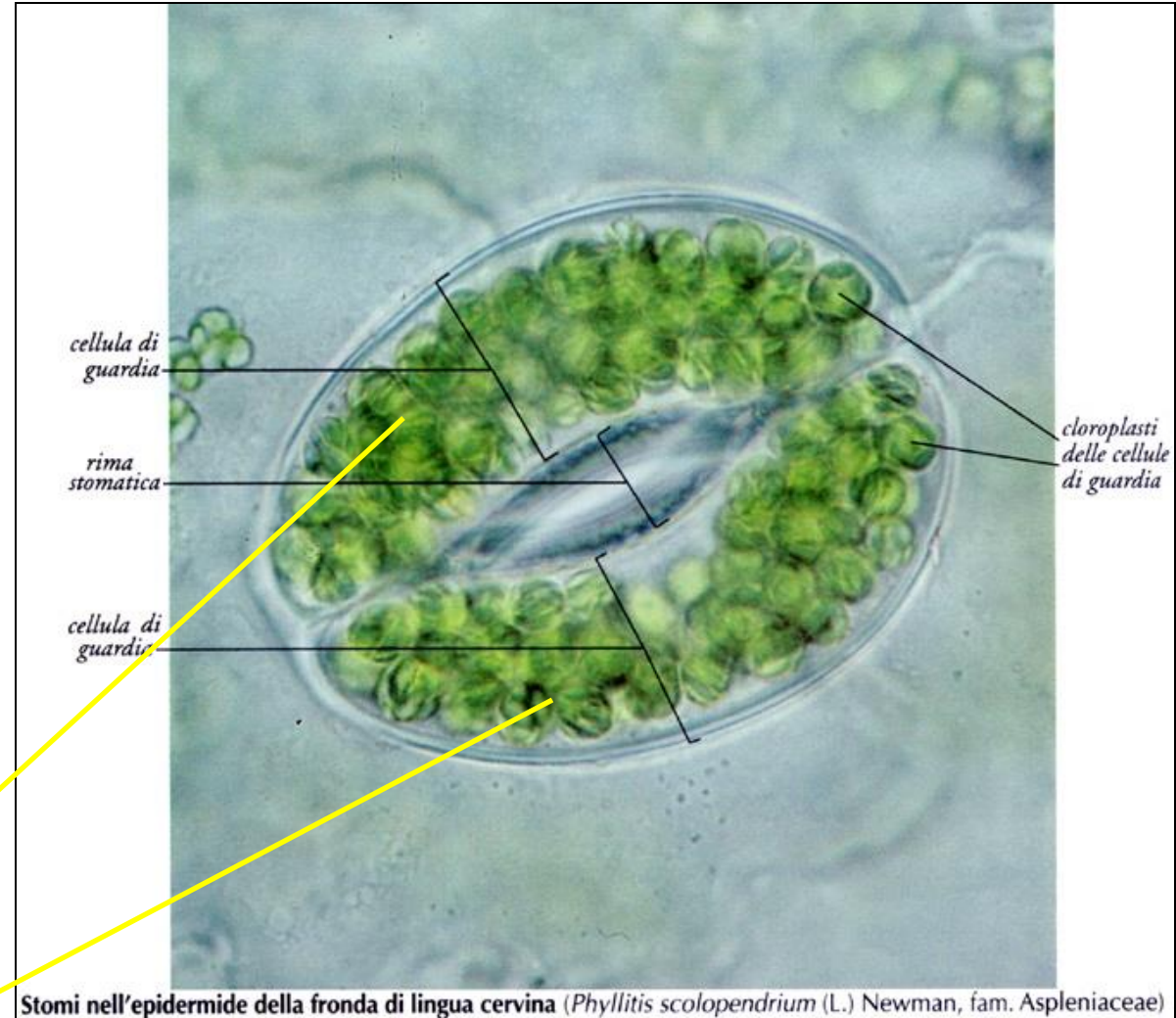
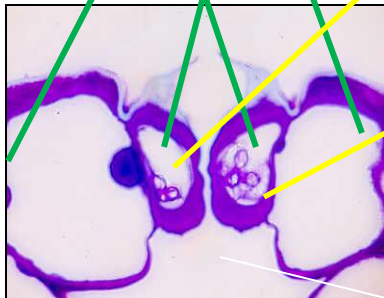




Epidermide della foglia di geranio (*Pelargonium* L'Hér., fam. Geraniaceae)

cellule compagne

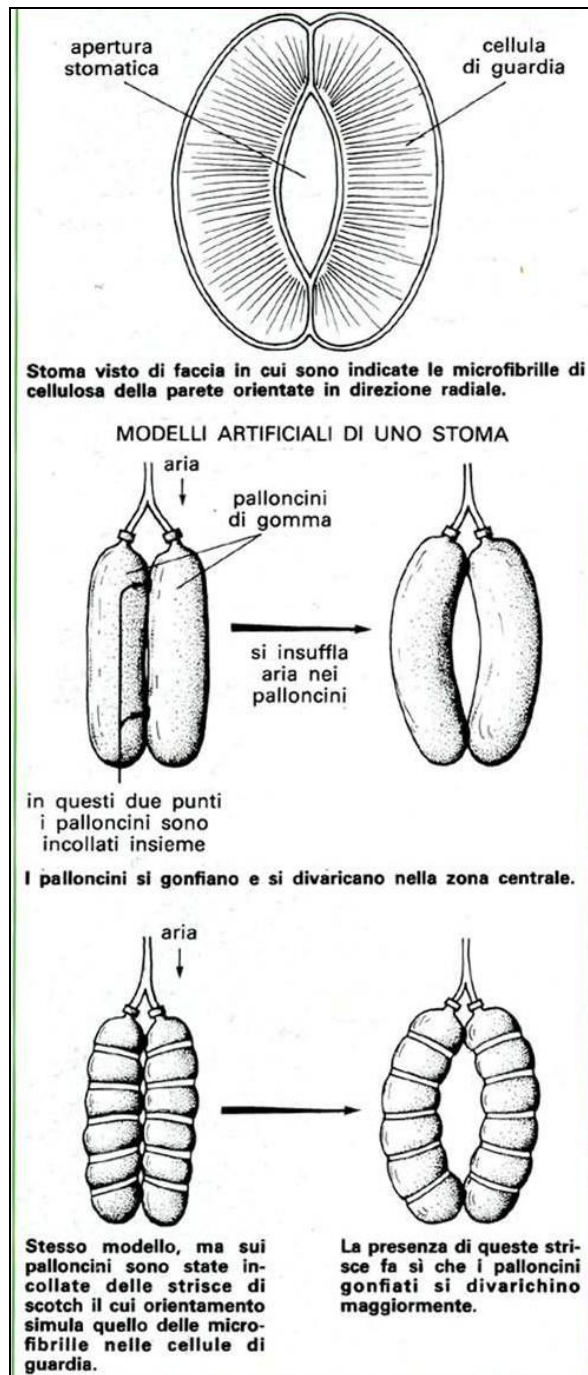
cellule
di guardia



Stomi nell'epidermide della fronda di lingua cervina (*Phyllitis scolopendrium* (L.) Newman, fam. Aspleniaceae)

cellule di guardia + cellule compagne + rima → apparato stomatico

camera sottostomatica



Le cellule di guardia differiscono dalle altre cellule epidermiche sia per la forma che per la grandezza, inoltre contengono cloroplasti e pertanto effettuano la fotosintesi.

L'apertura della rima stomatica è resa possibile grazie alla particolare disposizione radiale delle microfibrille di cellulosa nella parete delle cellule di guardia, che causano una diversa estendibilità della parete dorsale (esterna) rispetto alla ventrale (interna). Quando le cellule di guardia aumentano il loro turgore per assorbimento di acqua, le pareti ventrali più ispessite e rigide, si distendono meno delle pareti dorsali, più sottili ed elastiche

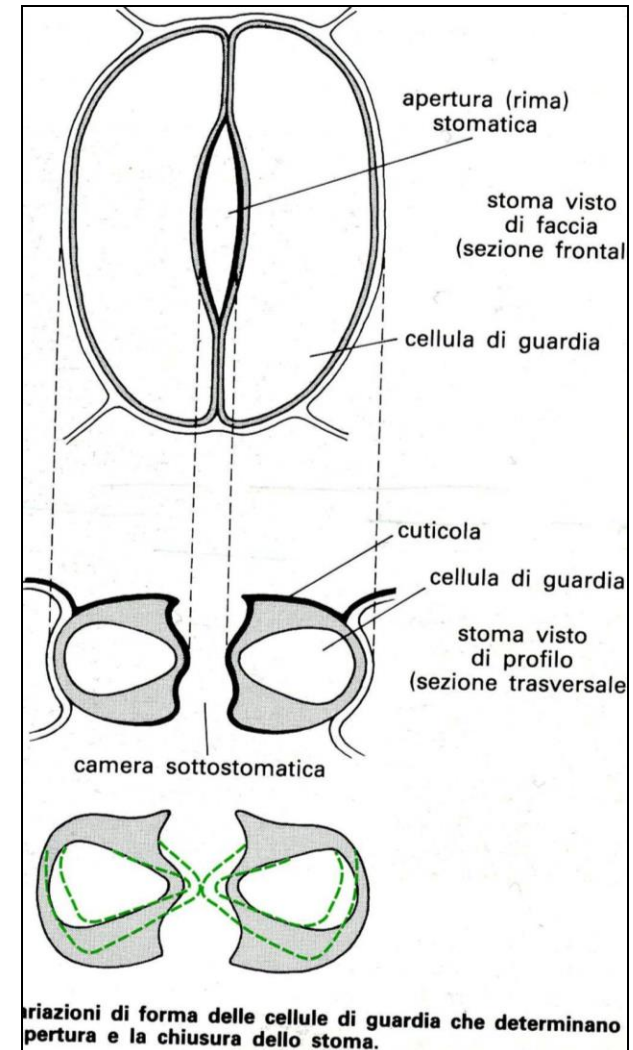
Stomi- funzioni

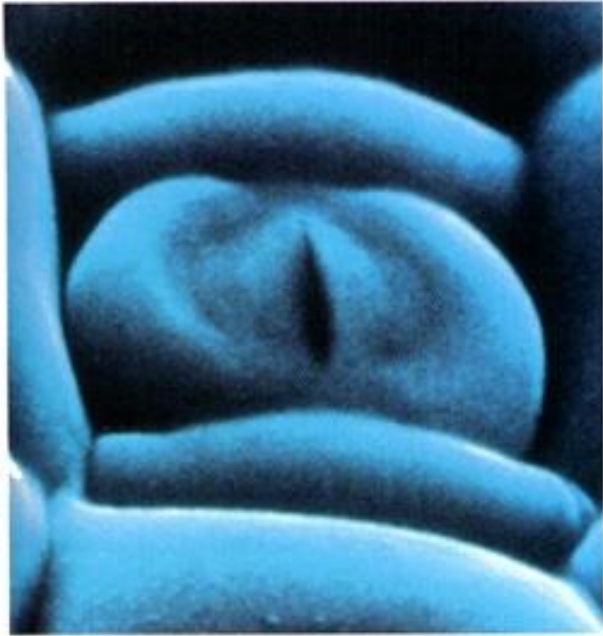
Così le cellule di guardia subiscono delle variazioni di forma:

l'aumento di turgore accentua la loro curvatura allargando l'apertura stomatica, e consentendo lo scambio di anidride carbonica, ossigeno e vapore d'acqua (traspirazione).

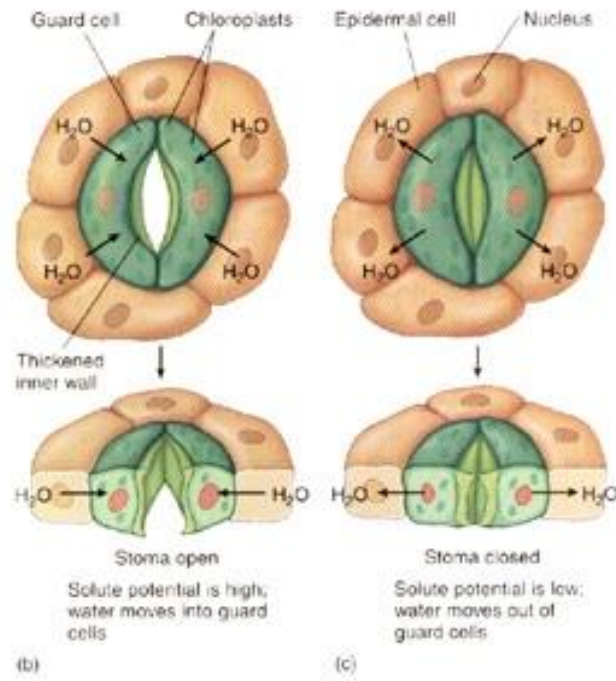
Viceversa, con la diminuzione del turgore le cellule si avvicinano restringendo l'apertura stomatica fino a chiuderla.

Pertanto, gli stomi rendono possibile un intenso scambio di gas tra i tessuti epidermici e l'ambiente e lo regolano, impedendo le perdite indiscriminate d'acqua sotto forma di vapore ed evitando, così, l'appassimento.



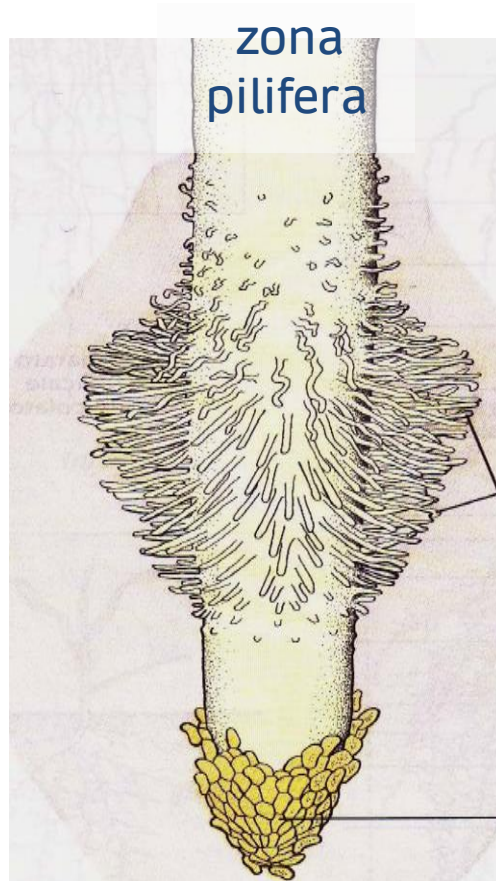


(a)

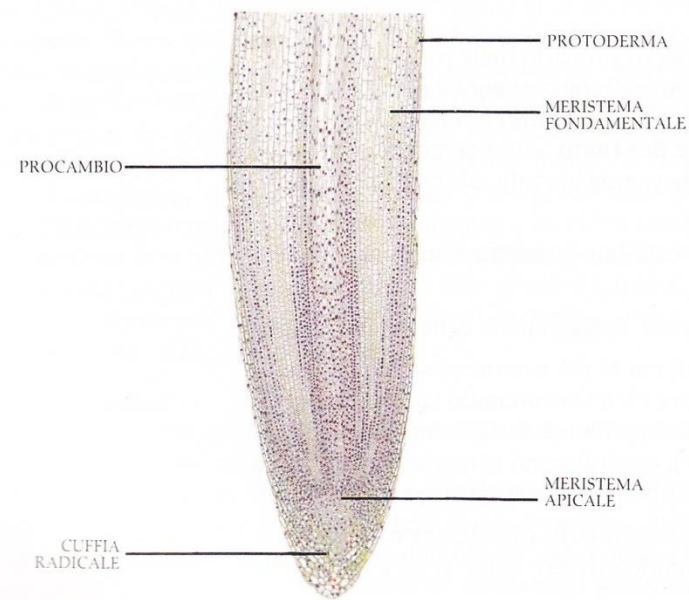


RIZODERMA

E' un tessuto adulto (o definitivo), complesso, tegumentale, primario ed esterno riveste la radice nella zona detta "pilifera", che si estende per pochi cm sopra la cuffia radicale, si differenzia a partire dal protoderma (meristema primario).



Il rizoderma, non svolge solo la funzione di protezione, ma fondamentalmente quella di assorbimento, di conseguenza le pareti cellulari esterne sono sottili e la cutina non è presente.

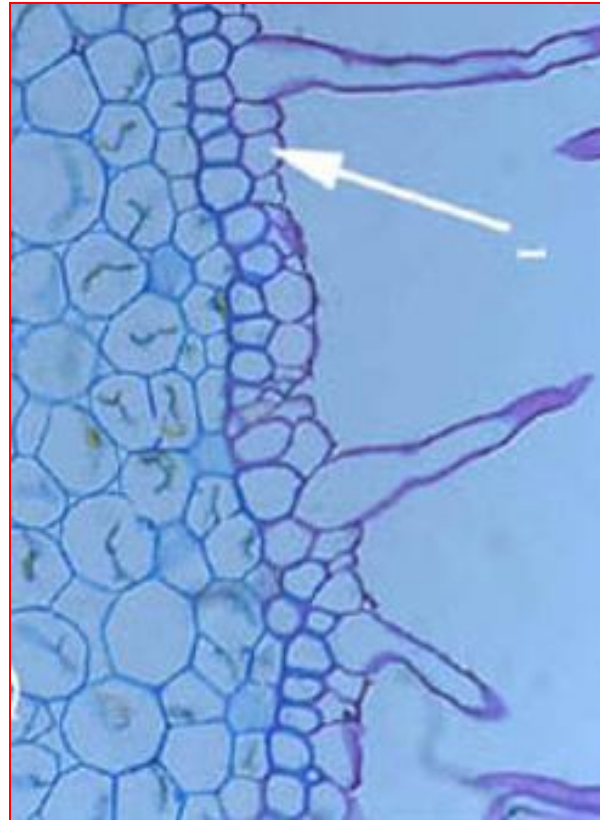


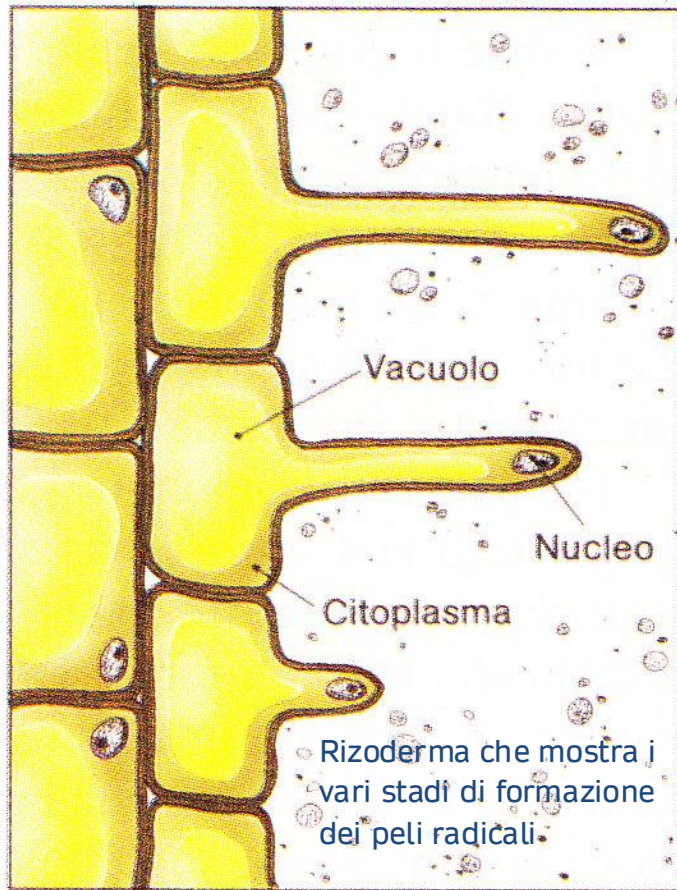
Rizoderma

E' caratterizzato dalla presenza di peli assorbenti (mediante un notevole incremento della superficie di assorbimento) chiamati peli radicali.

Le cellule del rizoderma si suddividono in : tricoblasti, cellule pilifere che differenziano i peli (o tricomi) radicali, e a-tricoblasti, cellule non pilifere.

Hanno tutte pareti primarie celluloso-pectiche, la pectina le rende gelatinose per favorire l'assorbimento.





Hanno vita breve (pochi giorni) e alla loro morte cadono insieme alle cellule del rizoderma; la parete delle cellule sottostanti si inspessisce formando l'esoderma.

Tessuto adulto, tegumentale, primario, complesso ed esterno.

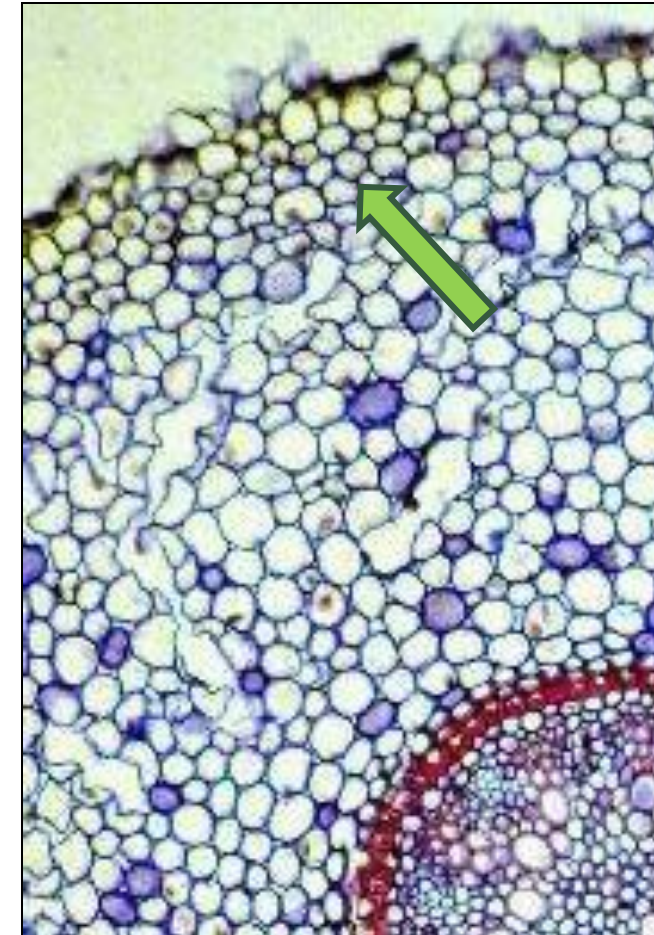
Esoderma

E' un tessuto adulto (o definitivo), semplice, tegumentale, primario ed esterno

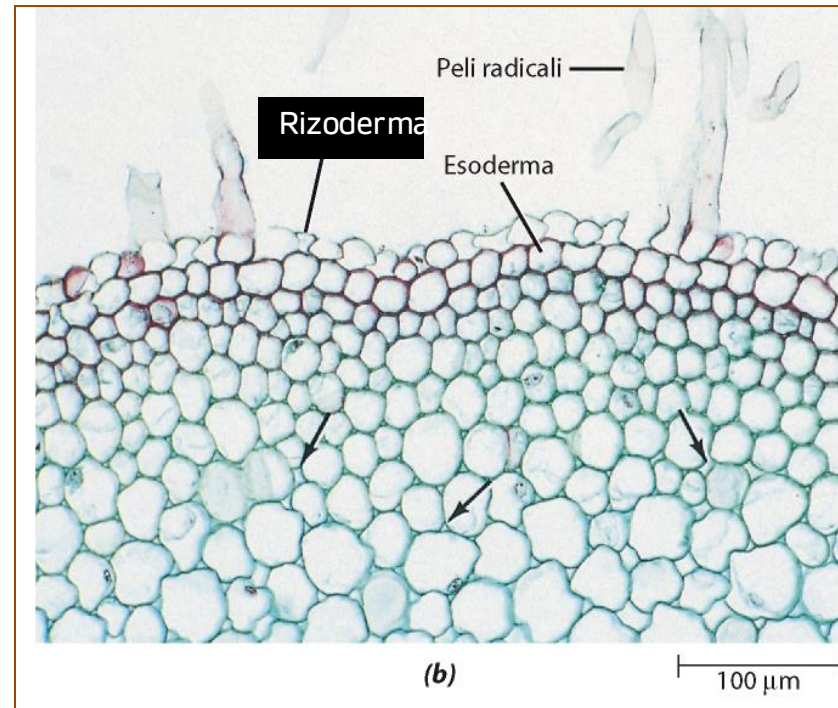
In seguito allo sfaldamento del rizoderma le cellule dei tessuti sottostanti (parenchimi privi di spazi intercellulari) depositano sulla parete più strati di suberina (suberificazione), un polimero dalla struttura complessa (acidi grassi e composti fenolici) ed assumono la funzione tegumentale.

Pertanto dopo la caduta del rizoderma, la radice continua ad essere rivestita da un tessuto tegumentale protettivo, l'esoderma.

Comune nelle radici delle gimnosperme e delle angiosperme, l'esoderma è per lo più mancante nelle pteridofite.



Porzione esterna di una radice matura di granturco (*Zea mais*) in cui è visibile il rizoderma con i peli radicali e parte della corteccia. Lo strato esterno di cellule corticali è differenziato in esoderma, con la sua tipica organizzazione compatta, mentre più internamente vi sono spazi intercellulari (frecche) tra le cellule corticali.

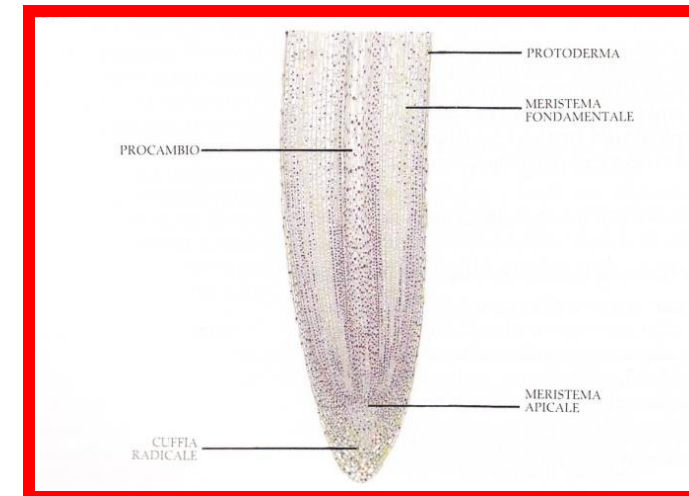
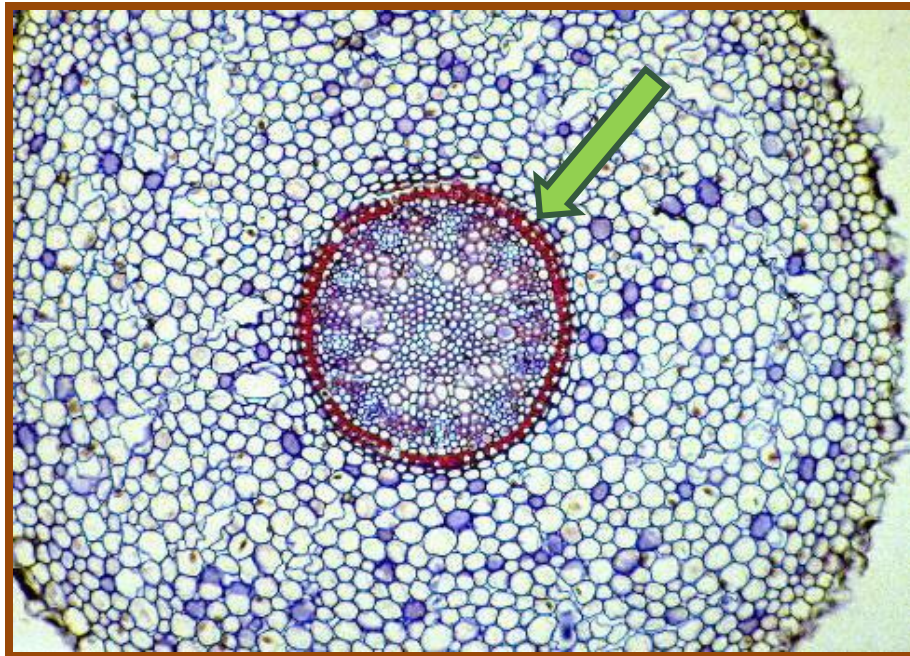


ENDODERMA

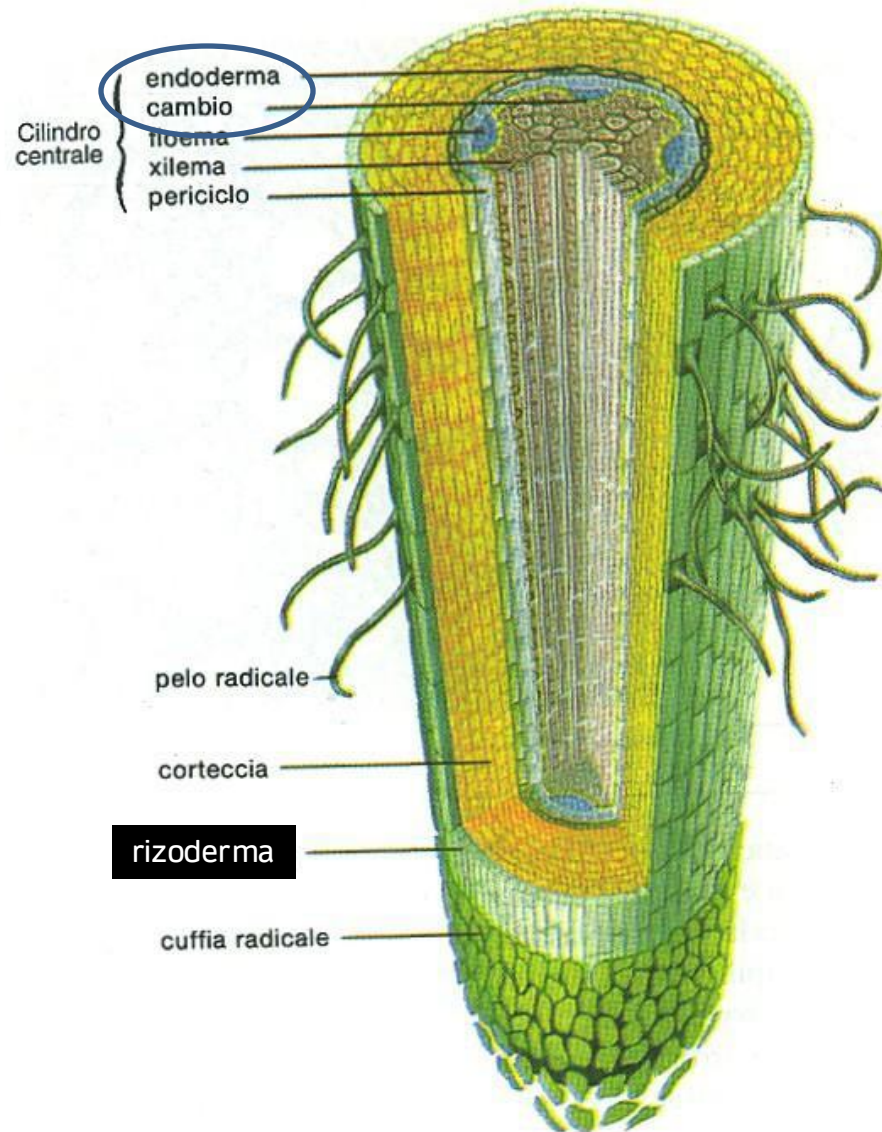
E' un tessuto adulto, primario, tegumentale, semplice, interno. E' tipico degli organi con funzione assorbente, e quindi caratteristico della radice, ma lo si può trovare anche nel fusto, soprattutto quando è sotterraneo (rizoma); è collocato all'interno, tra la corteccia (all'esterno) ed il cilindro vascolare (all'interno). E' un tessuto formato da cellule vive, con pareti impermeabilizzate, prive di spazi intercellulari, che avvolge i tessuti interni come una guaina.

La sua funzione è di svolgere un controllo sulle sostanze che dall'esterno

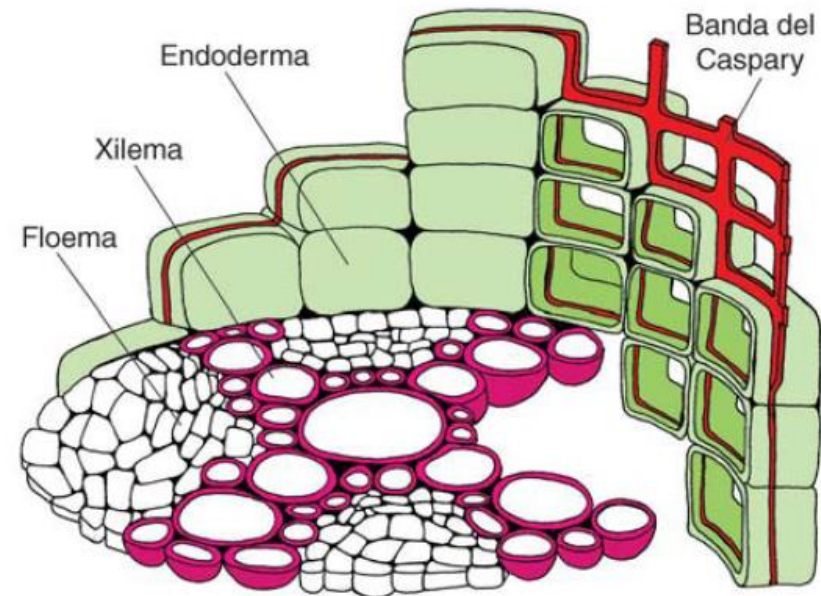
vengono trasferite al cilindro centrale e che dovranno passare attraverso le cellule dell'endoderma.



ENDODERMA



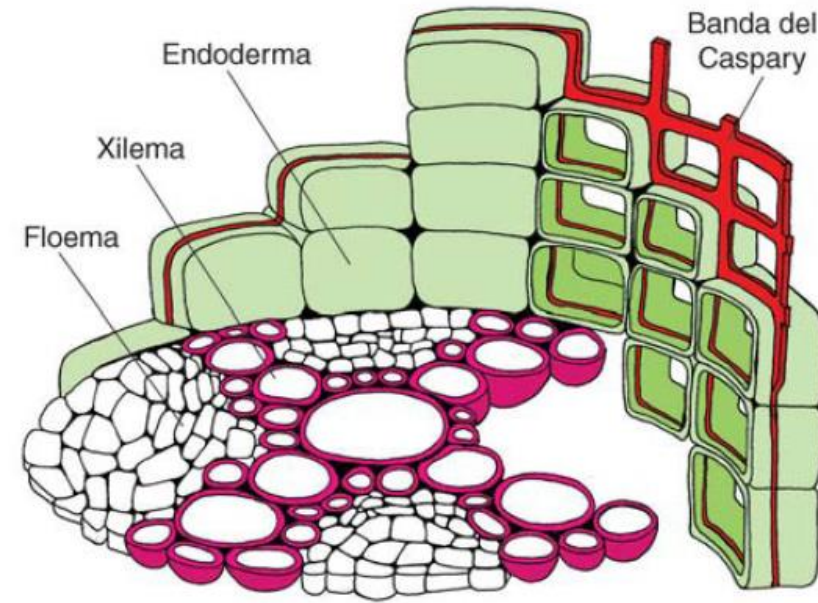
Le sue cellule sono vive, le pareti cellulari sottili, elastiche e di natura cellulosica su tutta la superficie meno che in corrispondenza di una fascia impermeabile di ampiezza variabile che gira tutt'intorno ad ogni cellula.



ENDODERMA-FUNZIONE

Questa struttura venne osservata per la prima volta da Caspary (1865) da cui il nome di banda del Caspary.

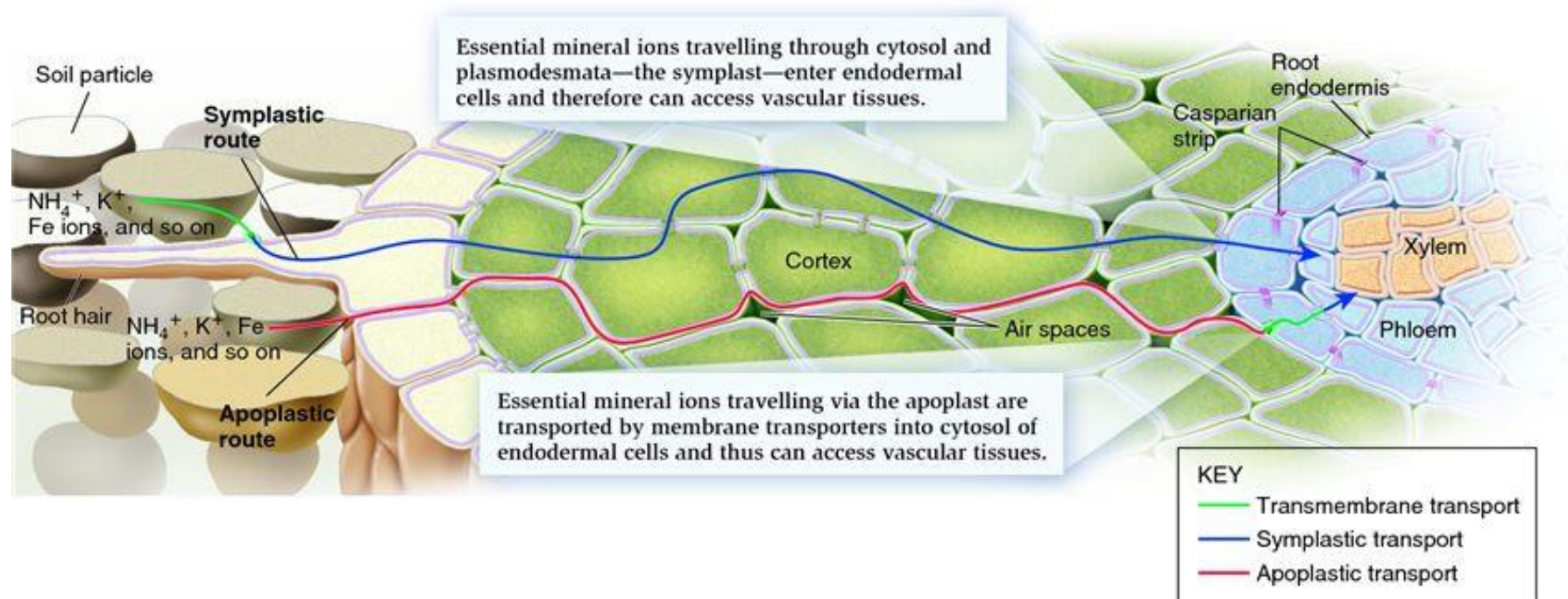
La funzione dell'endoderma è di impedire il libero accesso di sostanze dannose ai tessuti conduttori posti internamente, in quanto sia le cellule del rizoderma che quelle della corteccia non esercitano controllo sui movimenti degli ioni negli spazi intercellulari (movimento simplastico).



Senza l'endoderma, sostanze di qualsiasi tipo potrebbero passare dal suolo negli spazi intercellulari, poi nello xilema, ed infine in tutte le parti della pianta.

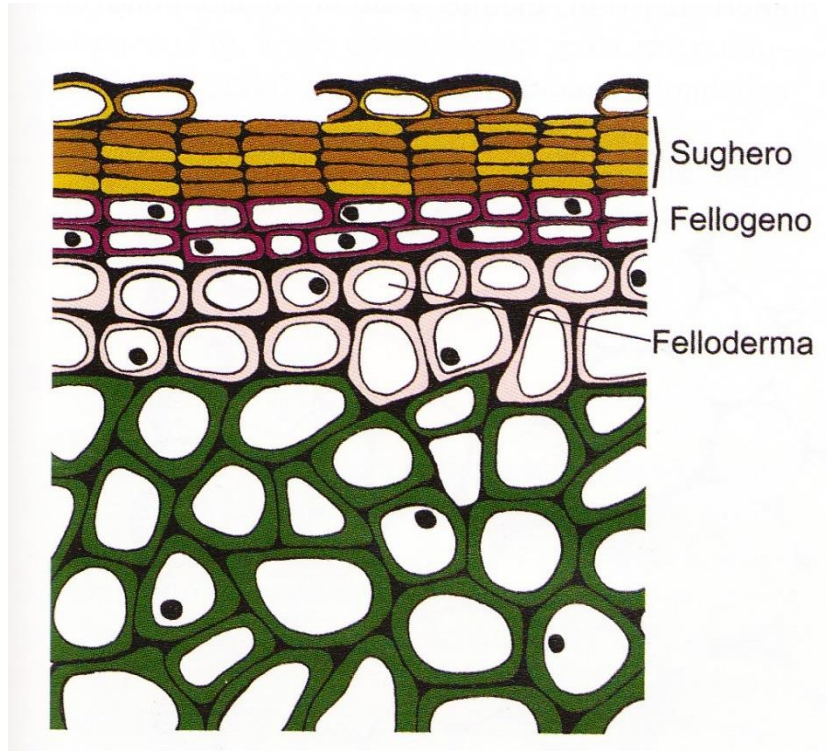
Nel passare dal terreno al sistema conduttore l'acqua può seguire due vie:

- la via apoplastica: movimento della linfa grezza attraverso gli spazi intracellulari e nella trama delle pareti
- la via simplastica: movimento della linfa grezza attraverso le cellule (attraverso il protoplasma) utilizzando i plasmodesmi



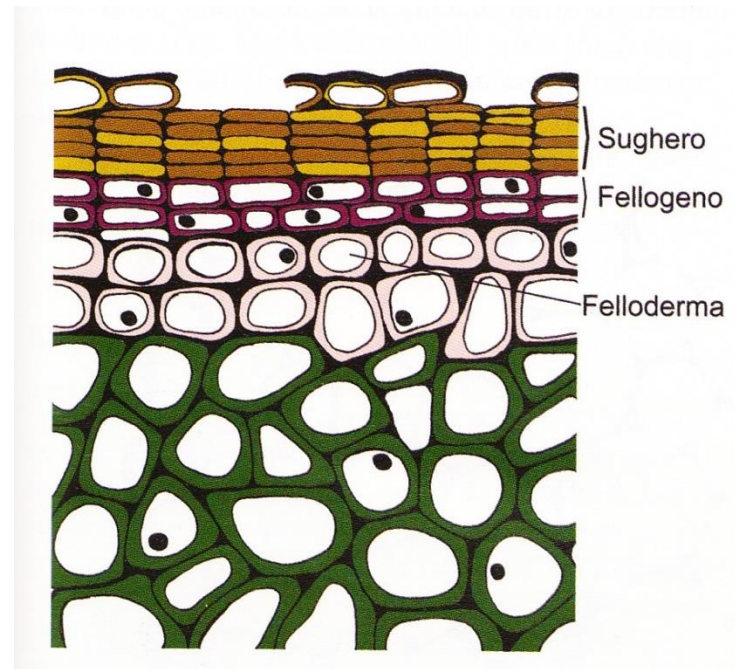
SUGHERO

E' un tessuto adulto (o definitivo), tegumentale, secondario, semplice, esterno che riveste il fusto e la radice, dovuto all'attività di un meristema secondario, il cambio subero-fellodermico (o fellogeno). Questo meristema produce verso l'esterno abbondanti quantità di sughero e verso l'interno un tessuto chiamato felloderma.

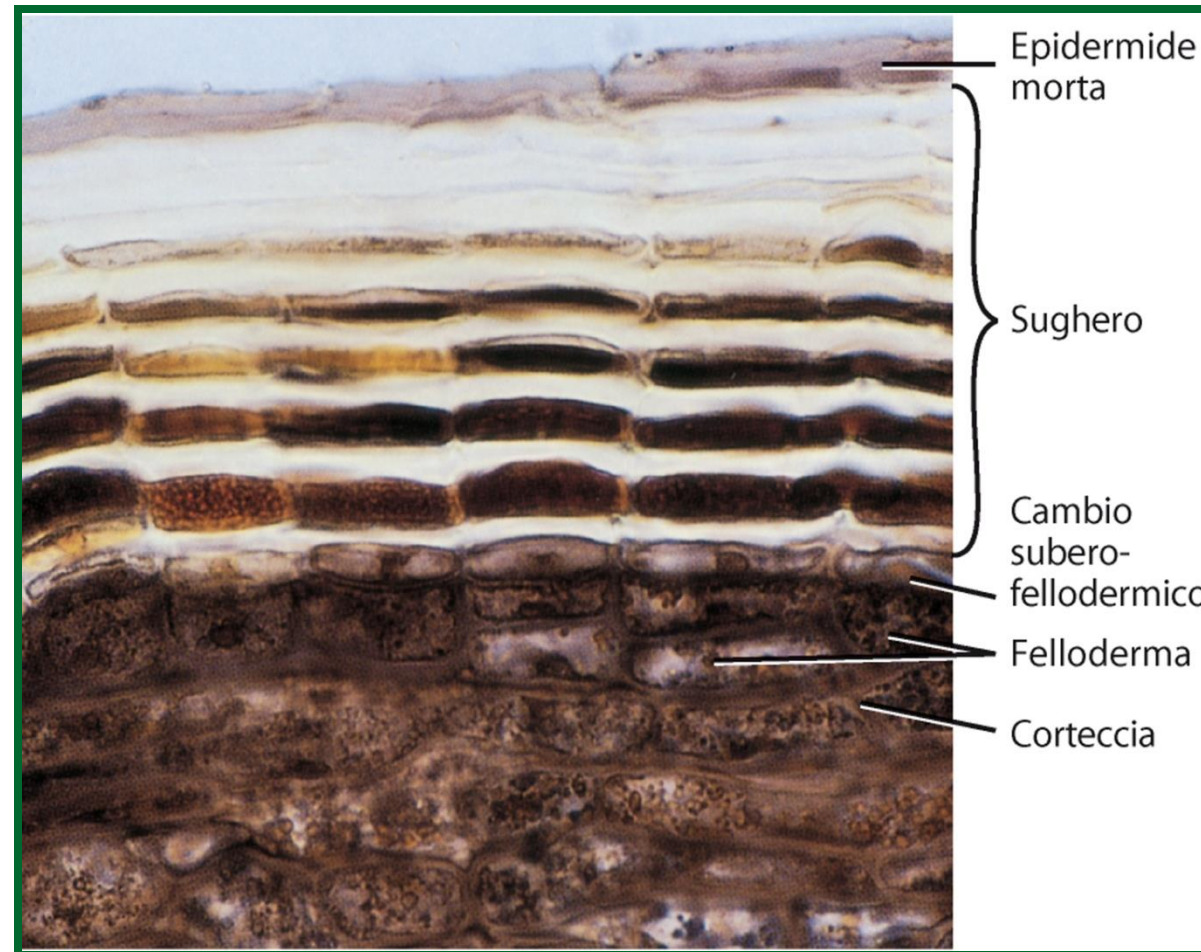


Il sughero viene prodotto quando, in seguito ad un accrescimento secondario, l'epidermide o l'esoderma non sono più sufficienti a ricoprire l'intero corpo della pianta e vengono pertanto lacerate ed eliminate.

Privo di spazi intercellulari, il sughero è formato da cellule prismatiche disposte in file una sull'altra. La suberina è deposta a ridosso della parete primaria, alla quale a volte si aggiunge altra cellulosa con la formazione della parete secondaria; le cellule si riempiono poi d'aria e, a differenziamento avvenuto, sono cellule morte, di colore scuro per la presenza di tannini, impermeabili all'acqua e ai gas.



Sezione di un fusto di melo (*Malus domestica*) in cui è visibile uno spesso strato di sughero formato da cellule compatte prodotte verso l'esterno dal cambio subero-fellodermico (meristema secondario).



TESSUTI PARENCHIMATICI

Sono i più rappresentati nei diversi organi della pianta.

Buona parte sono 'tessuti di riempimento'; sono formati generalmente da cellule vive, con spazi intercellulari, prive di parete secondaria e con una parete primaria in genere poco inspessita, con ampi vacuoli che contribuiscono alla turgidità della cellula. A seconda della funzione svolta, si distinguono in:

Parenchima clorofilliano

Parenchima di riserva

Parenchima acquifero

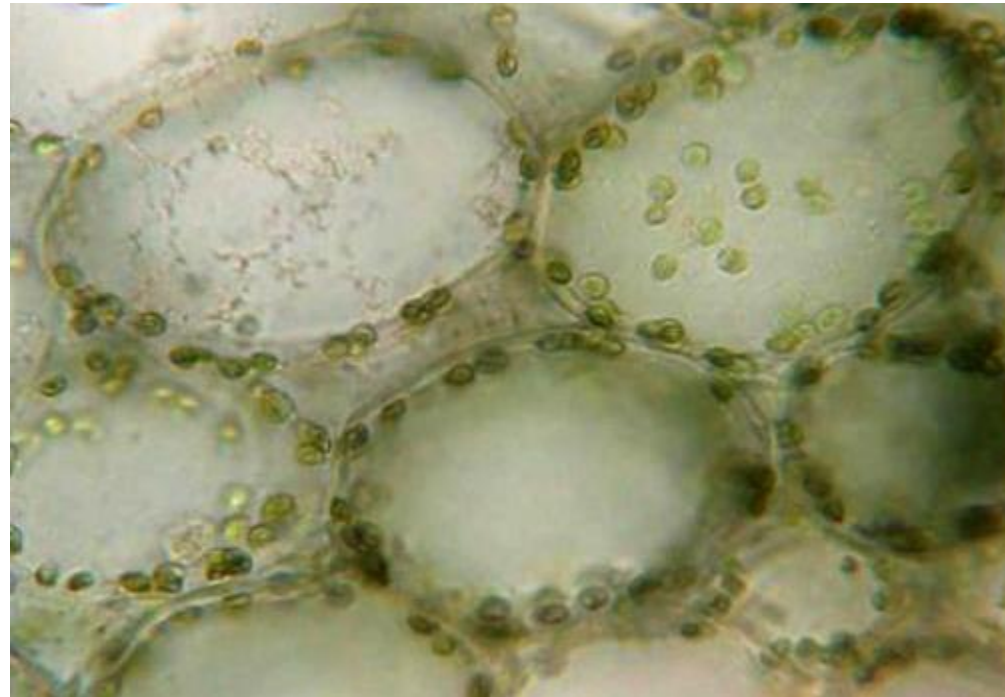
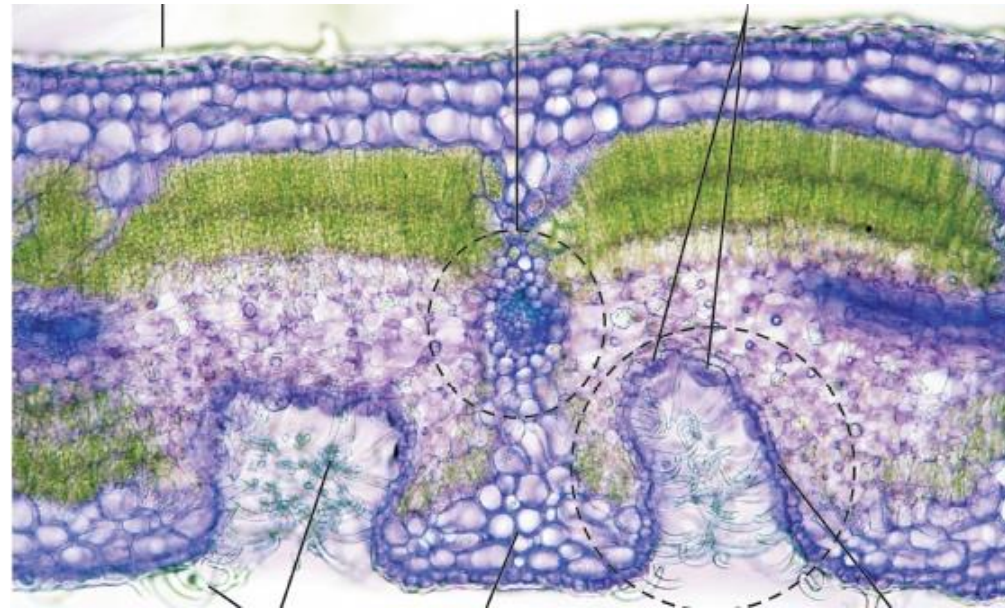
Parenchima aerifero

Parenchima conduttore

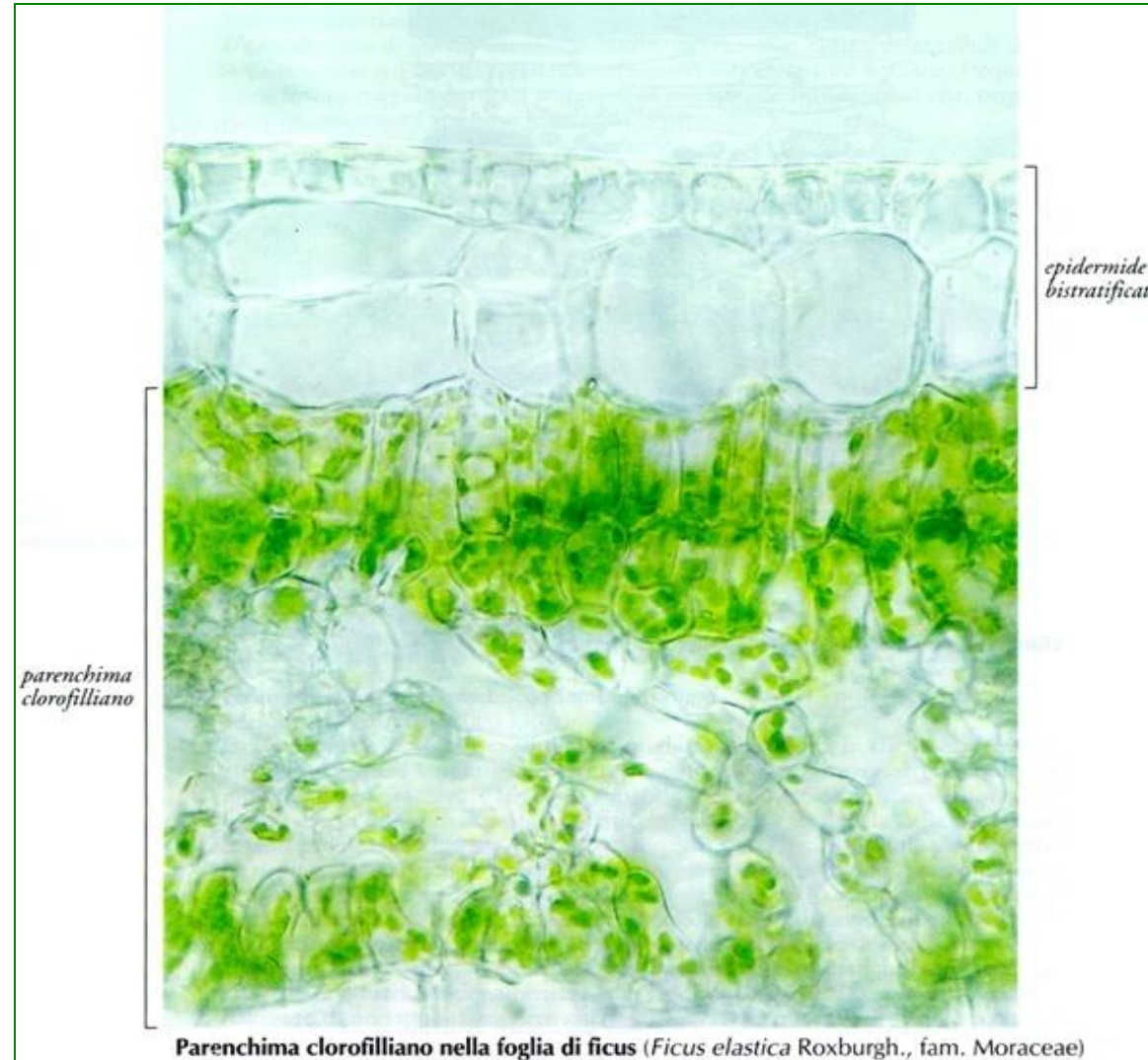
Parenchima di trasfusione

Parenchima clorofilliano (clorenchima):

presenta cellule con pareti sottili, utili per il passaggio della luce e dell'anidride carbonica, ricche di cloroplasti; è specializzato nell'attività fotosintetica.



Tipico è quello della foglia, posto al di sotto dell'epidermide (clorenchima sottoepidermico).



Parenchima di riserva:

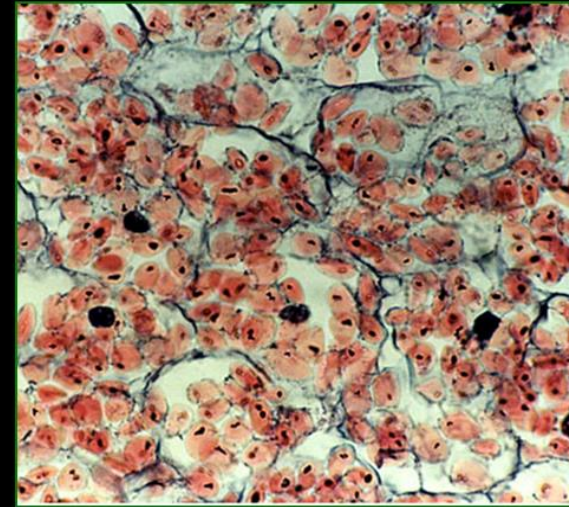
con cellule ricche di sostanze di riserva, è presente prevalentemente nella radice, in semi e frutti, ma anche in organi specializzati come bulbi, tuberi e rizomi.

La principale sostanza di riserva è l'amido (amido secondario, parenchima amilifero), immagazzinato all'interno degli amiloplasti.

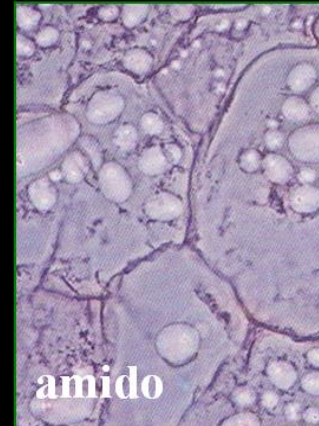
I parenchimi di riserva possono anche contenere mono- di- e polisaccaridi in soluzione nei vacuoli.

Alcuni esempi sono: il glucosio nell'uva e nelle pesche, il saccarosio nella radice di barbabietola e nel fusto della canna da zucchero, l'inulina nei tuberi di dalia e topinambur.

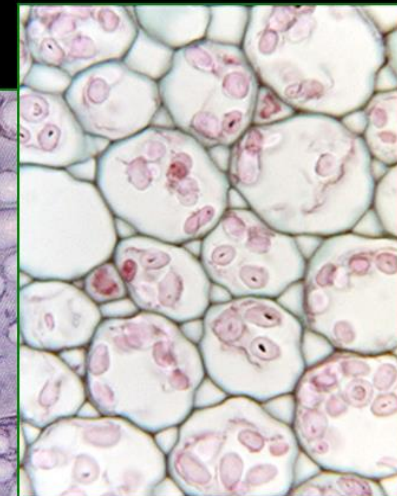
Parenchima di riserva



amilifero



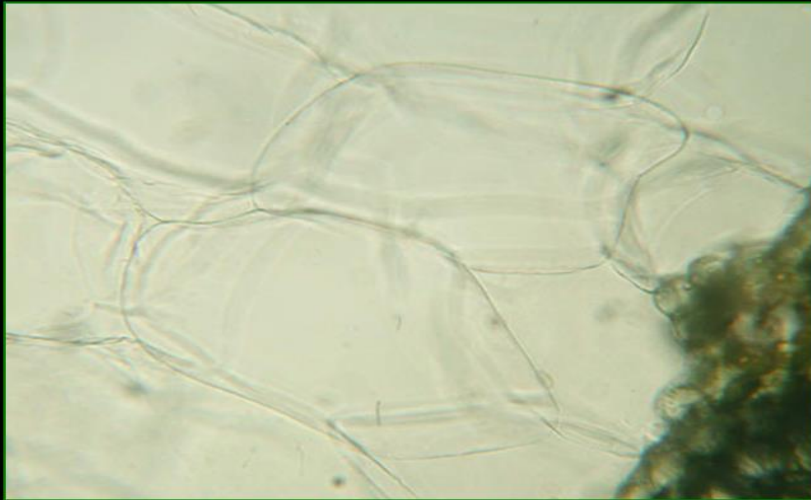
amido



PARENCHIMA ACQUIFERO

Parenchima acquifero

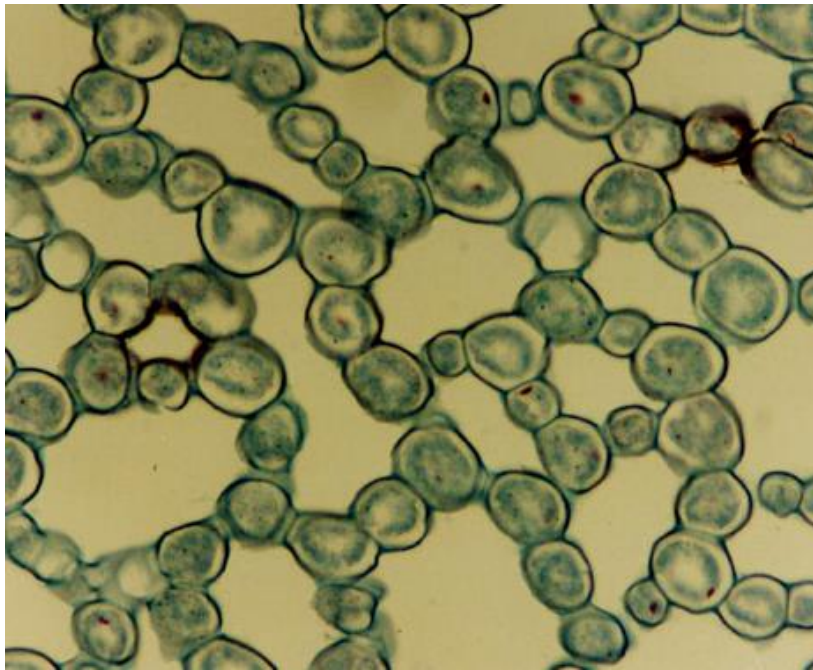
→ conservazione dell'acqua



Presenta cellule grandi, con pareti sottili e vacuoli ricchi di mucillagini idrofile.

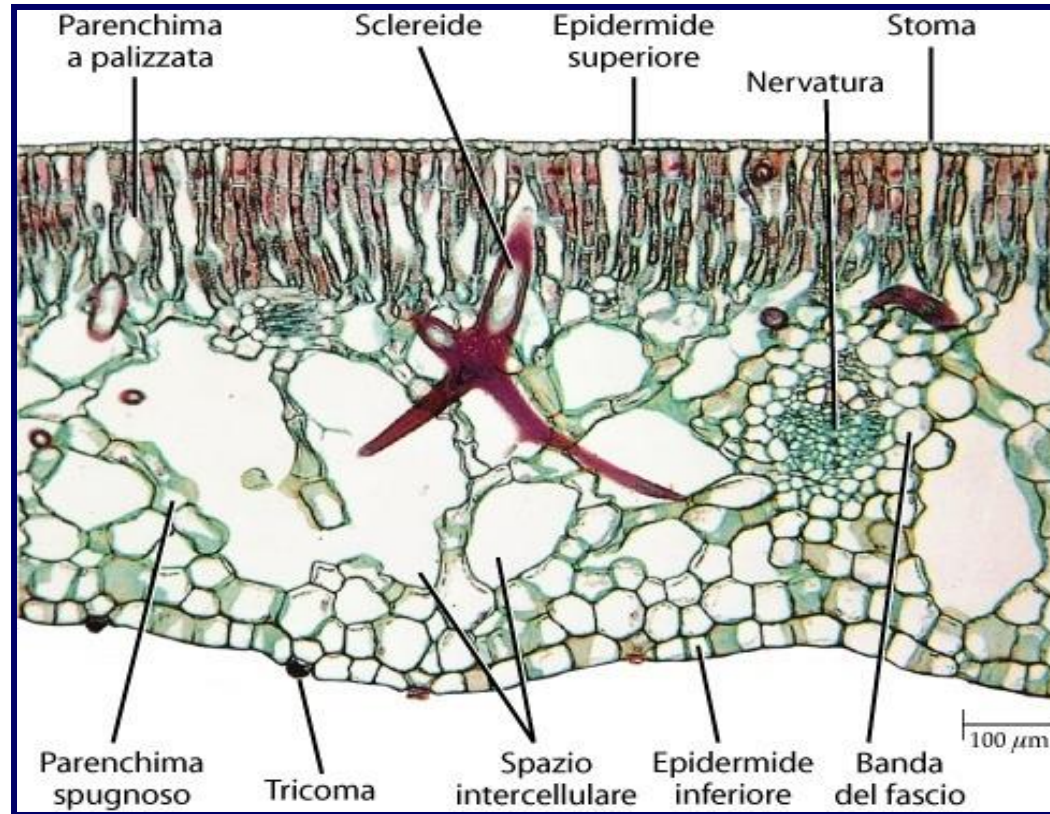
E' un tessuto specializzato per la conservazione dell'acqua, tipico delle xerofite succulente.

Parenchima aerifero (aerenchima): con ampi spazi intercellulari spesso confluenti in un sistema di canali aeriferi, è tipico delle piante acquatiche o in quelle che crescono in terreni asfittici, dove favorisce la circolazione dell'aria, il galleggiamento e gli scambi gassosi degli organi sommersi



Eichhornia crassipes





Presenta ampi spazi intercellulari che comunicano attraverso gli stomi con l'ambiente esterno, facilitando il ricambio gassoso.

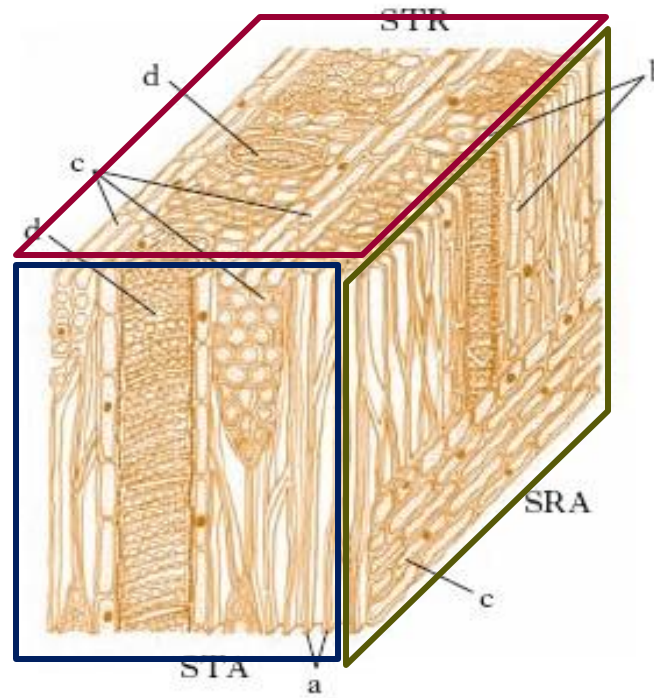
Parenchima spugnoso con ampi spazi intercellulari (aerenchima).

Gli spazi intercellulari, organizzati in cavità, sono tenuti aperti da cellule stellate con pareti lignificate dette Astrosclereidi (le sclereidi sono cellule dello sclerenchima, un tessuto meccanico), che funzionano come stecche di un ombrello.

PARENCHIMA CONDUTTORE

E' formato da cellule con funzione di trasporto di molecole a media distanza, in collaborazione con i tessuti conduttori xilema e floema (d). E' formato da cellule (c), localizzate nei raggi midollari, disposte in file a sviluppo radiale.

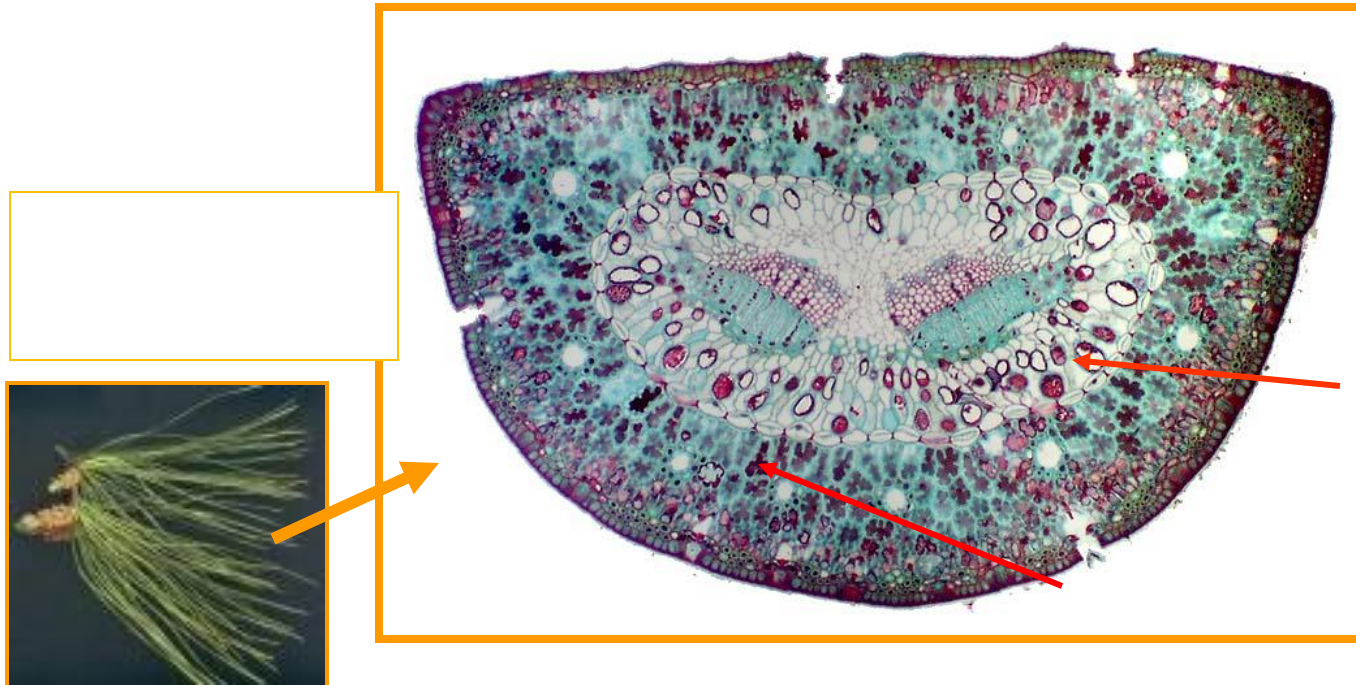
Le cellule del parenchima conduttore si trovano associate allo xilema e al floema del fusto, della radice e delle nervature delle foglie di gimnosperme ed angiosperme.



PARENCHIMA DI TRASFUSIONE

Diverso dal parenchima conduttore è il parenchima di trasfusione, che consente un trasporto a breve distanza utilizzando il plasmalemma di cellule limitrofe; le sue cellule facilitano il trasporto della linfa elaborata dal mesofillo al floema.

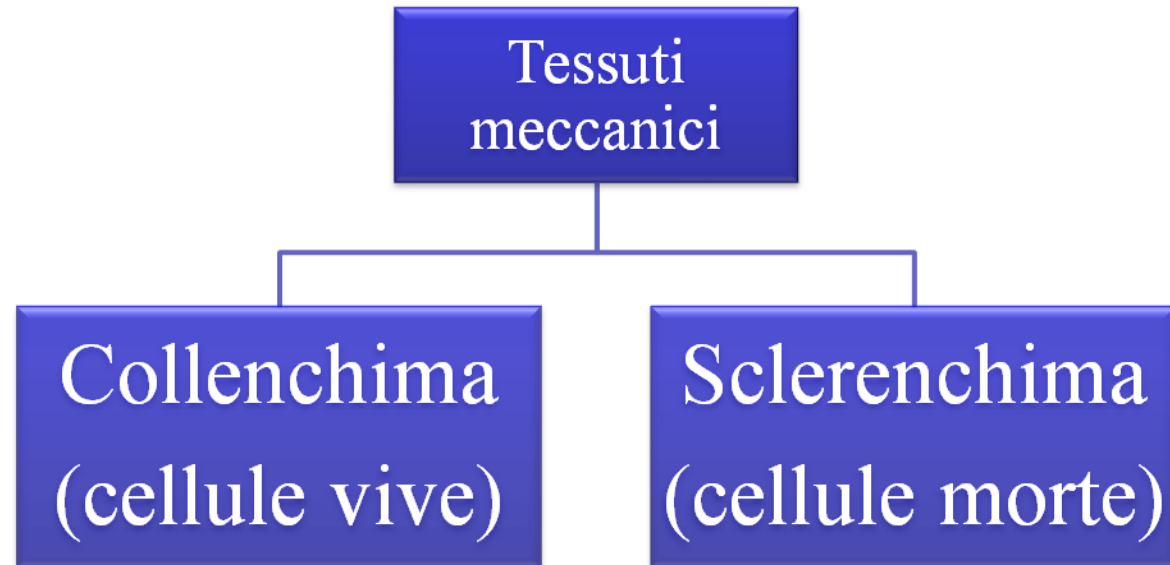
E' ben visibile all'interno delle foglie aghiformi.



TESSUTI MECCANICI

La funzione fondamentale è quella di sostenere il corpo della pianta laddove non è sufficiente il solo turgore cellulare, e di fornire resistenza al piegamento, soprattutto nelle piante erbacee, e alla trazione. Le loro proprietà meccaniche sono da attribuire alla composizione chimica ed alla struttura delle pareti delle cellule che li costituiscono.

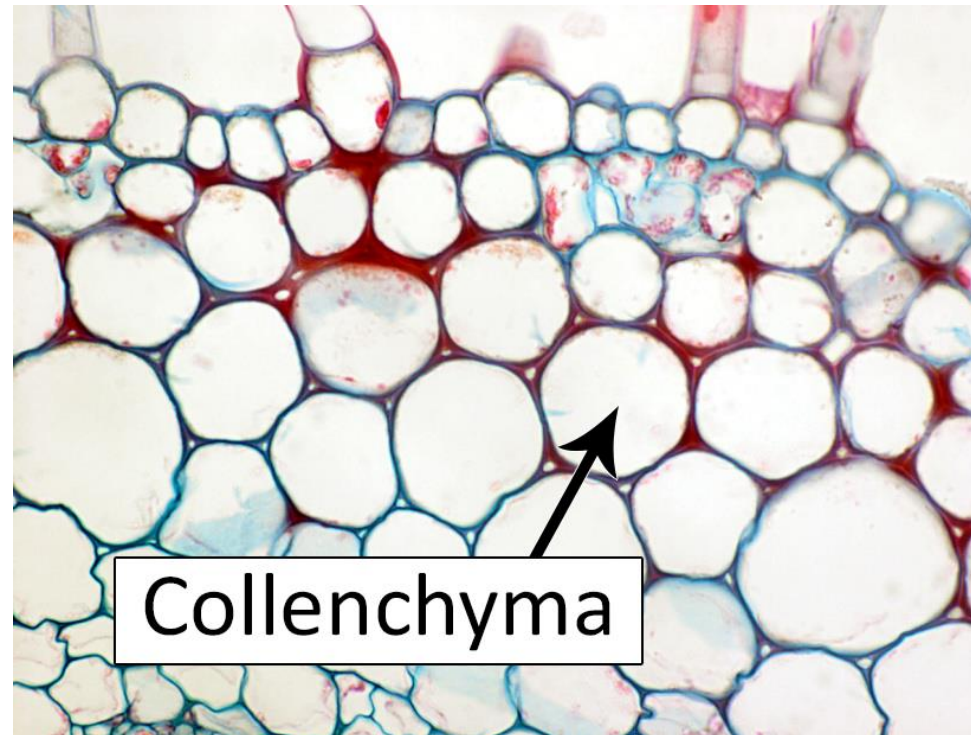
Sulla base della natura e delle caratteristiche della parete cellulare si distinguono due tipi di tessuti meccanici:



COLLENCHIMA

Il collenchima è il tessuto primario, posizionato al di sotto dell'epidermide o separato dall'epidermide da pochi strati di cellule parenchimatiche.

Ha funzione di sostegno, tipico delle parti giovani dei fusti e delle foglie che si accrescono per distensione,



infatti le sue cellule sono in grado di:

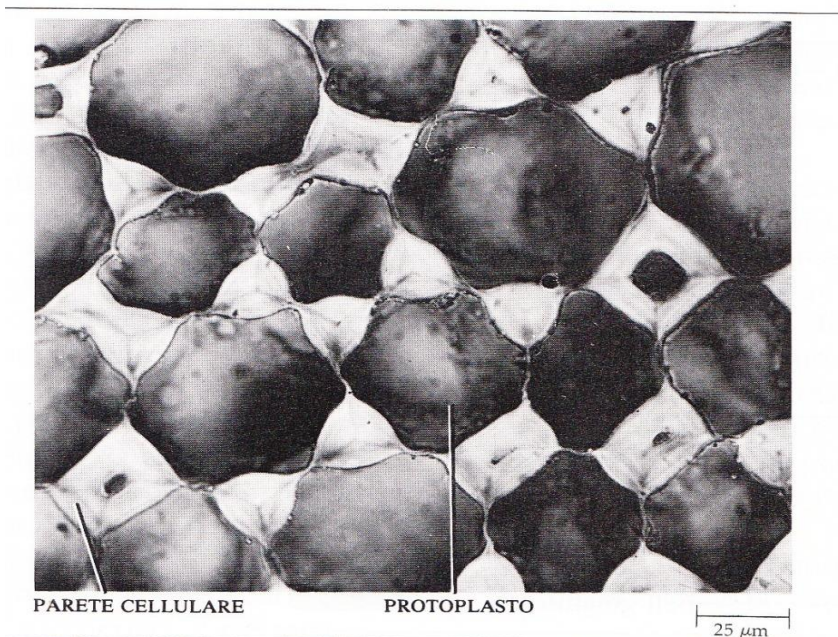
- allungarsi insieme ai tessuti circostanti e
- sostenere l'organo in cui si trovano grazie ad una parete cellulare (primaria) inspessita e alla pressione di turgore che si genera al loro interno.

Si trova negli organi giovani, come le parti del germoglio che sono ancora in accrescimento e che, oltre a necessitare di sostegno, sono soggetti anche ad allungamento.

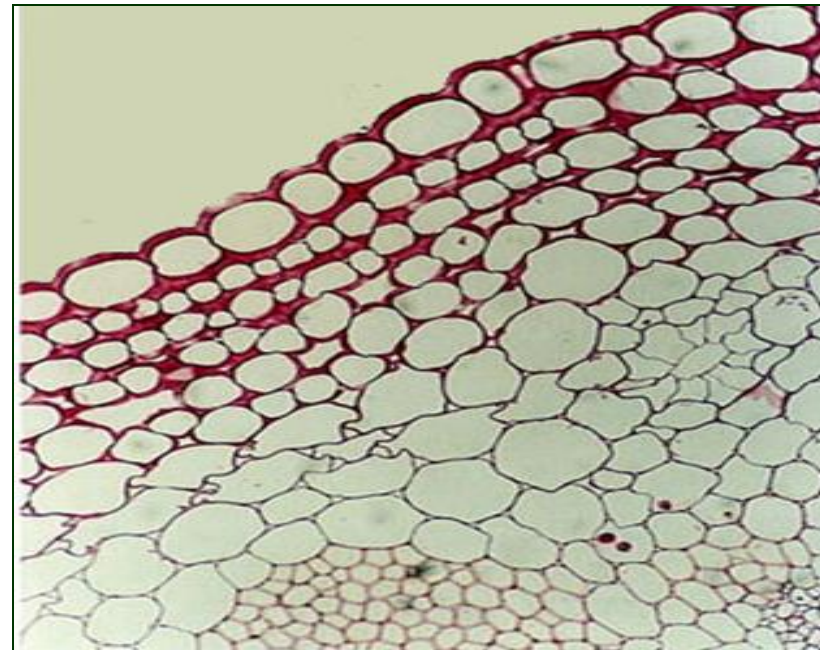
E' costituito da cellule vive con un grosso vacuolo centrale che preme il citoplasma contro la parete cellulare, riconoscibili per la presenza di una parete primaria, con inspessimenti celluloso-pectici non continui ma irregolari (le pectine conferiscono elasticità alla parete).

Sulla base dei punti inspessiti possiamo distinguere diversi tipi di collenchima:

COLLENCHIMA ANGOLARE



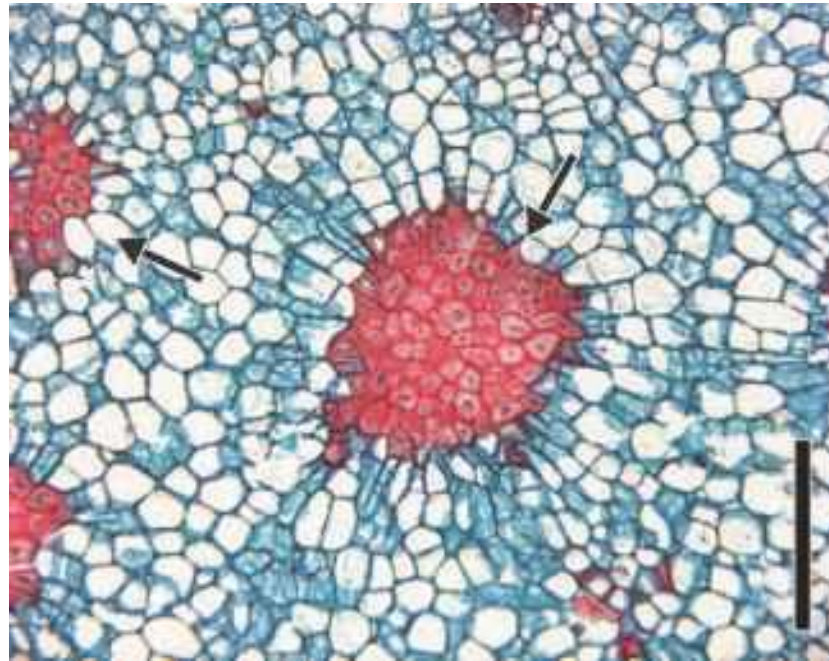
COLLENCHIMA LAMELLARE



SCLERENCHIMA

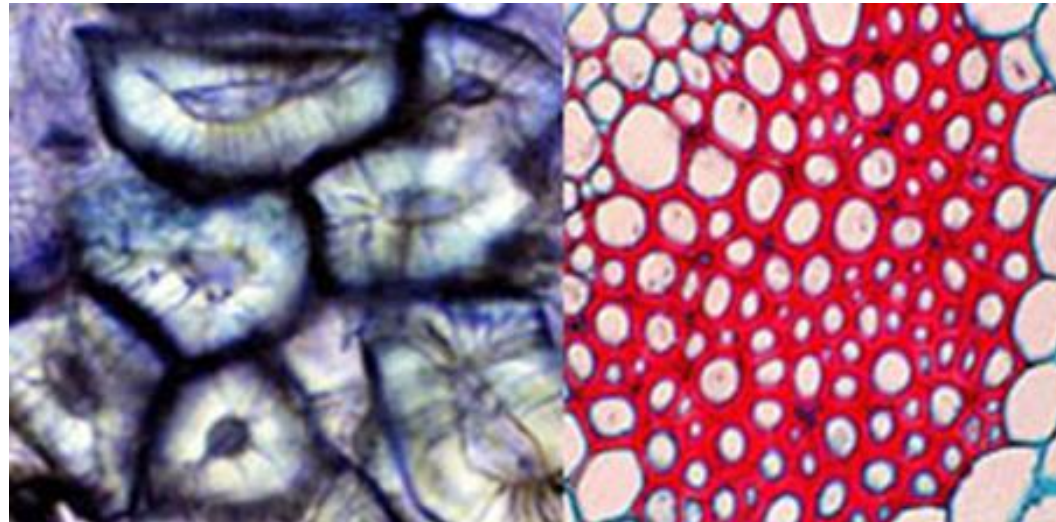
Con l'invecchiamento del collenchima, le cellule possono apporre una parete secondaria lignificata, trasformando così il Collenchima in Sclerenchima.

Lo Sclerenchima però non si forma esclusivamente per morte delle cellule collenchimatiche.



Le cellule dello Sclerenchima possiedono una parete secondaria, cioè uno strato di parete all'interno della parete primaria, che frequentemente subisce un processo di lignificazione. La presenza di lignina altera le caratteristiche della parete secondaria che diventa più rigida, robusta e impermeabile. La deposizione di lignina interessa anche la parete primaria.

Al termine del processo di differenziamento la cellula sclerenchimatrica muore ed il protoplasma degenera.

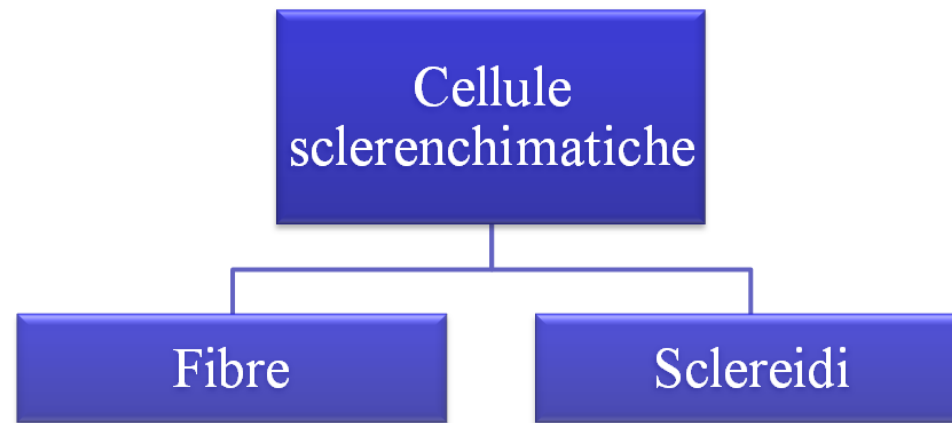


Lo sclerenchima è quindi il tessuto di sostegno presente in quelle zone che hanno terminato l'accrescimento per distensione, dove sostituisce il collenchima tipico degli organi giovani.

Rispetto al collenchima :

- è costituito da cellule che dopo aver completato il proprio differenziamento muoiono;
- ha una maggiore resistenza, perché le pareti delle sue cellule vanno incontro a modificazioni, con apposizione di strati di parete secondaria omogeneamente distribuiti e lignificati.

In base alla loro morfologia, si possono distinguere due tipi di cellule sclerenchimatiche:



di forma allungata, affusolata alle estremità, mai ramificate, adatte a resistere alla trazione; si trovano

- nello xilema (legno) delle angiosperme (fibre xilematiche o xilari o libriformi per la somiglianza con il tessuto floematico), con parete secondaria sempre lignificata (nelle gimnosperme esistono delle fibre con funzione meccanica e di conduzione: le fibrotracheidi), oppure

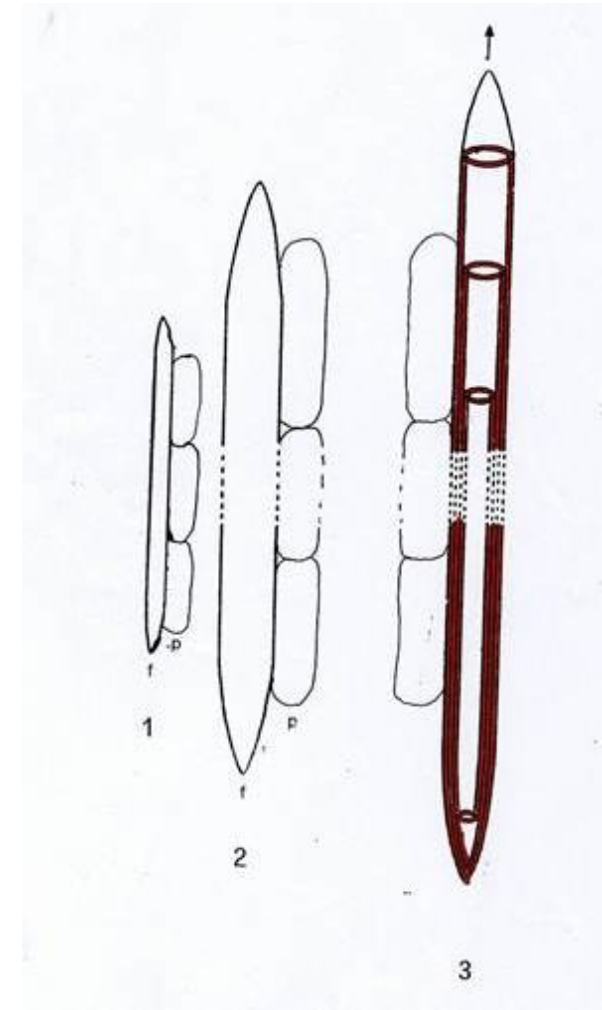
- al di fuori dello xilema (extraxilari), nella parte periferica dei fusti (corteccia), raggruppate in fasci (per aumentare la resistenza).

di forma irregolare, brevi e talvolta ramificate, adatte a resistere alla pressione

FIBRE XILARI O XILEMATICHE

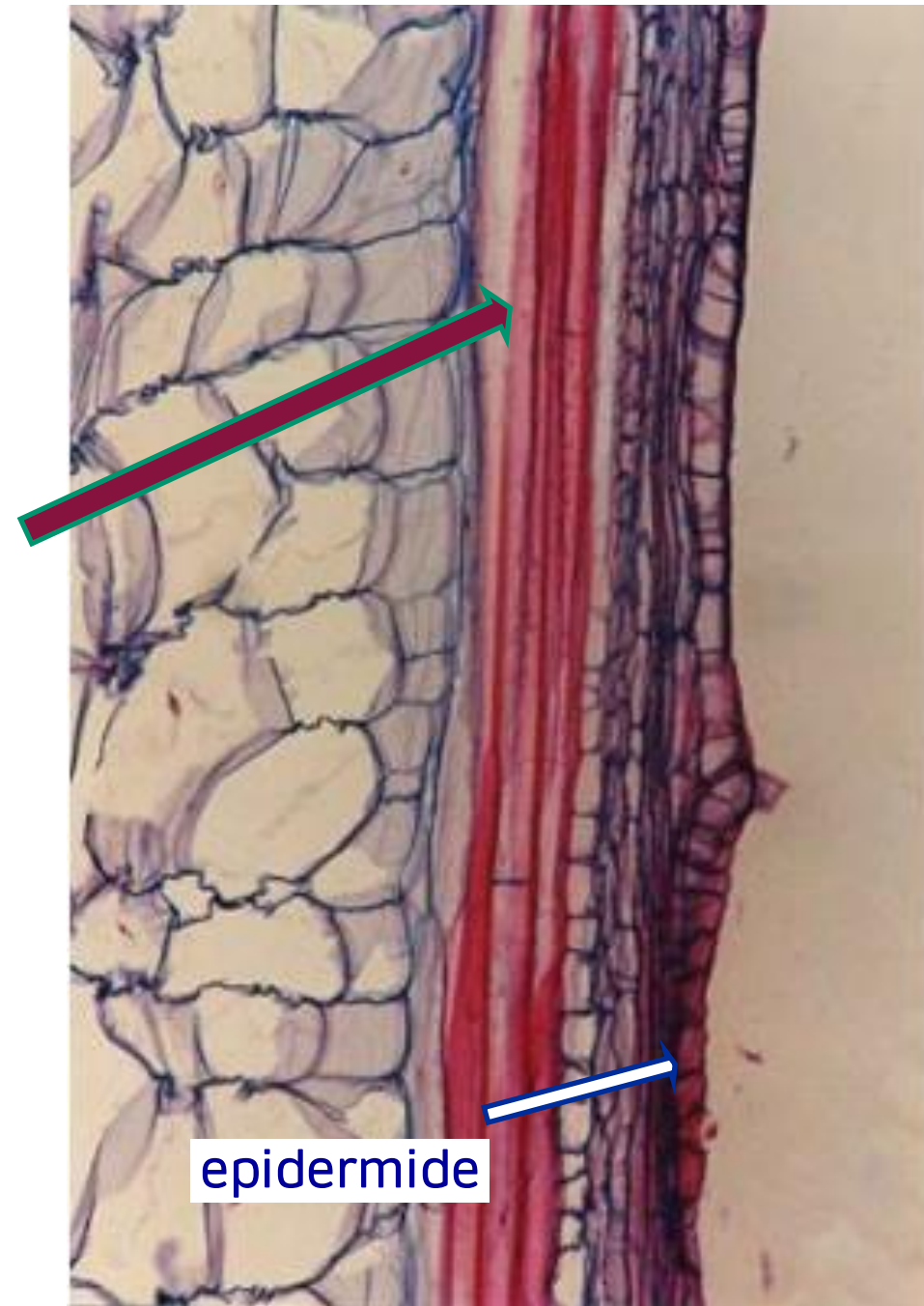
Sono formate da cellule allungate e affusolate all'estremità, prive di spazi intercellulari e con parete lignificata. Possono essere lunghe vari mm. Si trovano nel legno, specialmente secondario, di cui sono parte integrante insieme ai vasi e alle cellule parenchimatiche.

1, 2: la fibra (f) e le cellule parenchimatiche (p) crescono insieme per distensione; 3: solo la fibra continua a crescere all'apice o agli apici, che si insinuano tra le cellule circostanti (accrescimento intrusivo), mentre la porzione mediana cessa di accrescersi e deposita una parete secondaria; la freccia indica l'apice (talvolta gli apici) ancora in crescita con la sola parete primaria. Cessato l'accrescimento, viene deposta la parete lignificata anche all'apice e la cellula muore.

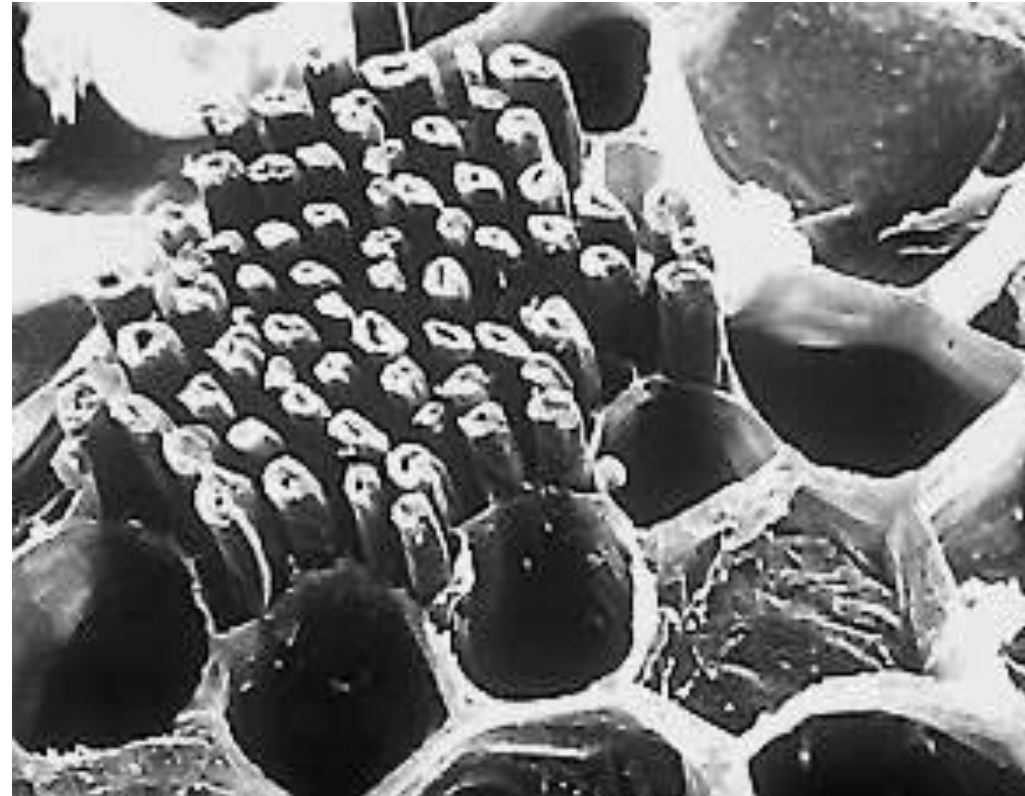


Stadi di accrescimento di una fibra

➤ - fibre extraxilari , sempre esterne allo xilema, localizzate a ridosso del floema (fibre liberiane), nella corteccia, o subito sotto la corteccia.

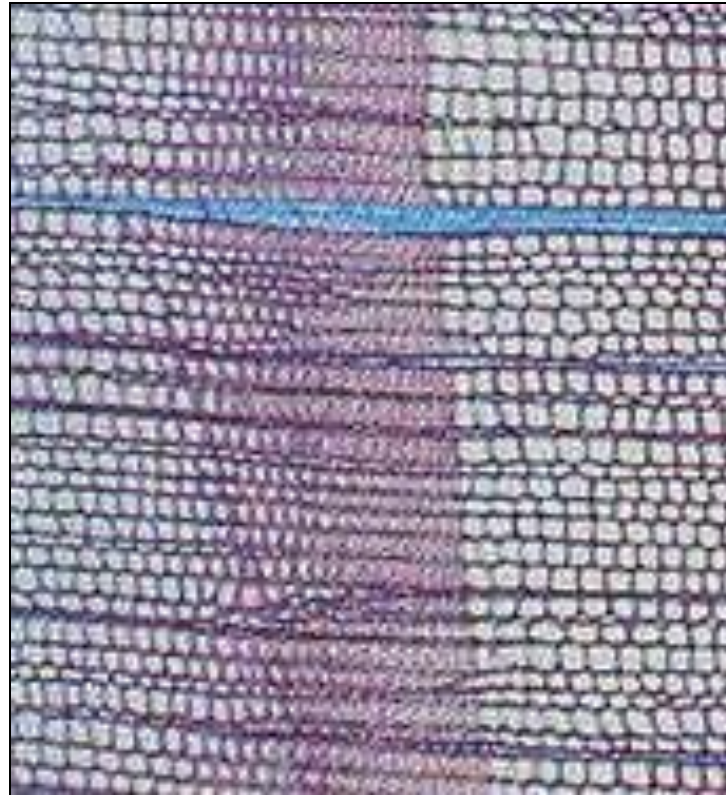


In sezione trasversale appaiono poligonali, possono essere isolate o spesso aggregate in fasci o cordoni longitudinali. La loro parete è ispessita ed il lume cellulare è estremamente ridotto.



FIBROTRACHEIDI - FIBRE XILEMATICHE

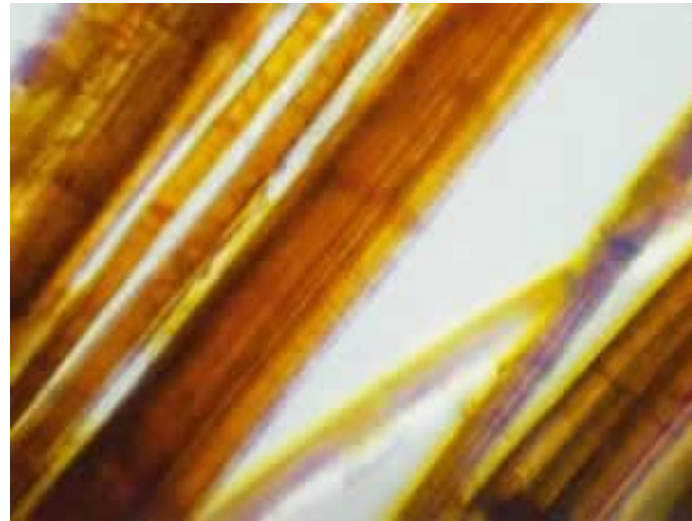
Un tipo particolare di fibre xilematiche è costituito dalle fibro-tracheidi, caratteristiche delle gimnosperme che, con struttura intermedia tra le fibre e le tracheidi, accompagnano la duplice funzione meccanica e di conduzione.



Le fibre extraxilari del floema sono la fonte di molte fibre commerciali e possono essere prodotte da diverse specie incluso il lino (parete completamente cellulosica), la canapa (parete parzialmente lignificata) e la juta (Cochorus sp.)(parete completamente lignificata).



LINO
Linum usitatissimum



CANAPA
Cannabis sativa



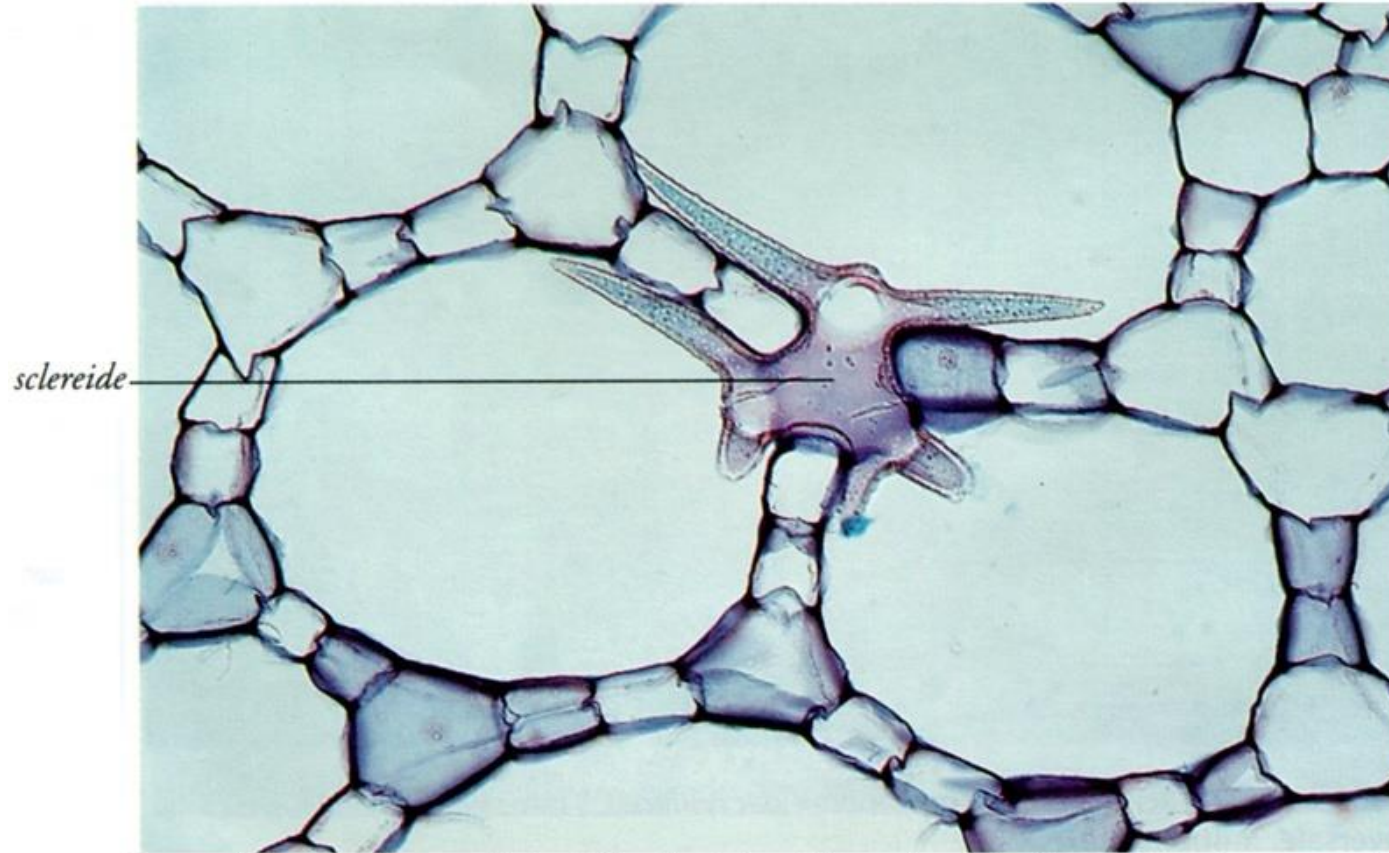
Sclereidi

Formano uno sclerenchima tipico delle parti della pianta che hanno completato la crescita per distensione. Le sclereidi hanno una parete lignificata ed inspessita, presentano forme molto diverse, talvolta sono ramificate;

Sono presenti in tutto il corpo della pianta (fusto, foglie, semi), isolate o riunite in gruppi, come le cellule petrose della polpa di pera, o in ammassi consistenti, come nel guscio di noci e nocciole.

Vengono distinte sulla base della loro morfologia:

- 1.astrosclereidi (cellule ramificate o più o meno a forma di stella, come nella foglia della *Camelia sinensis*, o nel picciolo della ninfea)



Astrosclereide
nel picciolo di
ninfea

Parenchima aerifero nel picciolo di ninfea (*Nymphaea* L., fam. Nymphaeaceae)

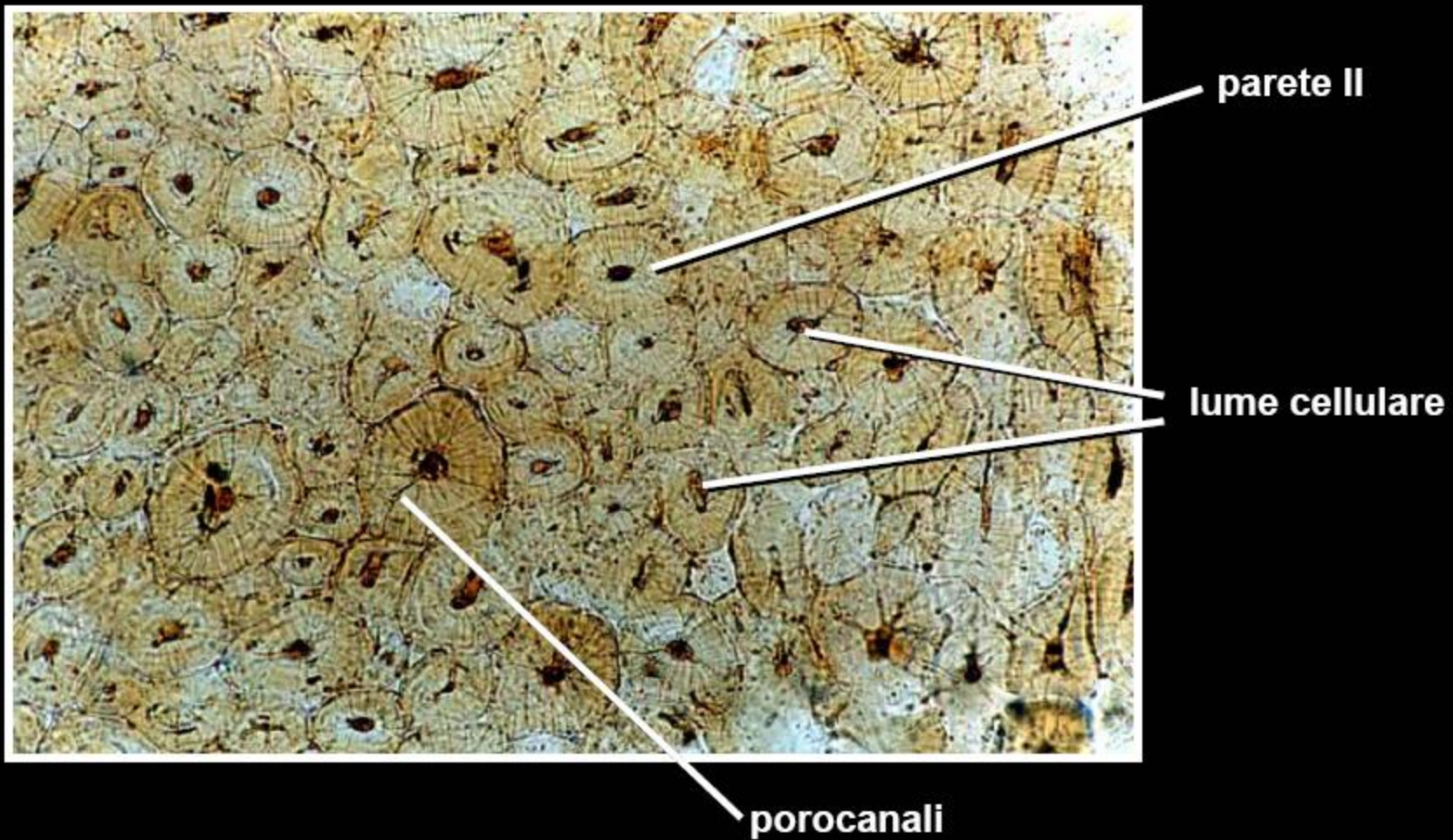
2. Brachisclereidi (tondeggianti o poligonali)

Brachisclereide nel frutto
della palma da cocco



chiamate cellule petrose, sono isodiametriche, con parete molto spessa, attraversata da punteggiature ramificate, e lume cellulare ridottissimo. Possono formare piccoli ammassi (es. i granellini duri della polpa di pera) o tessuti molto duri e legnosi (es. il guscio della noce di cocco o del nocciolo di albicocche, pesche ecc. → protezione dei semi all'interno).

Brachisclereidi – Endocarpo (strato più interno del frutto) di *Prunus spp*



TESSUTI MECCANICI

FUNZIONE: sostegno



COLLENCHIMA

parete primaria regolarmente od
irregolarmente inspessita

- vive
- sostegno plastico agli organi giovani e ancora in crescita

SCLERENCHIMA

parete primaria e secondaria lignificate

- morte a maturità
- sostegno elastico nelle parti della pianta che hanno completato l'accrescimento

TESSUTI SEGREGATORI (SECRETORI)

Secrezione: consistente nell'elaborazione e nell'emissione di determinate sostanze
liberazione di composti

In base al sito di deposizione del secreto sono distinti in quelli in cui la secrezione è INTERNA:

- idioblasti secretori
- canali secretori
- tasche secretorie
- tubi o dotti laticiferi

e quelli in cui il secreto è rilasciato all'ESTERNO :

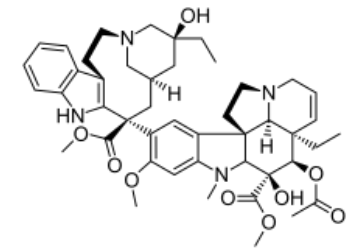
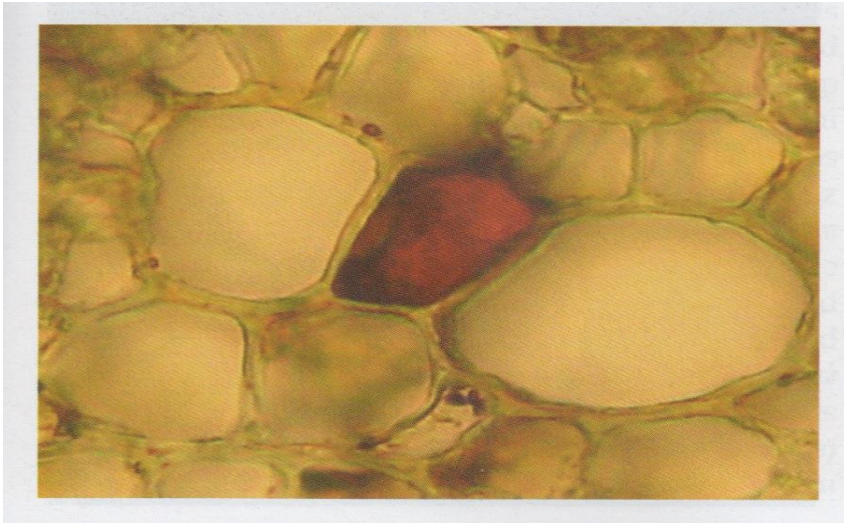
- tricomi ghiandolari
- ghiandole saline
- nettarii

SECREZIONE INTERNA

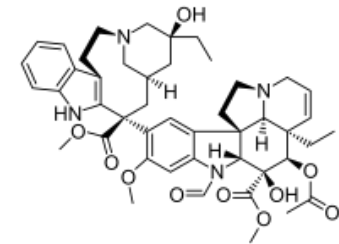
IDEOBLASTI

Gli idioblasti secretori sono singole cellule (e non tessuti) specializzate nella secrezione interna alla pianta di diversi composti organici che sono accumulati nel vacuolo.

Gli idioblasti secretori sono localizzati tra le cellule parenchimatiche di diversi organi.
Idioblasti contenenti alcaloidi sono, ad esempio, caratteristici della vinca rosea (*Catharanthus roseus*).



vinblastina



vincristina

Idioblasto secretore in una sezione trasversale di fusto, colorato in rosso mattone con il reagente Wagner, specifico per gli alcaloidi

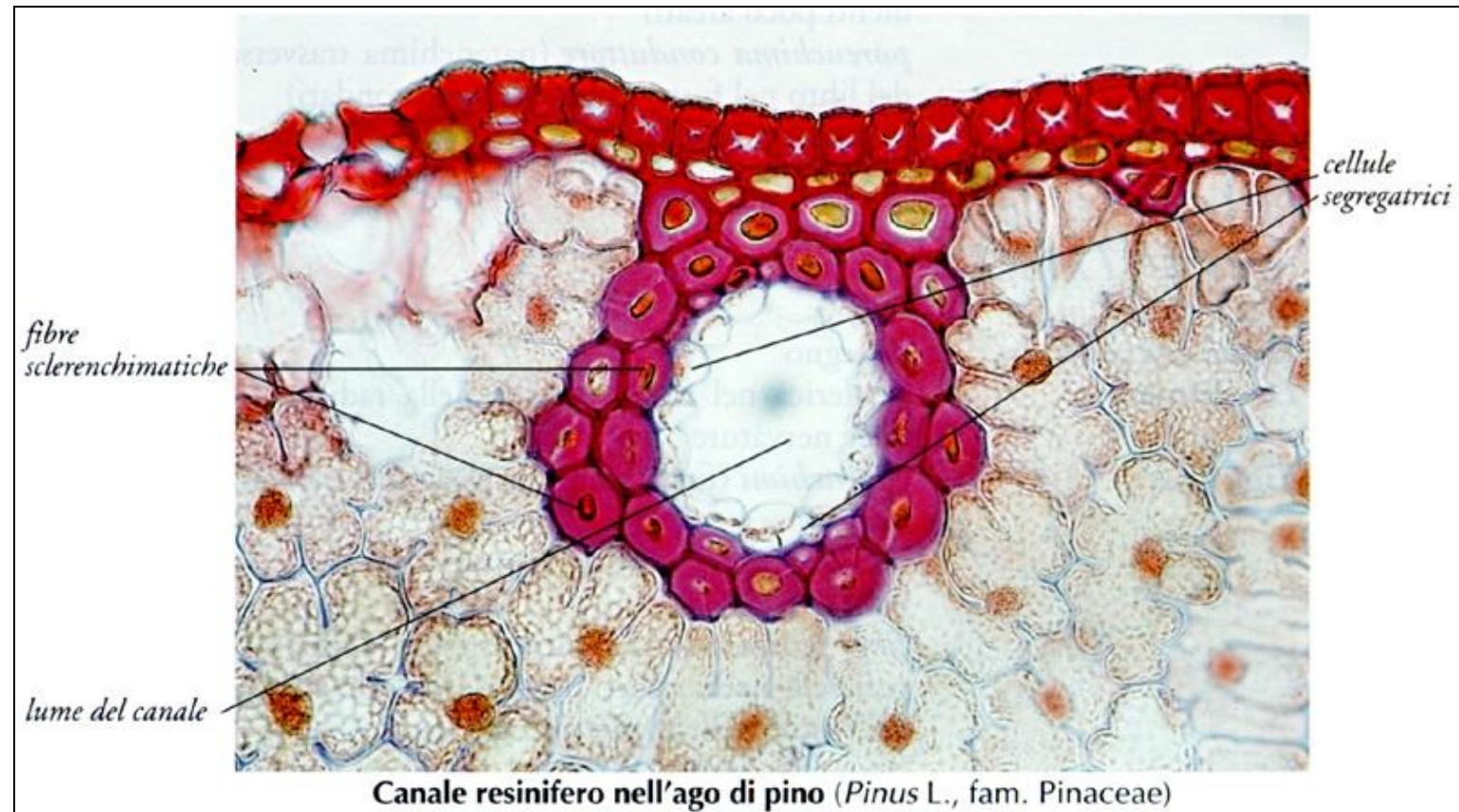
SECREZIONE INTERNA CANALI SECRETORI

I canali secretori sono canali interni in cui sono riversate sostanze escrete internamente. Si originano da poche cellule meristematiche soggette a poche divisioni, tra le quali inizia a formarsi uno spazio intercellulare centrale che va a formare il lume del canale.

Se nei canali secretori sono riversate resine, come nel caso delle conifere, si definiscono dotti resiniferi.
Se contengono gomme, si definiscono dotti gommiferi.

Sezione longitudinale

Canale resinifero in ago di pino
circondato da fibre
sclerenchimatiche

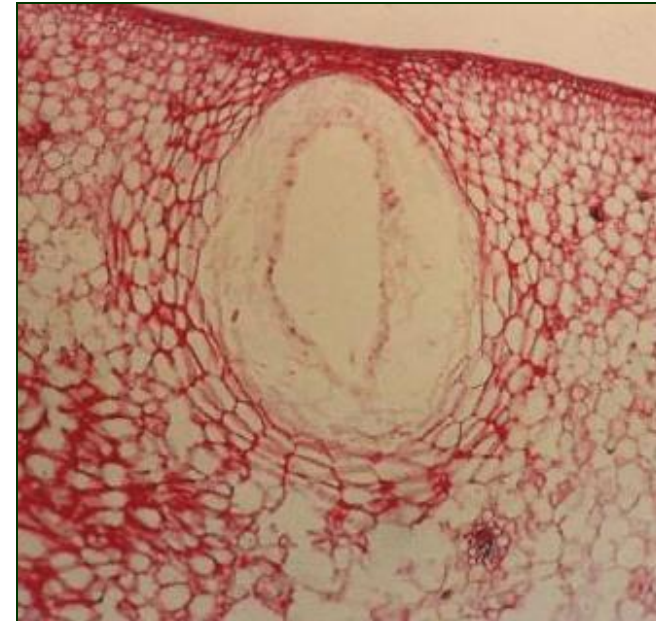


SECREZIONE INTERNA TASCHE SECRETRICI

Le tasche secretrici o cavità secretorie sono strutture sferiche costituite da un epitelio secernente. In esse la secrezione extracellulare avviene ad opera di cellule secretrici ricche di oli essenziali, tipiche delle foglie e dei frutti, responsabili di odori caratteristici di alcune piante, come le foglie di alloro, o i petali di rose.

Sono particolarmente abbondanti nei frutti (esocarpo) delle Rutaceae (arancio, mandarino, limone, pompelmo).

La cavità delle tasche secretorie si può formare per lisi (lisogena) o per distanziamento delle cellule.



SECREZIONE INTERNA TUBI LATICIFERI

I tubi laticiferi sono formati da singole cellule vive allungate o file di cellule vive allungate che contengono grandi vacuoli in cui viene accumulato un liquido, il lattice.

Il lattice è una sospensione eterogenea in fase acquosa che può contenere gomme, resine, amido, alcaloidi, sostanze proteiche, enzimi. E' in genere color latte, ma a contatto con l'aria può cambiare colore per la presenza di composti facilmente ossidabili; è sotto pressione per cui fuoriesce facilmente in seguito a ferita.

La presenza di laticiferi è tipica di alcune famiglie, come le Papaveraceae (ad es. *Papaver somniferum* – papavero da oppio), le Euphorbiaceae (ad es. *Euphorbia pulcherrima* conosciuta come stella di Natale) e le Moraceae (ad es. il *Ficus carica*).

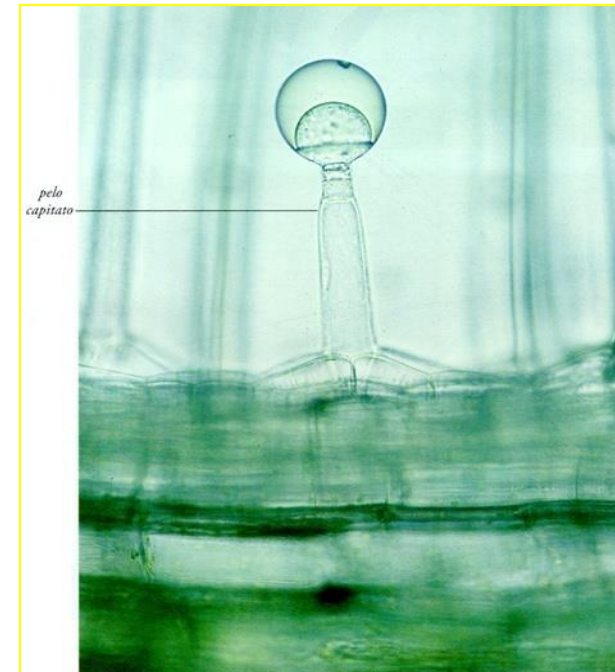
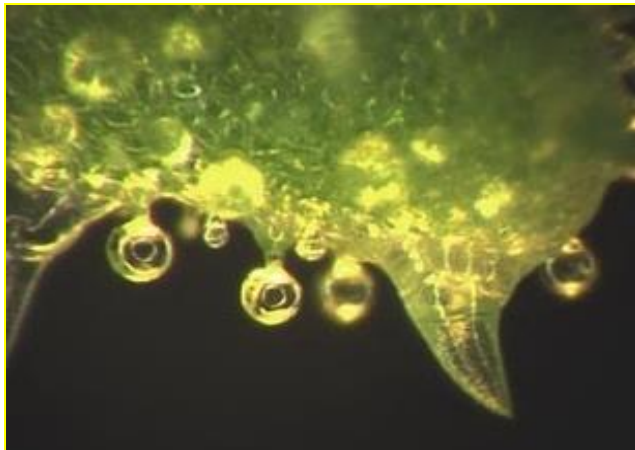


SECREZIONE ESTERNA

TRICOMI GHIANDOLARI

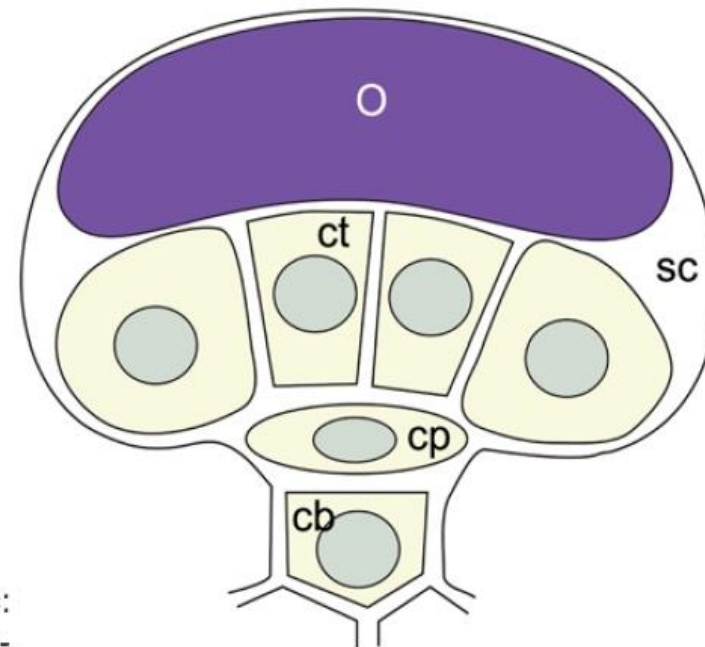
I tricomi ghiandolari sono presenti sulla superficie di foglie, fusti e fiori e producono sostanze importanti per l'interazione con l'ambiente esterno, come organismi erbivori e gli impollinatori.

Hanno una testa multicellulare che contiene il secreto che diffonde nell'ambiente. Esempi di piante con peli capitati sono la menta (genere *Mentha*), il leccio (*Quercus ilex*) e la lavanda (*Lavandula officinalis*).



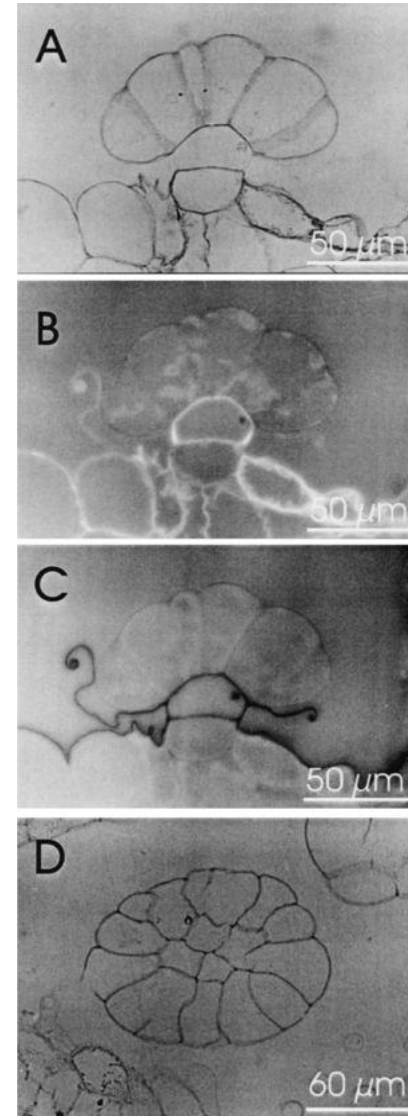
Sono caratterizzati da una testa globulare formata da una o più cellule secretrici le cui pareti si differenziano in uno strato cuticolare, uno pectico ed uno cellulosico. Il materiale secreto viene riversato nello spazio che si genera per allontanamento dello strato cuticolare da quello pectico.

cellula basale (cb), una cellula peduncolare (cp) ed una o più cellule secretici (ct = cellule della testa), le cui pareti presentano uno strato cuticolare ed uno strato pectico e cellulosico. Il materiale secreto (o = goccia d'olio) viene riversato in una cavità sub-cuticolare (sc) che si forma per allontanamento dello strato pectico e cellulosico da quello cuticolare.

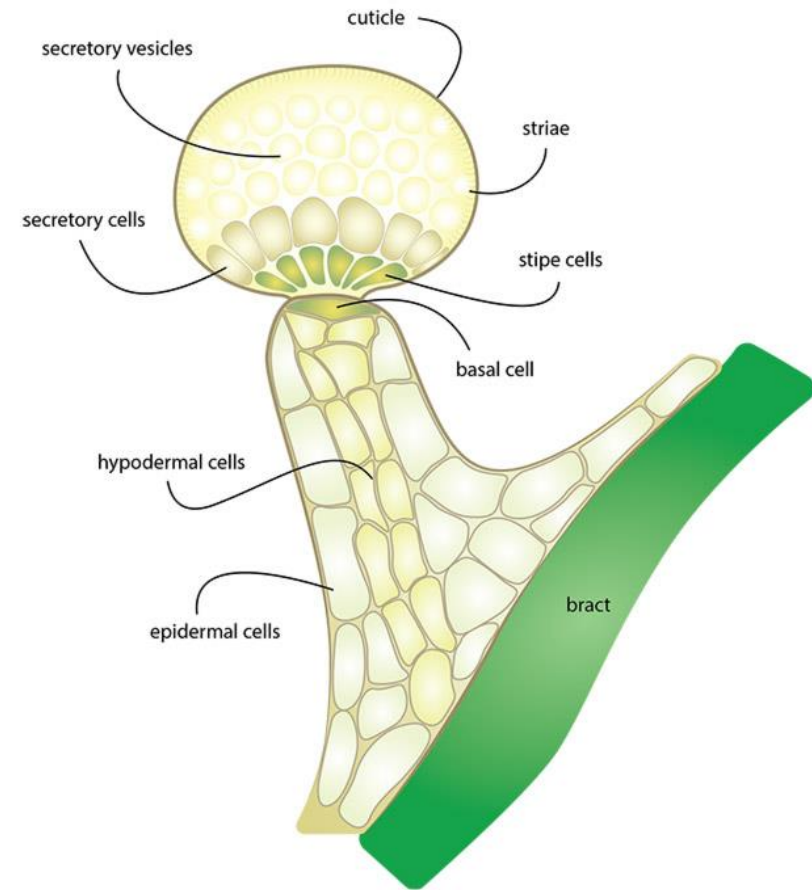


Tricomi ghiandolari nelle Lamiaceae. O: goccia d'olio, sc: cavità subcuticolare, ct: cellule della testa (sito di biosintesi dei terpeni), cp: cellula peduncolare, cb: cellula basale.

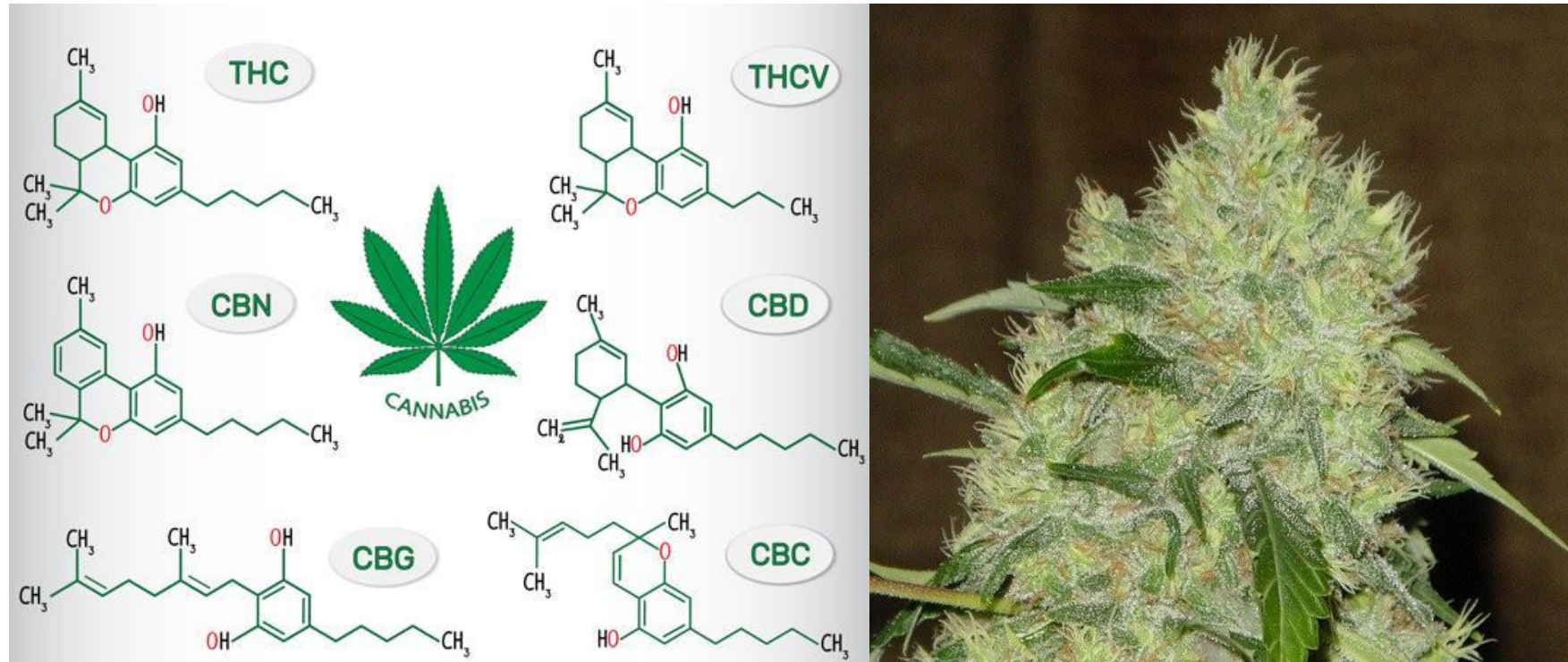
Si trovano, ad esempio, nella salvia (*Salvia officinalis*), nell'origano (*Origanum vulgare*) nel timo (*Thymus vulgaris*) e nell'infiorescenza della canapa (*Canapa sativa*)



TRICOMI, PELI GHIANDOLARI



CANNABINOIDI



SECREZIONE ESTERNA GHIANDOLE SALINE



Le ghiandole saline sono caratteristiche di piante adattate ad ambienti litorali, come le mangrovie (piante delle coste marine tropicali) o il genere *Limonium*, sono specializzate nella secrezione di soluzioni contenenti sali minerali.

SECREZIONE ESTERNA NETTARI

Sono strutture ghiandolari pluricellulari che secernono un liquido contenente principalmente zuccheri ed altre sostanze come lipidi, proteine e talvolta alcaloidi.

Possono essere presenti nel fiore (nettari fiorali), con funzione di richiamo per gli impollinatori,

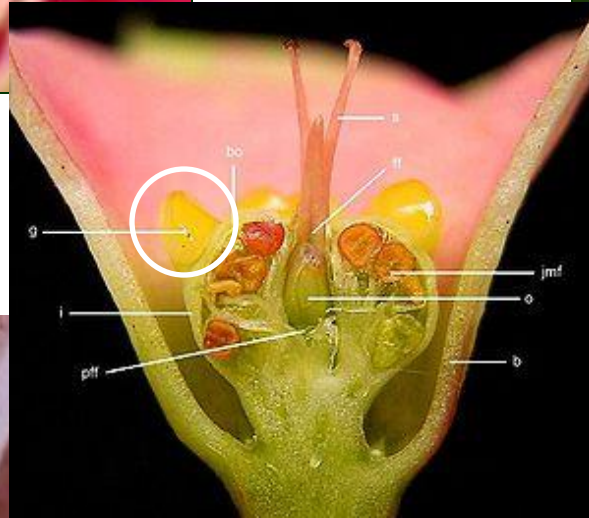
o negli organi vegetativi (nettari extra-fiorali) con funzione protettiva dagli organismi fitofagi.



Nettari fiorali



Nettari extraflorali



nettari



TESSUTI CONDUTTORI

Sono i tessuti adibiti alla funzione di trasporto, che sono comparsi, analogamente ai tessuti di sostegno, con la conquista dell'ambiente terrestre e l'aumento delle dimensioni delle piante.

La presenza dei tessuti conduttori è fra le caratteristiche principali delle piante con un cormo;

Le piante che differenziano i tessuti conduttori sono state pertanto chiamate piante vascolari (tracheofite)

Equiseto – coda di cavallo



Felci



È da sottolineare che il movimento dei liquidi può avvenire anche attraverso i parenchimi, tuttavia questo trasporto risulta eccessivamente lento per le numerose pareti che le sostanze devono attraversare (movimento apoplastico) ed i plasmodesmi non sono sufficienti per accelerare il trasporto (movimento simplastico).

Atracheofite – Piante non vascolari

Muschi

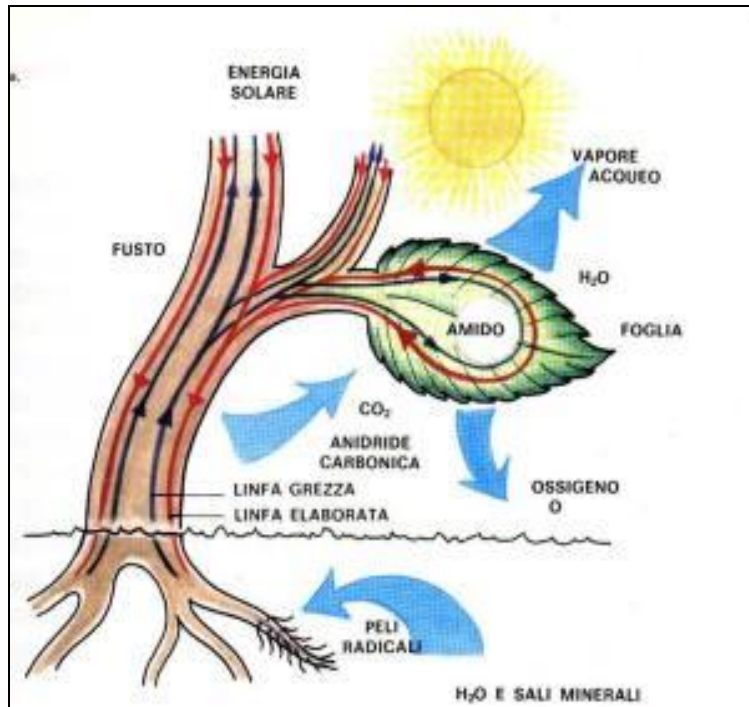


Antocerote



CARATTERISTICHE

comuni a tutti i tessuti conduttori



La caratteristica comune ai tessuti conduttori è quella di possedere cellule allungate sovrapposte in file, nella direzione del trasporto.

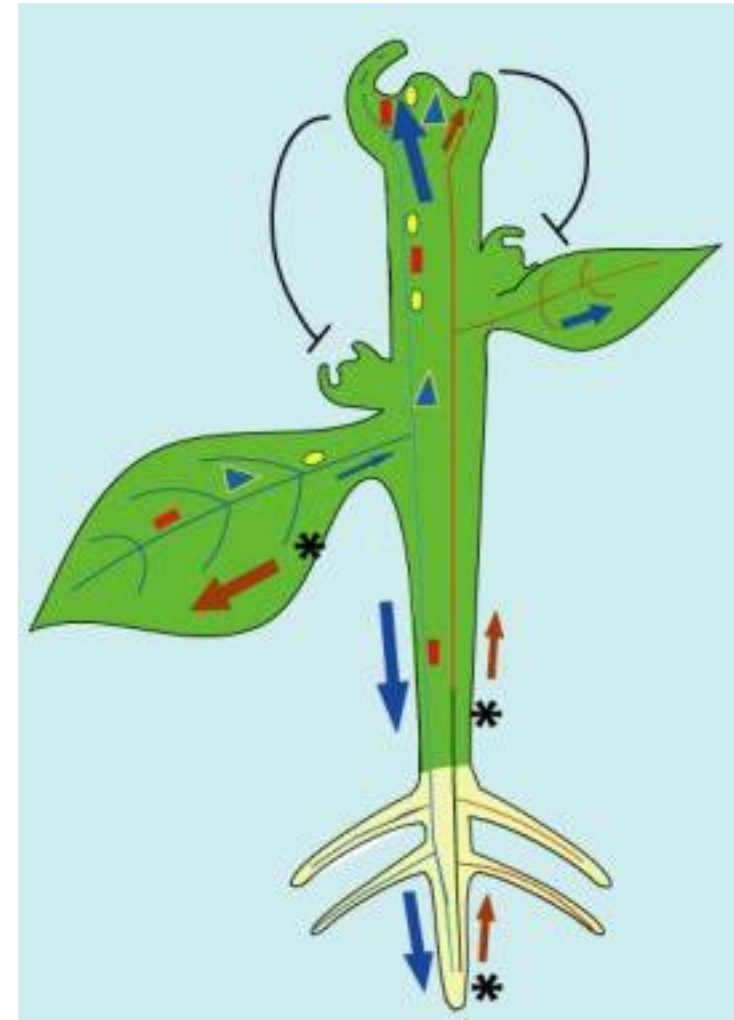
Le pareti trasversali sono spesso oblique, in modo da avere una maggiore superficie di contatto tra cellule conduttrici contigue della stessa fila.

Inoltre, sempre allo scopo di facilitare il trasporto, le pareti trasversali possiedono anche più o meno cospicue perforazioni.

DIREZIONI DI TRASPORTO

Le direzioni di trasporto delle soluzioni nelle piante sono due:

- ✗ l'acqua e nutrienti minerali, assorbiti dal terreno, si muovono dalle radici verso le foglie;
- ✗ e sostanze prodotte dal metabolismo, decorrono dalle foglie verso tutte le zone della pianta dove trovano impiego.



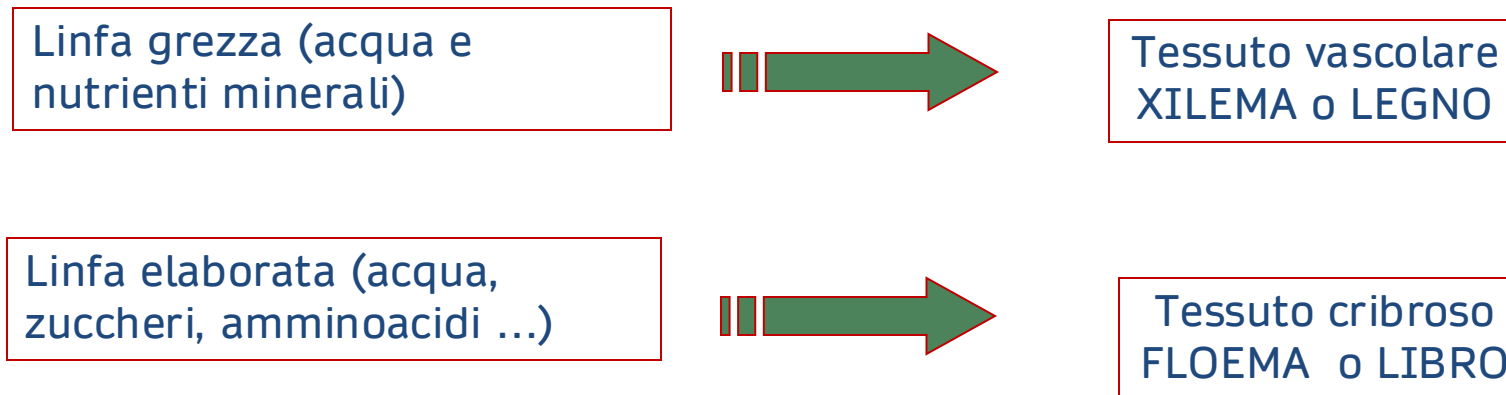
PIANTA VASCOLARE

DIREZIONI DI TRASPORTO

aspetti morfo-funzionali

A questa differenza funzionale corrisponde anche una differenza strutturale dei tessuti conduttori adibiti a ciascun tipo di trasporto:

- ✗ tessuto vascolare (xilema o legno), dove avviene il trasporto della linfa grezza (acqua e nutrienti minerali) dalle radici verso le altre parti della pianta,
- ✗ tessuto cribroso o floematico (floema o libro), dove viene trasportata la linfa elaborata (acqua, zuccheri, amino acidi ecc.) dai tessuti fotosintetici ai siti di utilizzo.

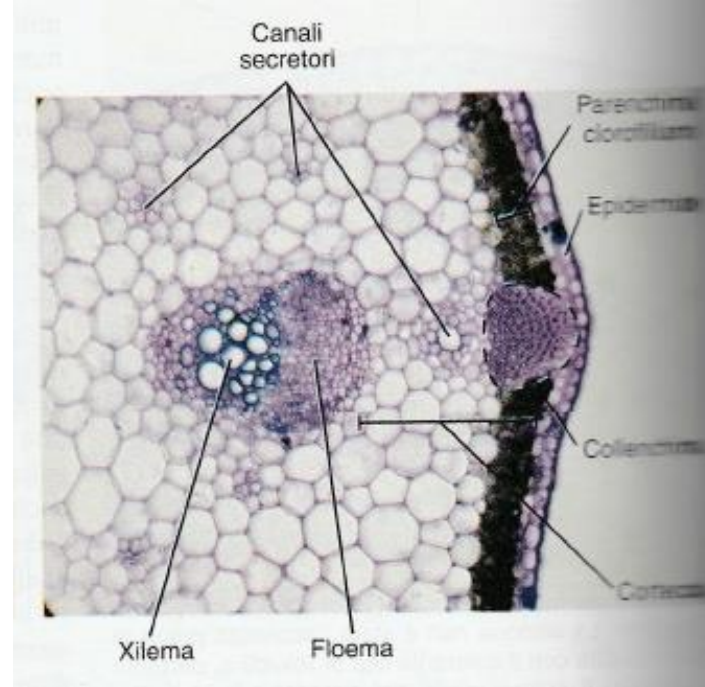


IL SISTEMA CONDUTTORE

Il sistema conduttore è rappresentato da un insieme di fasci conduttori;

ogni fascio conduttore è costituito dai tessuti conduttori veri e propri (xilema e floema) ai quali spesso si accompagnano tessuti parenchimatici e meccanici (collenchima e sclerenchima).

Comunemente nei fusti in ogni fascio lo xilema è rivolto verso l'interno del fusto ed il floema sempre verso l'esterno.



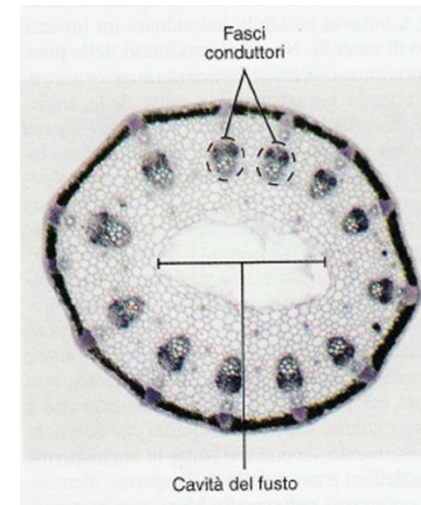
sezione con fusto cavo di finocchio selvatico
(*Foeniculum vulgare*)

I tessuti conduttori (Xilema e floema) insieme ad altri tessuti (meccanici e parenchimatici) formano i fasci conduttori.

Più fasci conduttori formano il sistema conduttore

La zona che contiene il sistema conduttore nella sua interezza viene denominato STELE o CILINDRO CENTRALE.

Ovvero la regione centrale dei fusti e delle radici, caratterizzata dalla presenza dei fasci vascolari e delimitata da un periciclo e da un'endoderme, comprende anche i tessuti parenchimatici del midollo e i tessuti meccanici associati a fasci vascolari.



TESSUTI CONDUTTORI

Protoxilema e metaxilema costituiscono lo XILEMA (O LEGNO) PRIMARIO (prodotto da un meristema primario). Lo xilema prodotto dai meristemi secondari è chiamato XILEMA SECONDARIO O LEGNO SECONDARIO.

Protofloema e metafloema costituiscono il FLOEMA (O LIBRO) PRIMARIO (prodotto da un meristema primario). Il floema prodotto dai meristemi secondari è chiamato FLOEMA SECONDARIO O LIBRO SECONDARIO.

xilema



Lo xilema è un tessuto complesso formato da diversi tipi di cellule, morfologicamente e funzionalmente differenti: cellule conduttrici (trachee e tracheidi), fibre, sclereidi e cellule parenchimatiche

floema



Il floema è un tessuto complesso formato da diversi tipi di cellule, morfologicamente e funzionalmente differenti: cellule conduttrici (cellule cribrose ed elementi dei tubi cribrosi), fibre, sclereidi e cellule parenchimatiche

TESSUTO VASCOLARE – XILEMA - LEGNO

Gli elementi del tessuto vascolare sono denominati vasi e sono costituiti da cellule morte ed allungate, a sezione poligonale o circolare, sovrapposte l'una sull' altra, ogni singola cellula è denominata “articolo del vaso”.

Possono essere sia di origine primaria che secondaria.



Vasi

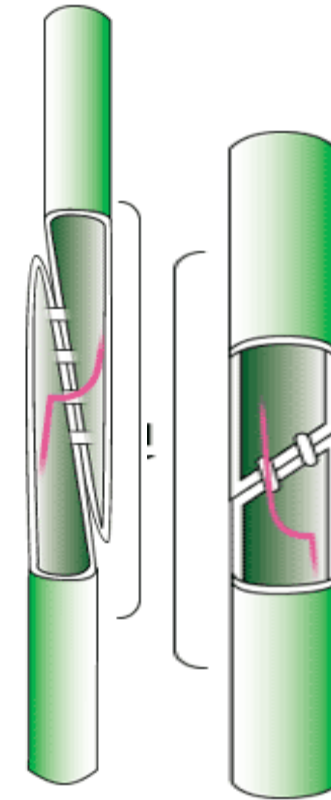
I vasi sono costituiti da cellule morte ed allungate,
sovrapposte l'una sull'altra.

I vasi sono costituiti da due tipi di cellule ovvero gli articoli
del vaso possono essere di due tipi diversi:

le tracheidi (tipiche delle felci e delle gimnosperme)

e le trachee (tipiche delle angiosperme).

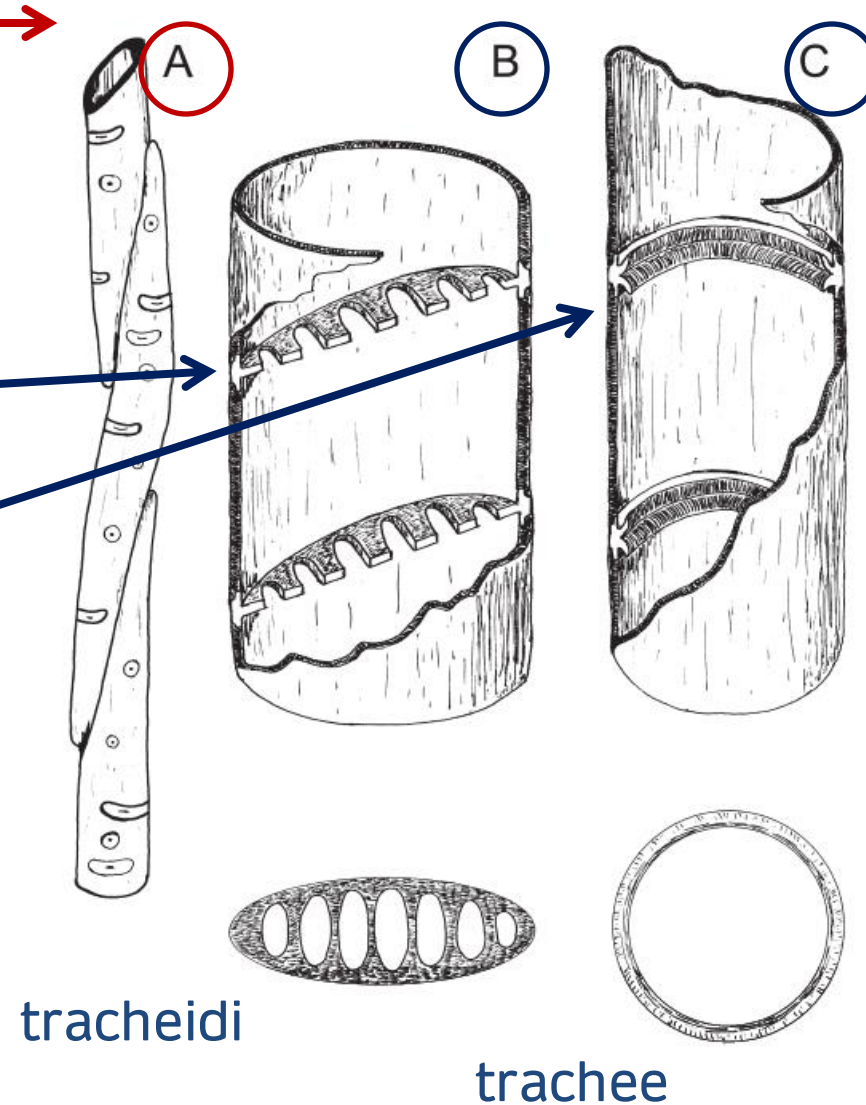
tracheidi



trachee

VASI- PARETI TRASVERSALI

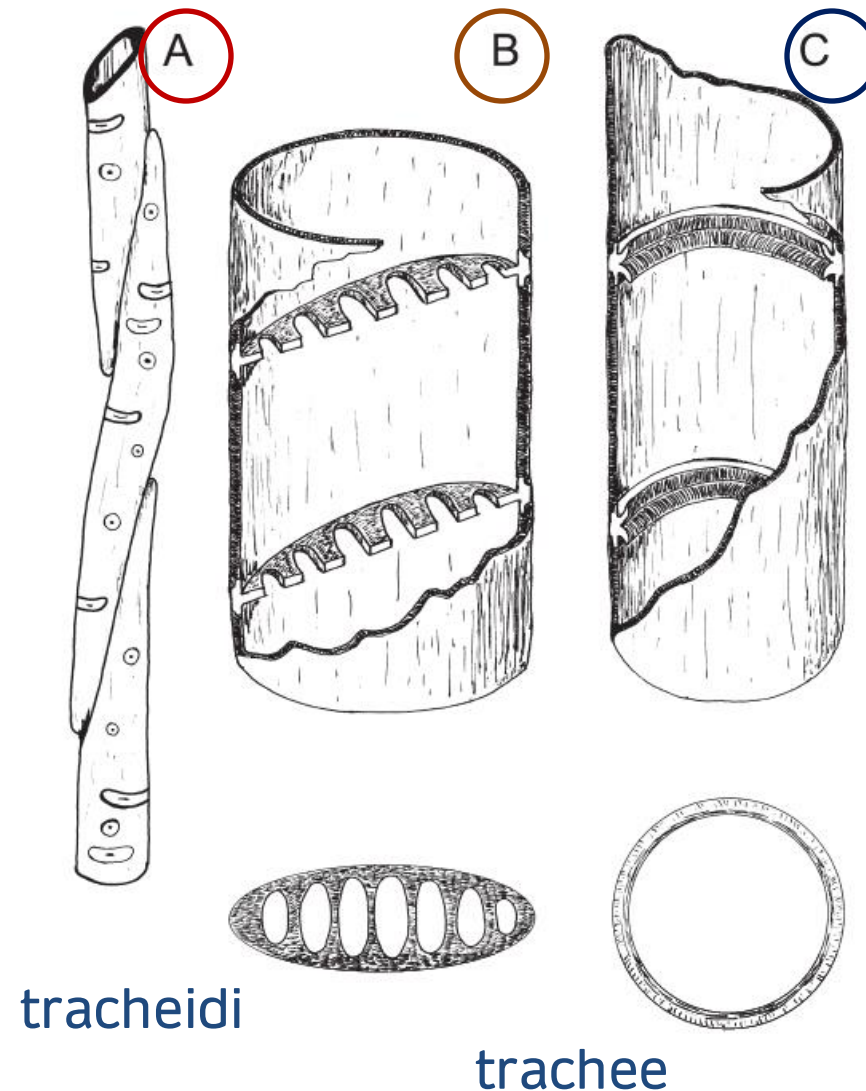
Le pareti trasversali delle tracheidi (A), di solito più o meno fortemente oblique e ricche di punteggiature, si mantengono integre, mentre nelle trachee le pareti trasversali vengono più o meno degradate (B) e di esse non rimane molto spesso che una traccia sotto forma di un anello addossato alla parete longitudinale (C). Così le tracheidi vengono chiamate vasi chiusi e le trachee vasi aperti.



VASI- AMPIEZZA DEL LUME

I due tipi cellulari differiscono per l'ampiezza del lume: le tracheidi hanno un lume assai stretto e sono fortemente allungate, le trachee hanno un lume più ampio e sono più corte.

Il riassorbimento più o meno completo delle pareti trasversali fa sì che una serie di elementi tracheali impilati diano luogo ad un unico vaso.

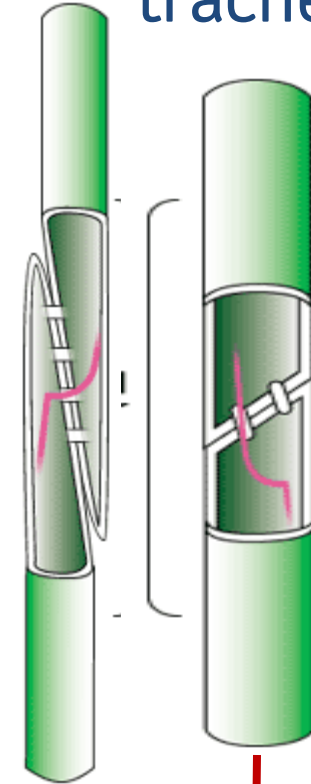


Vasi

Nelle felci e in alcune gimnosperme gli elementi conduttori sono le tracheidi laddove svolgono una duplice funzione di sostegno e conduzione sono definite fibro-tracheidi

Nelle Angiosperme gli elementi conduttori sono le trachee → cioè file longitudinali di cellule singole, riunite in un sistema di tubi (le tracheidi sono presenti principalmente nelle sottili nervature delle foglie)

tracheidi
trachee



FIBRO-TRACHEIDI

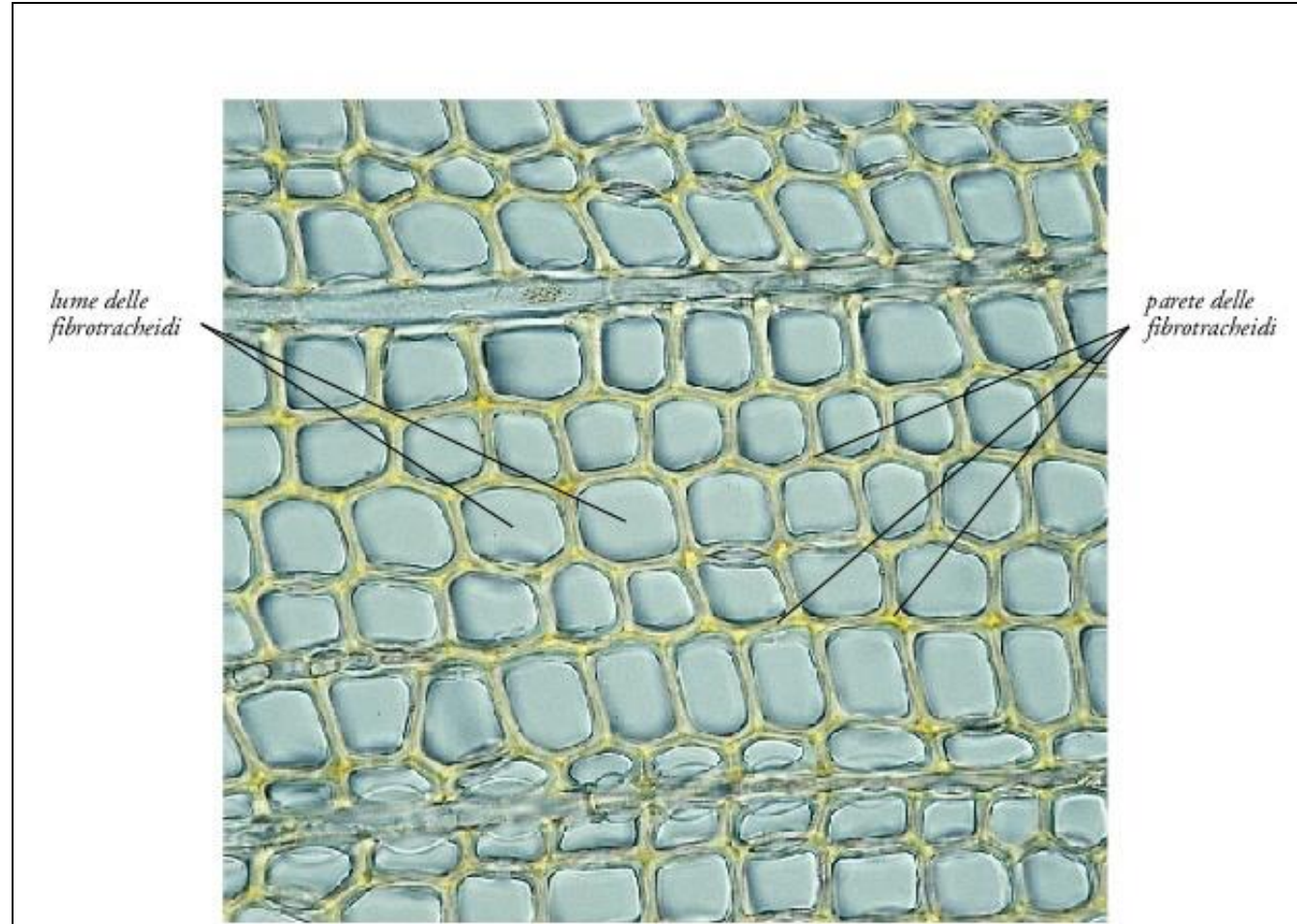
Nelle gimnosperme le tracheidi possono svolgere sia la funzione di conduzione che di sostegno; in quest'ultimo caso sono lignificate e definite fibro-tracheidi.

La formazione di tracheidi e fibrotracheidi è influenzata dalle stagioni; quando l'acqua è disponibile in quantità, è privilegiata la funzione di trasporto e prevalgono le tracheidi, mentre nella stagione secca, le tracheidi si lignificano divenendo fibro-tracheidi con prevalente funzione di sostegno.



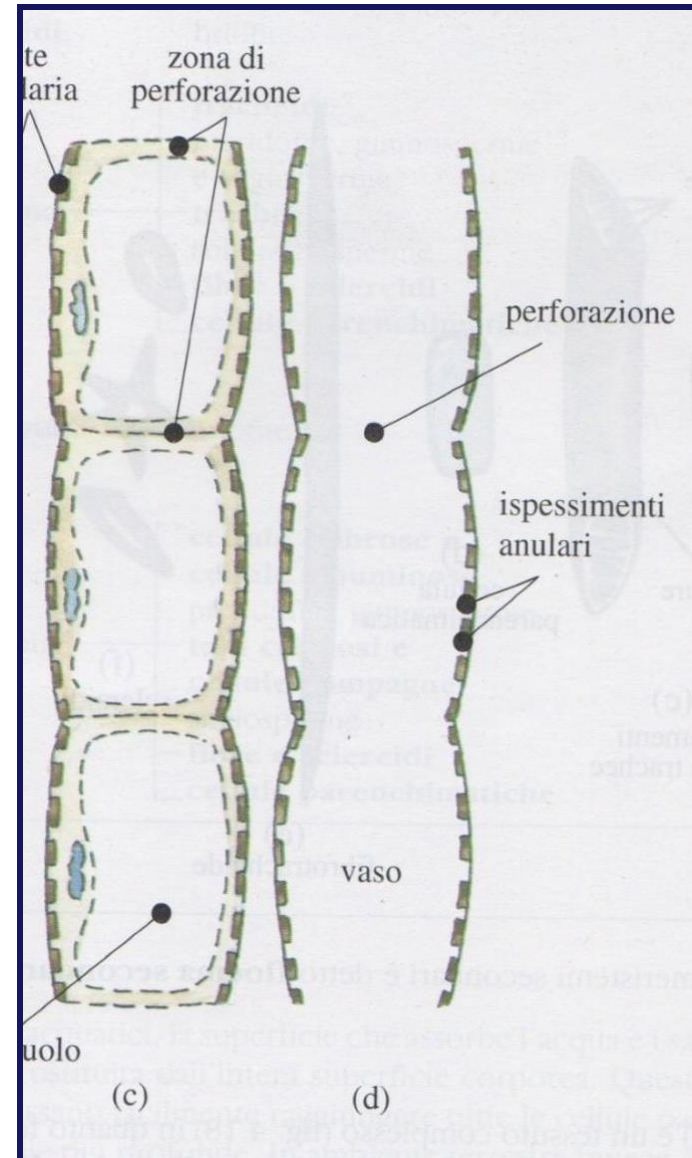
FIBRO-TRACHEIDI

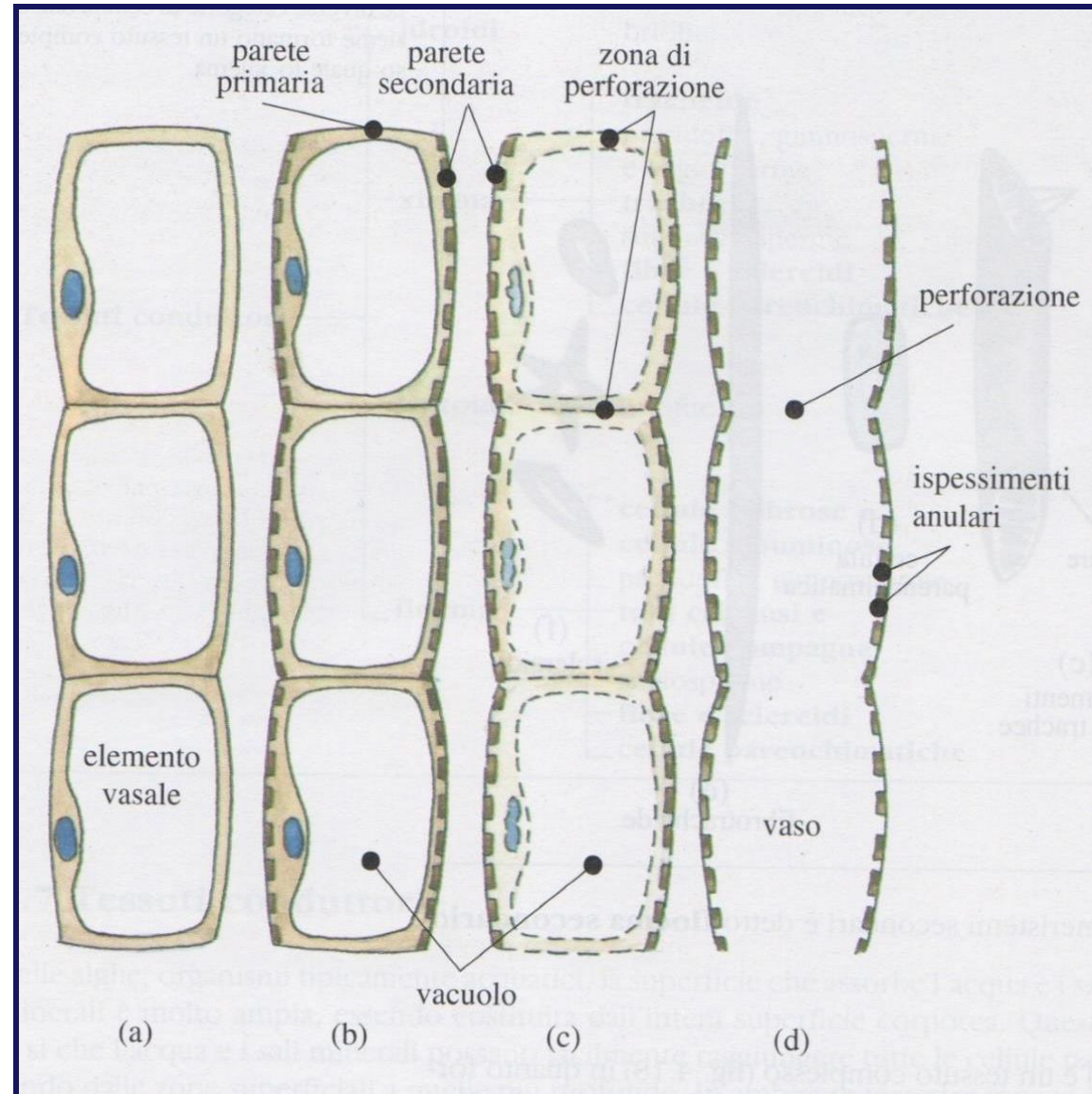
Fibrotracheidi nella sezione trasversale di un fusto di pino (notare gli inspessimenti delle pareti lignificate che conferiscono una funzione di sostegno)



c. E' completato l'ispessimento secondario delle pareti laterali, quelle trasversali vengono idrolizzate; enzimi litici (probabilmente di natura vacuolare) digeriscono nucleo, vacuolo e citoplasma.

d. Gli elementi della trachea sono maturi e morti, privi di protoplasto, aperti alle estremità, con ispessimenti non uniformi (qui anulari).





VASI- PARETI LONGITUDINALI

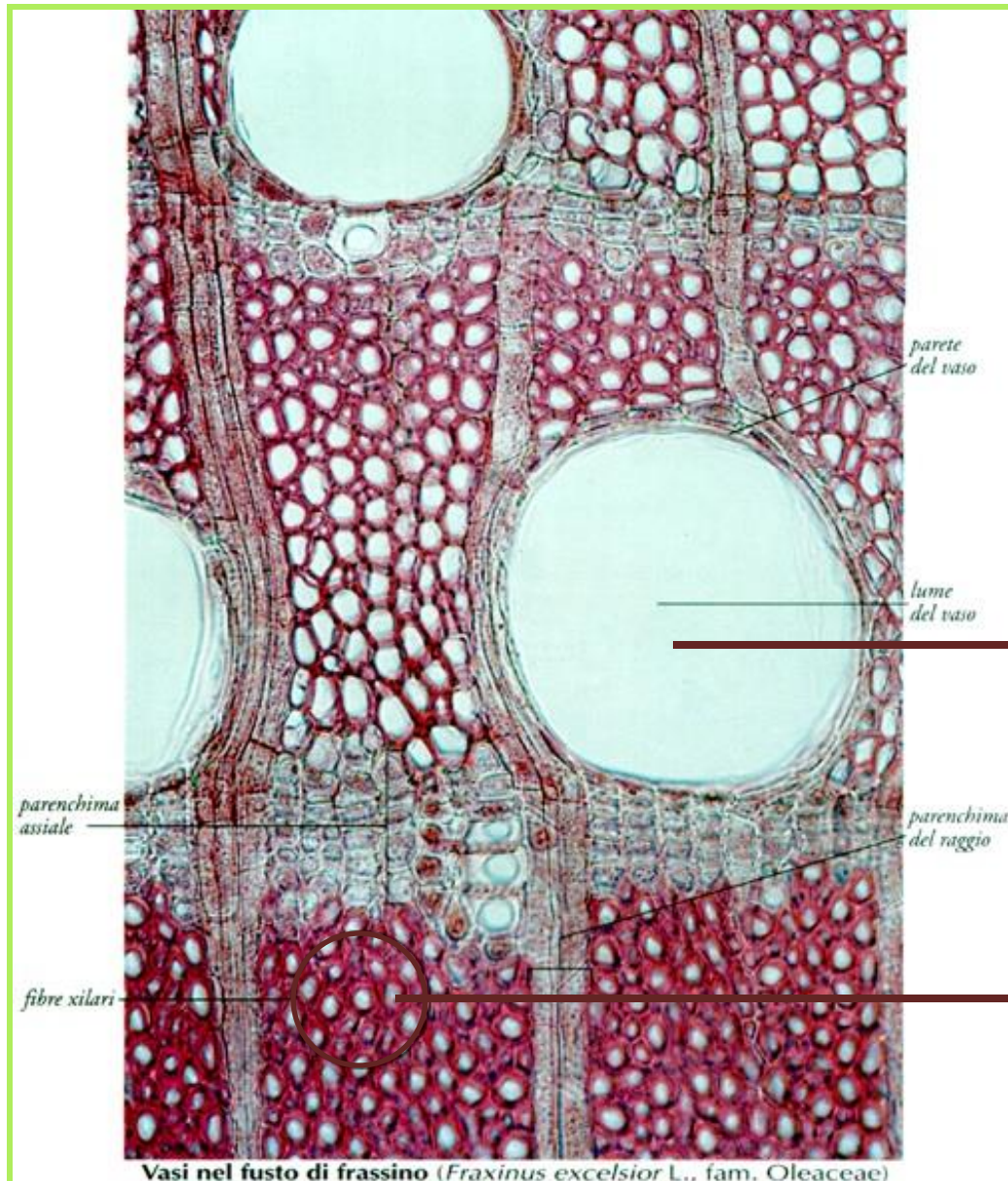
La parete primaria dei vasi è sottile, mentre la parete secondaria è notevolmente ispessita e lignificata.

Tuttavia, alcune aree della parete secondaria non sono ispessite in modo uniforme e restano di natura celluloso-pectica, in questo modo i vasi riescono a rifornire di acqua e nutrienti minerali i tessuti che attraversano.

Sulla base dei diversi tipi d'ispessimento della parete possiamo distinguere i seguenti vasi:

VASI PUNTEGGIATI - FUSTO SECONDARIO

Sezione trasversale



Sezione trasversale di un fusto secondario di frassino (*Fraxinus excelsior*, angiosperma dicotiledone con accrescimento secondario).

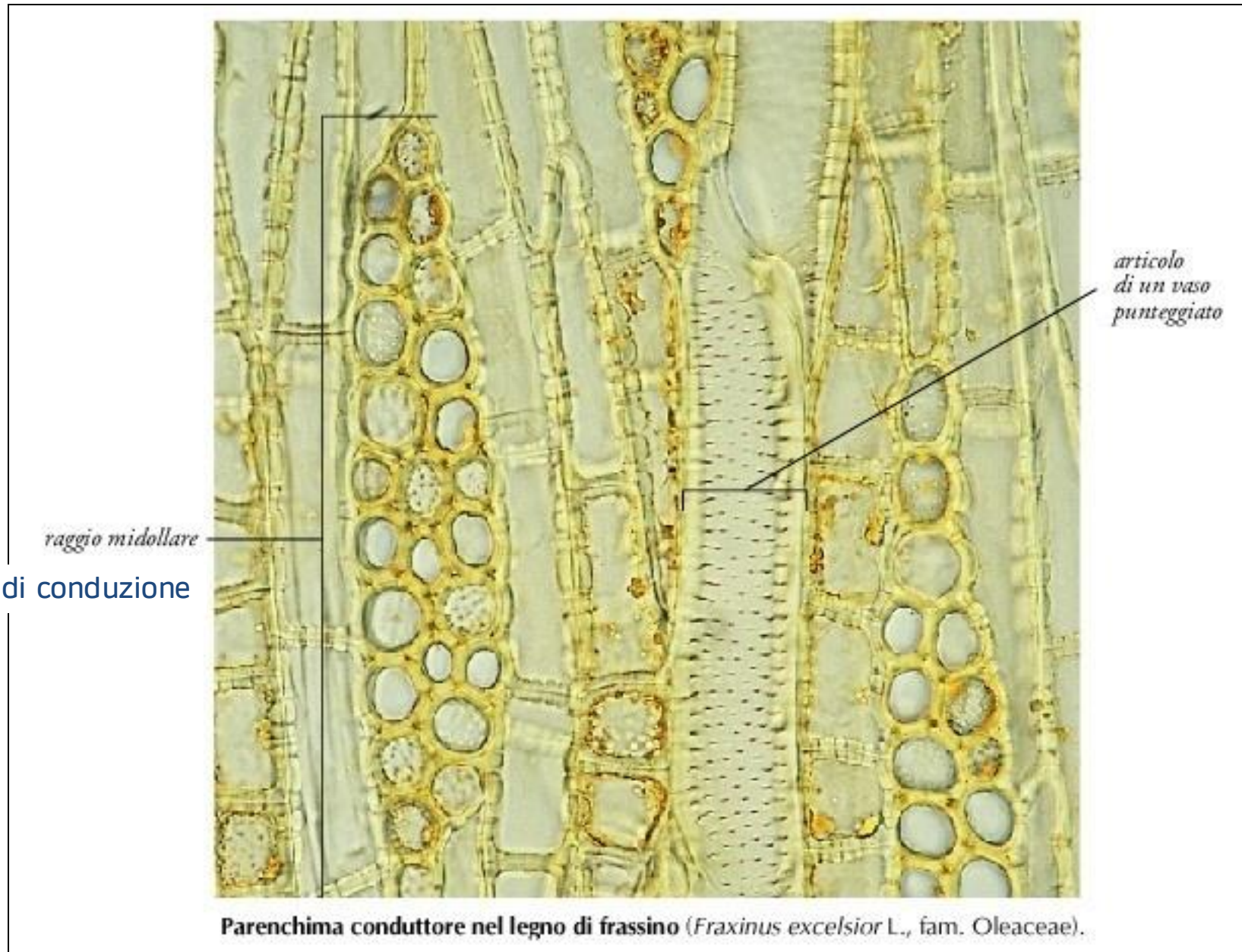
I vasi hanno sola funzione di trasporto e le fibre xilari (cellule sclerenchimatiche) hanno funzione di sostegno

lume del vaso

fibre xilari

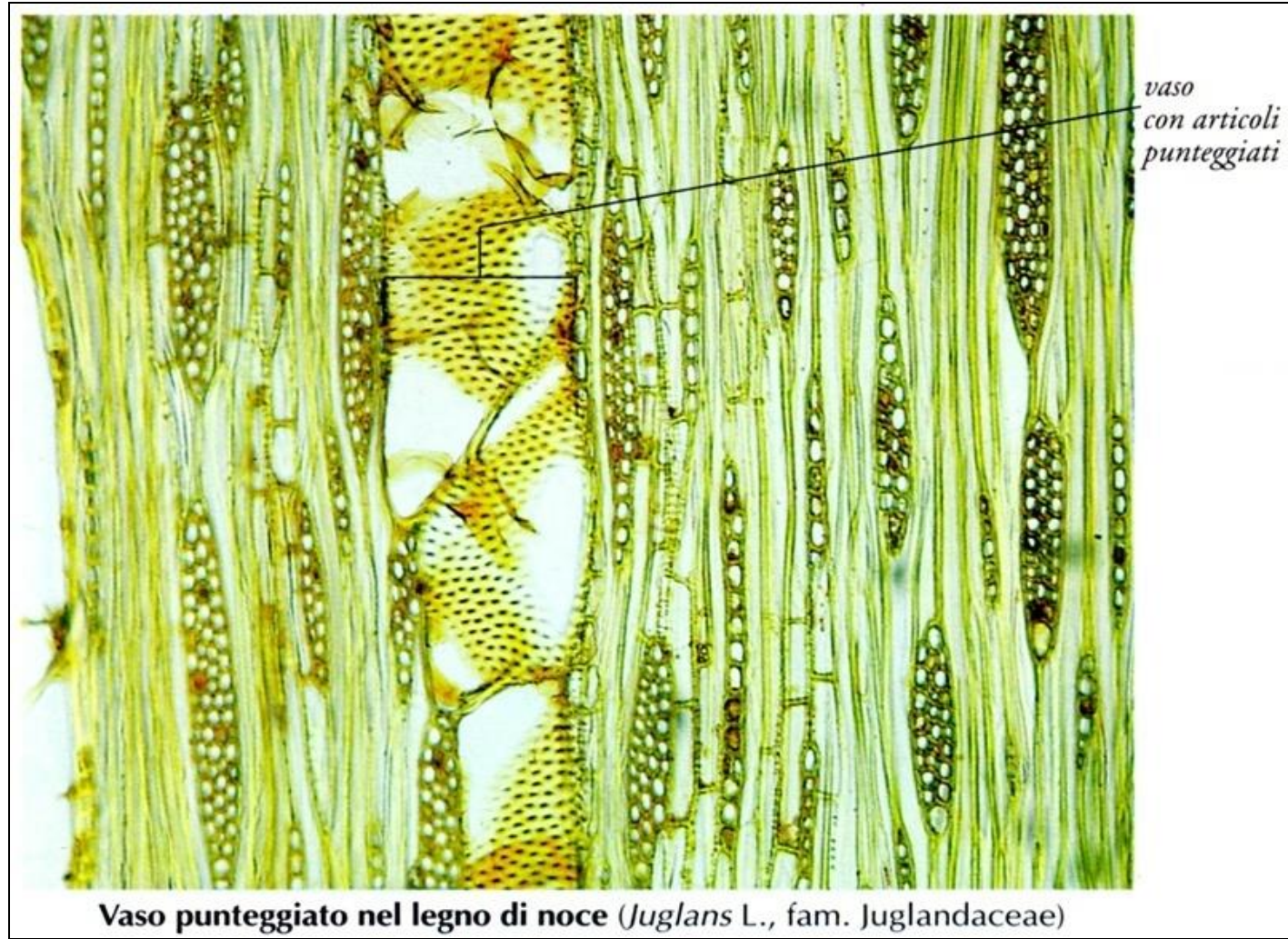
TRACHEE-FUSTO SECONDARIO

Sezione longitudinale



TRACHEE-FUSTO SECONDARIO

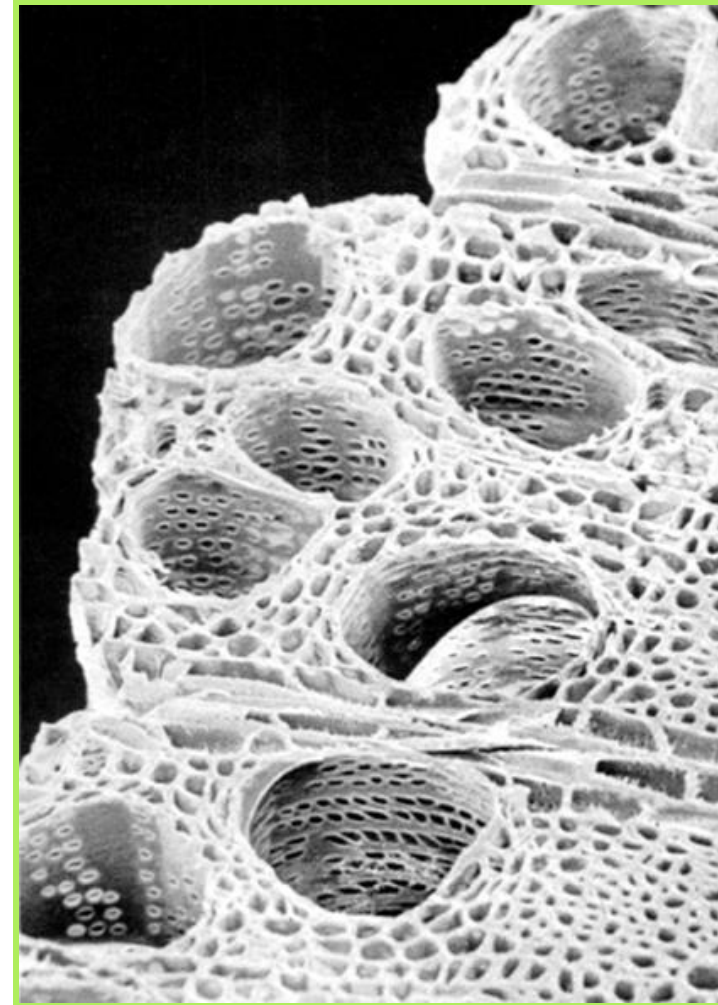
Sezione longitudinale



Juglans regia

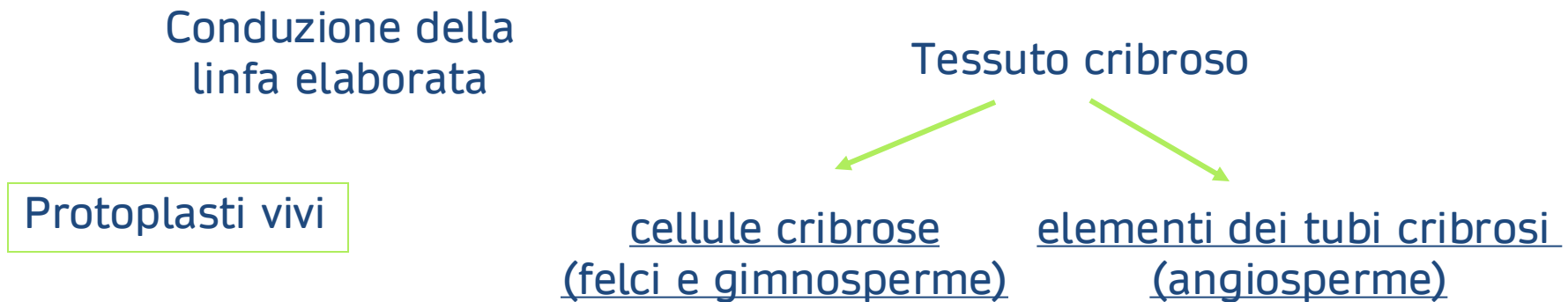
VASI PUNTEGGIATI -FUSTO SECONDARIO

Sezione trasversale al microscopio elettronico a scansione (SEM) di vasi scalariformi con punteggiature



TESSUTO CRIBROSO - FLOEMA

Il tessuto cribroso è costituito da cellule cribrose ed elementi dei tubi cribrosi e si distingue da quello vascolare perché serve alla conduzione della linfa elaborata dai tessuti fotosintetici (prevalentemente le foglie) verso gli altri organi della pianta, dove viene utilizzata o i prodotti in essa contenuti accumulati come materiale di riserva.



Questo tessuto può essere sia di origine primaria che secondaria.

PROCAMBIO



PRIMARIO

CAMBIO CRIBRO-VASCOLARE



SECONDARIO

TUBI CRIBROSI

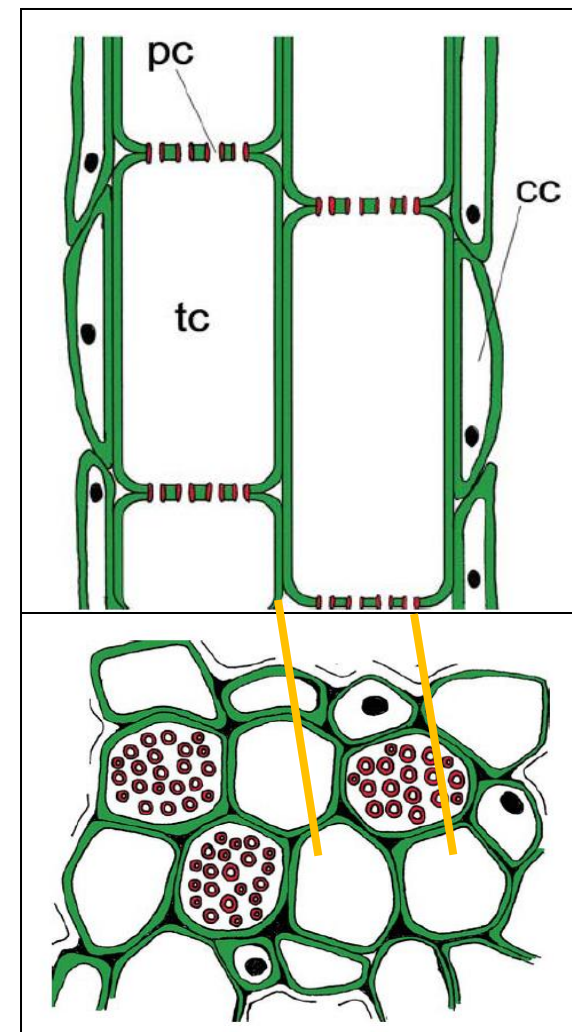
(Angiosperme)

Gli elementi dei tubi cribrosi sono cellule vive (ma prive di nucleo a maturità) allungate e sovrapposte l'una sull'altra lungo l'asse longitudinale;

le loro pareti sono primarie (prive di lignina), celluloso-pectiche, elastiche e di vario spessore.

Le pareti trasversali, perpendicolari od oblique, presentano aree fittamente perforate da una quantità di pori attraverso i quali passano i cordoni citoplasmatici che mettono in comunicazione gli elementi adiacenti del tubo cribroso. Queste aree sono chiamate placche cribrose.

Cellule compagne, più piccole, affiancano ogni elemento dei tubi cribrosi.



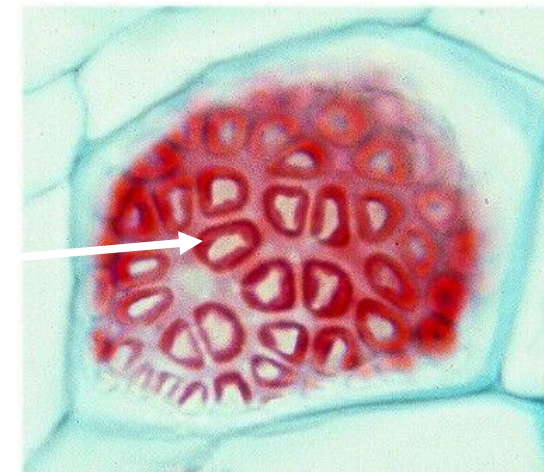
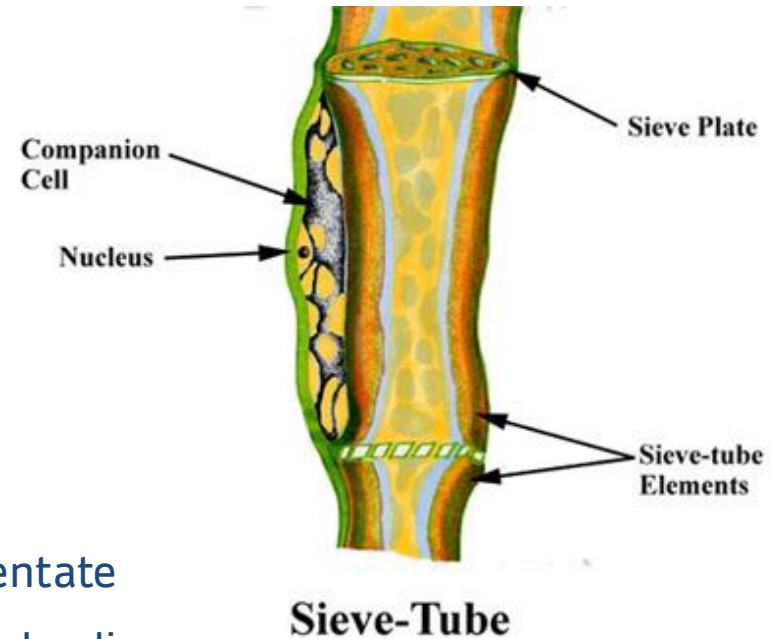
tc = elementi dei tubi cribrosi; pc
= placche cribrose; cc = cellule
compagne

TUBI CRIBROSI- PLACCHE CRIBROSE

Le cellule compagne svolgono alcune delle funzioni metaboliche necessarie per mantenere attivo il relativo elemento del tubo cribroso.

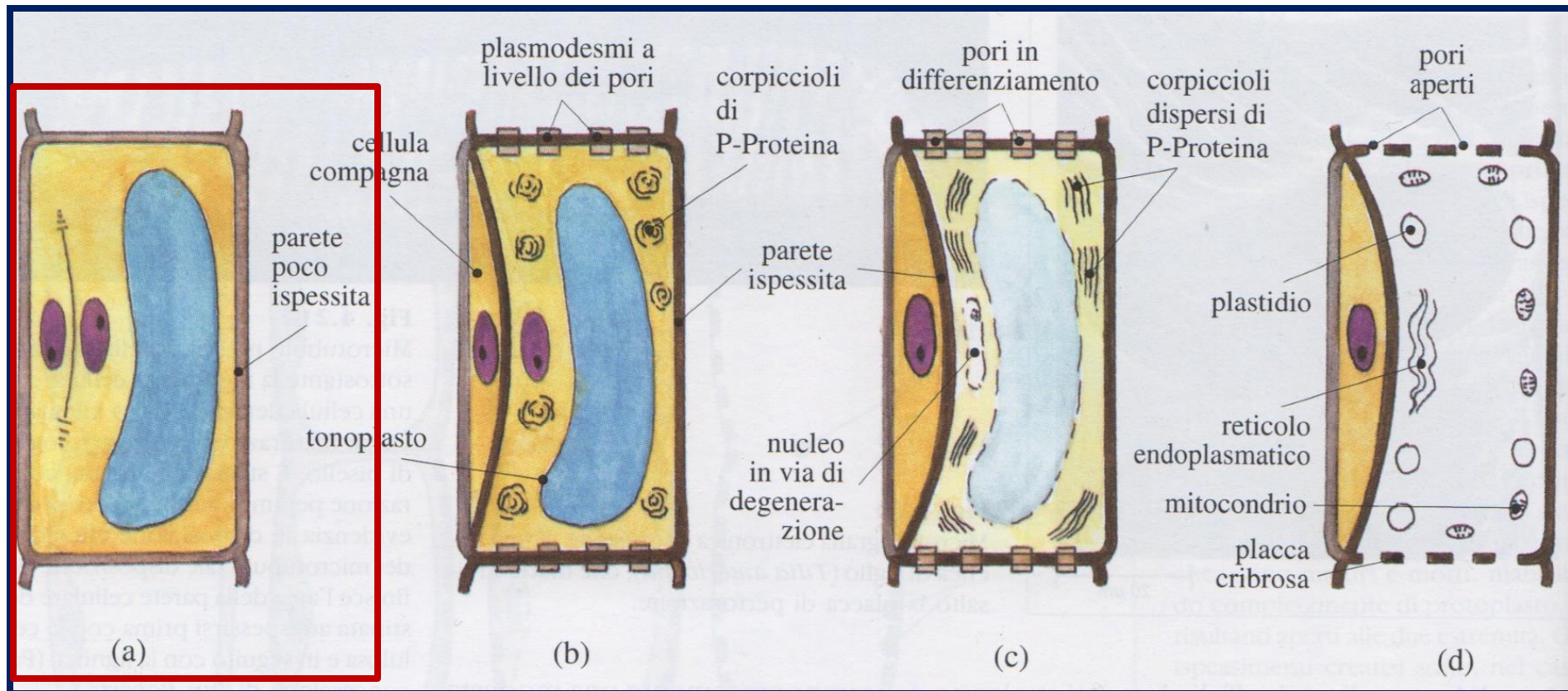
Se le pareti trasversali dei tubi cribrosi sono orientate perpendicolarmente alle pareti longitudinali si parla di placche cribrose semplici (Cucurbitaceae), mentre sono placche cribrose composte (*Vitis vinifera*) quando le pareti sono fortemente oblique.

Le perforazioni delle placche sono tappezzate da un polisaccaride denominato callosio, attraverso il quale passa il cordone citoplasmatico.



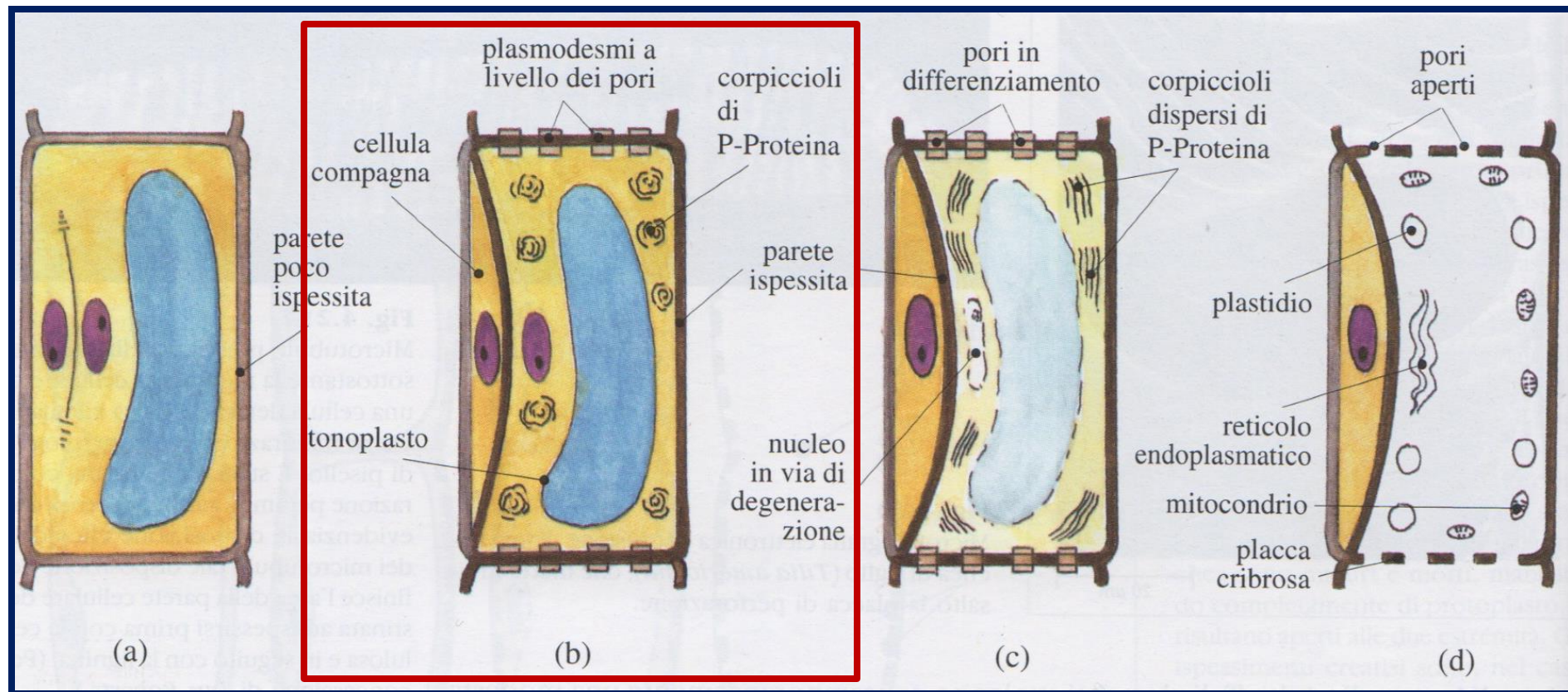
Differenziamento di un elemento di un tubo cribroso

(a) La cellula madre dell'elemento del tubo cribroso si divide trasversalmente in modo asimmetrico in due cellule figlie diseguali.



Differenziamento di un elemento di un tubo cribroso

(b) Si forma una cellula più piccola (cellula compagna), che potrà ulteriormente dividersi, ed un elemento di un tubo cribroso. Lo scambio di macromolecole tra le cellule compagne ed i tubi cribrosi è indispensabile per la sopravvivenza di questi ultimi.



CELLULE CRIBROSE

Nelle Pteridofite e nelle Gimnosperme

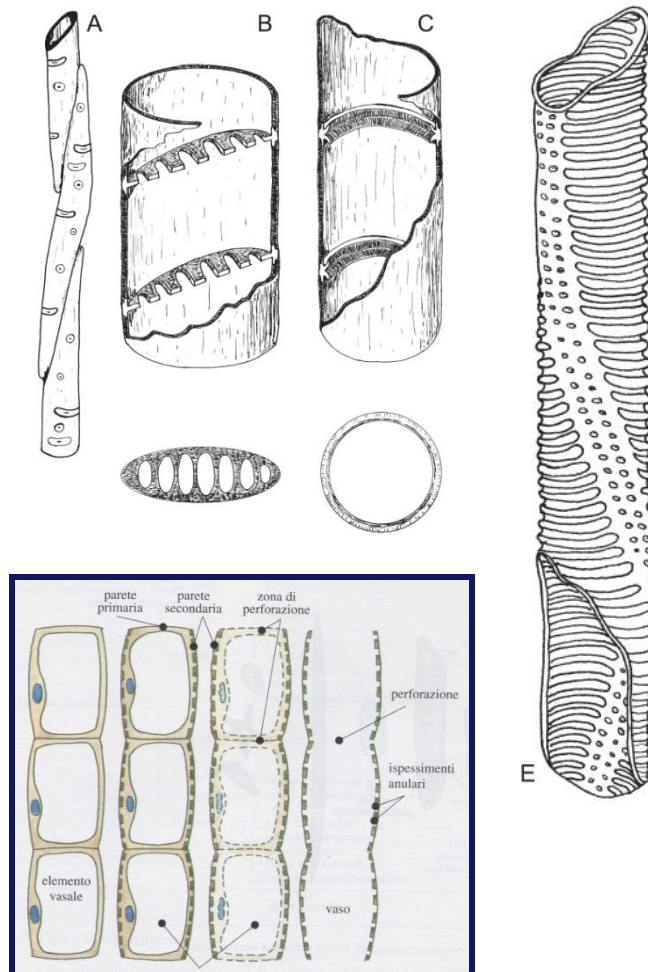
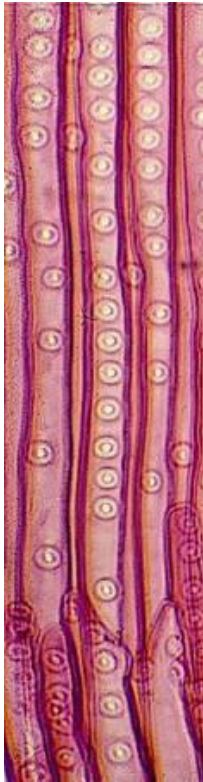
Le cellule conduttrici floematiche sono rappresentate dalle cellule cribrose

Le cellule cribrose sono cellule allungate, affusolate alle estremità, con aree cribrose identiche su tutta la loro superficie



Tessuto xilematico o vascolare

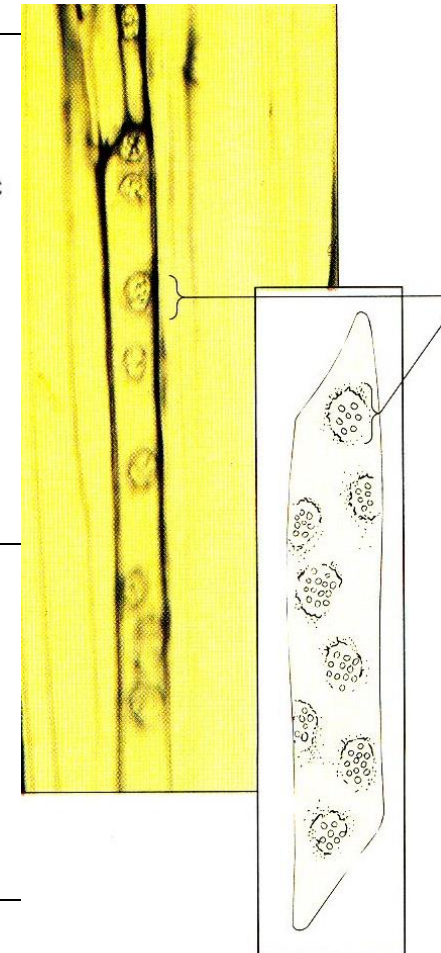
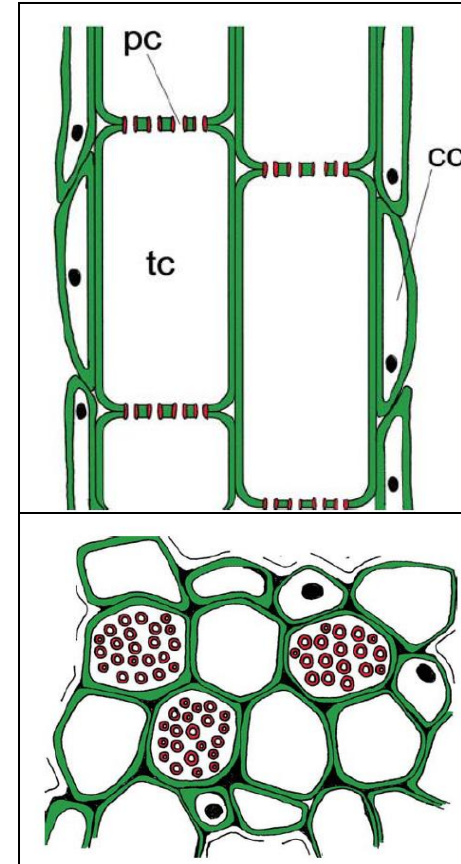
Due tipi di cellule, morte a maturità: le trachee (Angiosperme) e le tracheidi (Felci, Gimnosperme, Angiosperme)



Tessuto floematico o cribroso

Due tipi di cellule, vive a maturità:

i elementi dei tubi cribrosi (Angiosperme) e le cellule cribrose (Felci e Gimnosperme)



I FASCI CONDUTTORI

XILEMA E FLOEMA

Gli elementi vascolari (xilema) e cribrosi (floema) hanno una precisa distribuzione spaziale: sono riuniti nel fusto e nelle radici in cordoni longitudinali definiti fasci cribro-vascolari.

I fasci cribro-vascolari sono composti da tessuto vascolare e da tessuto cribroso, e chiamati, rispettivamente:

fasci vascolari (xilematici, legnosi o legno) e

fasci cribrosi (floematici, liberiani o libro).

Alla loro formazione entrano a far parte anche tessuti parenchimatici e meccanici.

FASCI CONDUTTORI

XILEMA E FLOEMA

Generalmente i fasci xilematici e floematici si riuniscono in un unico fascio (fascio cribro-vascolare, o fascio conduttore).

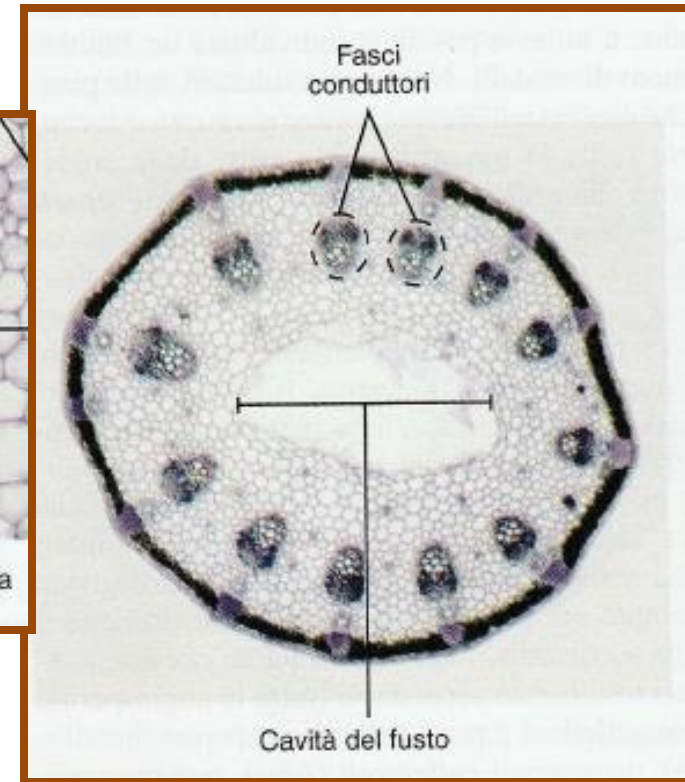
Questo fascio, a seconda della reciproca disposizione del fascio vascolare (xilematico, o legnoso) e del fascio cribroso (floematico, o liberiano) nello spazio, è detto:

fascio concentrico

fascio collaterale

fascio bicollaterale

fascio radiale



FASCI COLLATERALI

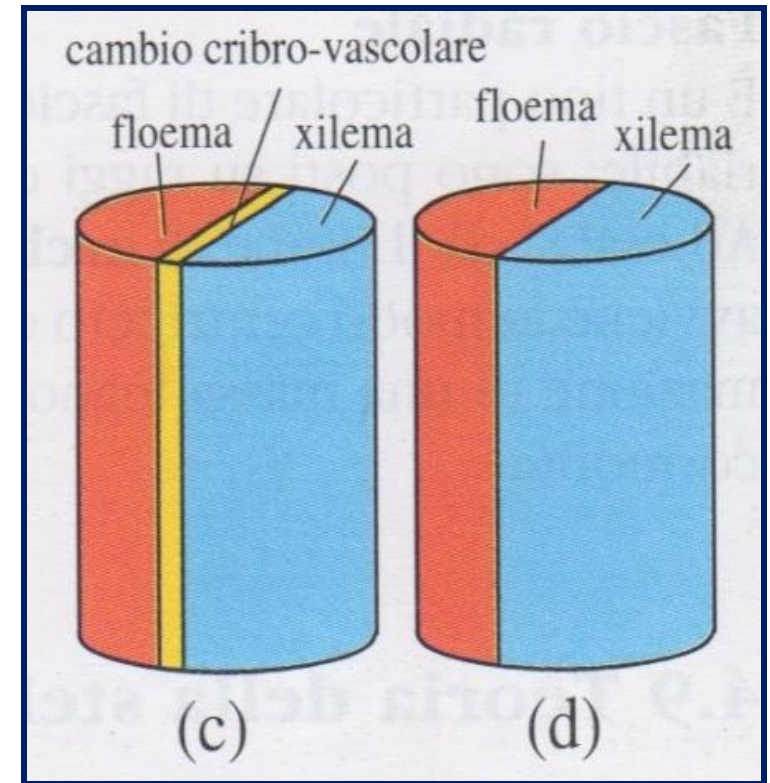
I fasci collaterali sono i più comuni in assoluto perché tipico dei fusti di gimnosperme e angiosperme.

I due tessuti sono affiancati, lo xilema è a stretto contatto con il floema, internamente a questo.

Tra i due :

(c) può esserci un meristema (gimnosperme e angiosperme dicotiledoni con accrescimento secondario) (Fascio Collaterale Aperto) oppure

(d) possono essere a stretto contatto senza tessuti meristematici intercalari (monocotiledoni e molte erbacee senza accrescimento secondario) (Fascio Collaterale Chiuso)



FASCI RADIALI

(f) fasci xilematici e floematici sono in numero variabile ed affiancati in modo alternato (arche); è questa la disposizione tipica delle radici delle cormofite.

