

# TESSUTI ADULTI

## ORIGINE

- **PRIMARI**, derivati dal differenziamento di cellule prodotte dai meristemi apicali primari, presenti nell'embrione.
- **SECONDARI** o CAMBIALI, derivati dall'attività dei cambi, cioè di meristemi di origine secondaria o mista che sono responsabili dell'accrescimento secondario in spessore della pianta.

## FUNZIONE

TEGUMENTALI

*PARENCHIMATICI*

**MECCANICI o DI SOSTEGNO**

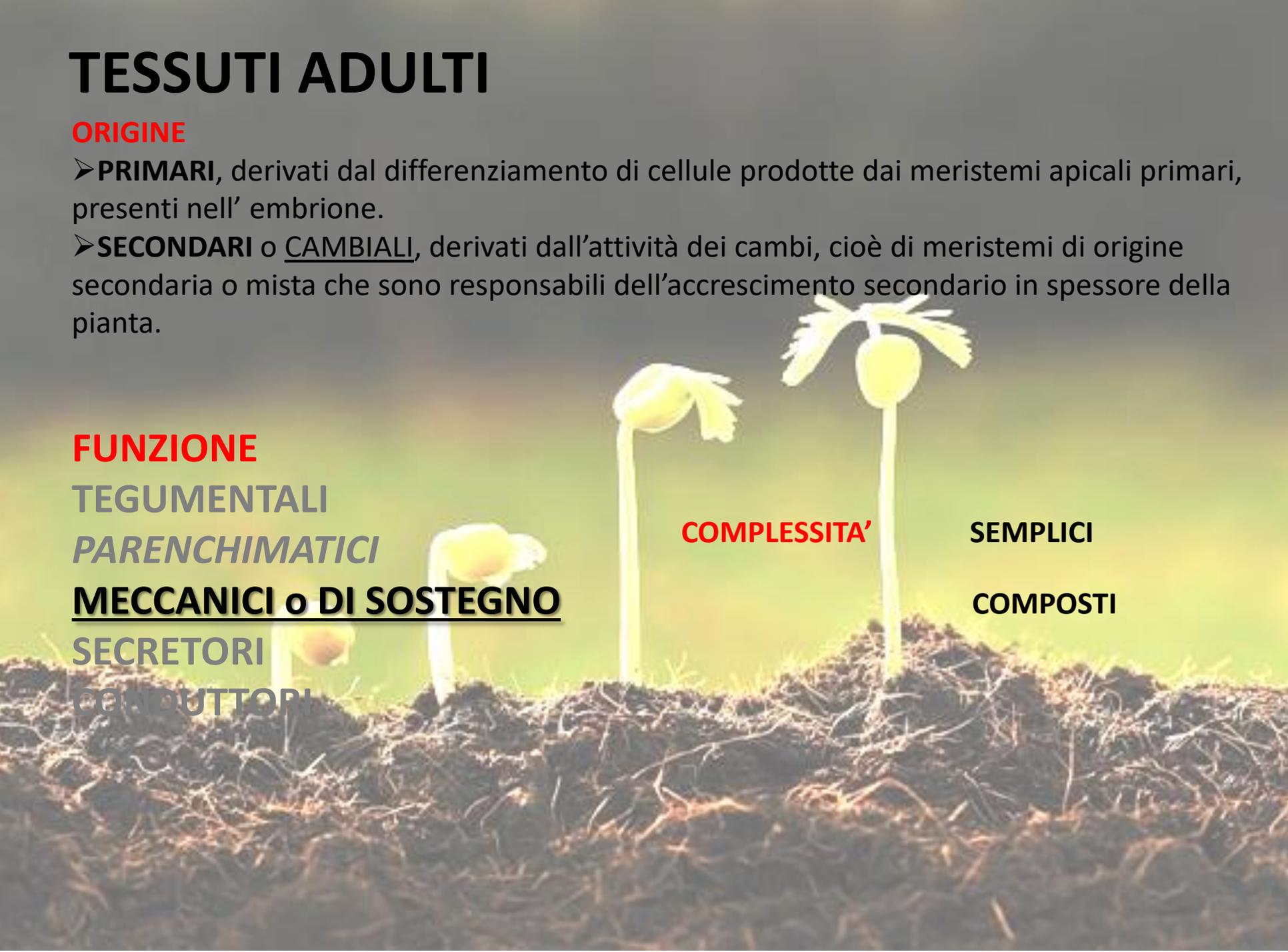
SECRETORI

CONDUTTORI

**COMPLESSITA'**

**SEMPLICI**

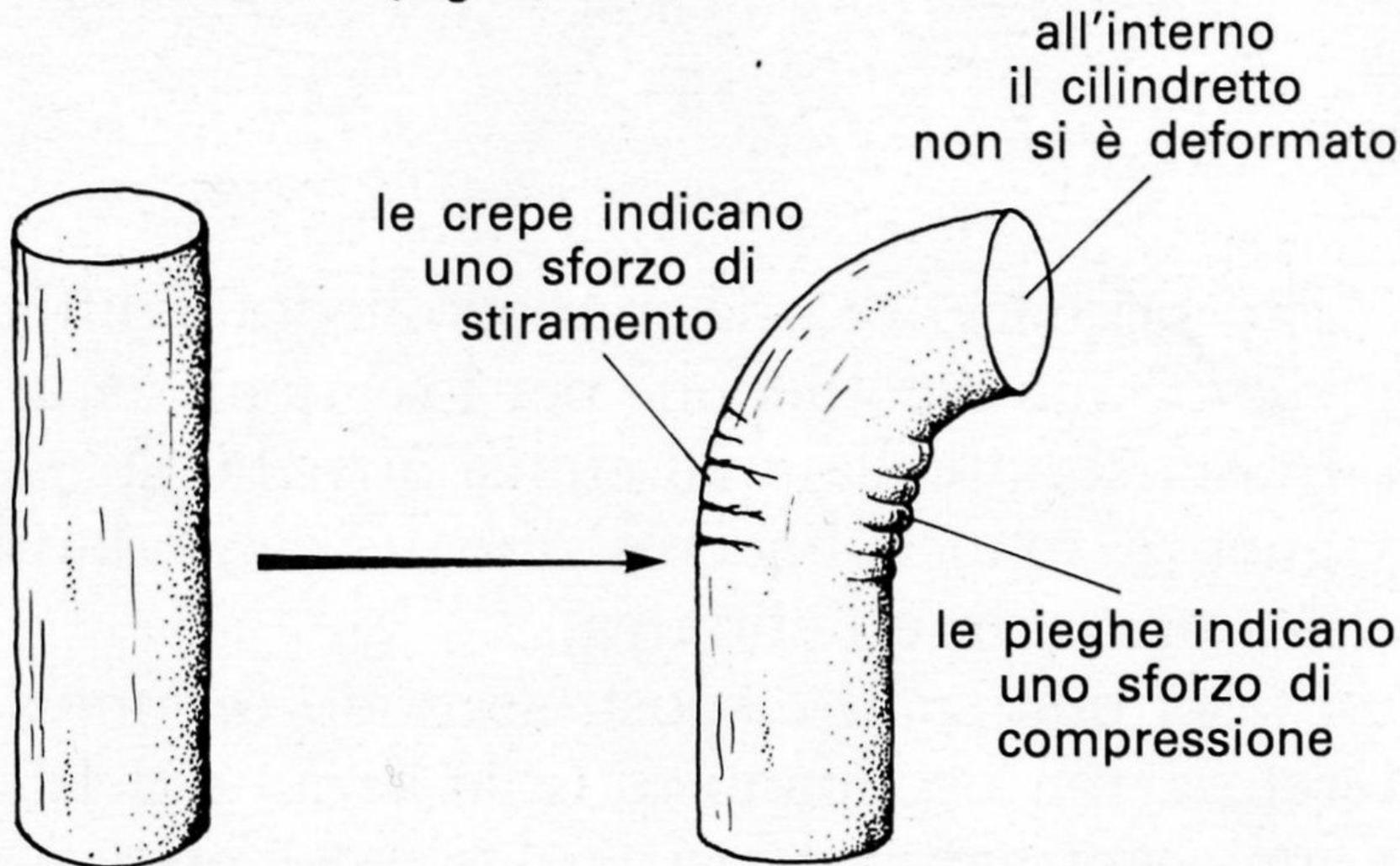
**COMPOSTI**



# TESSUTI MECCANICI o DI SOSTEGNO

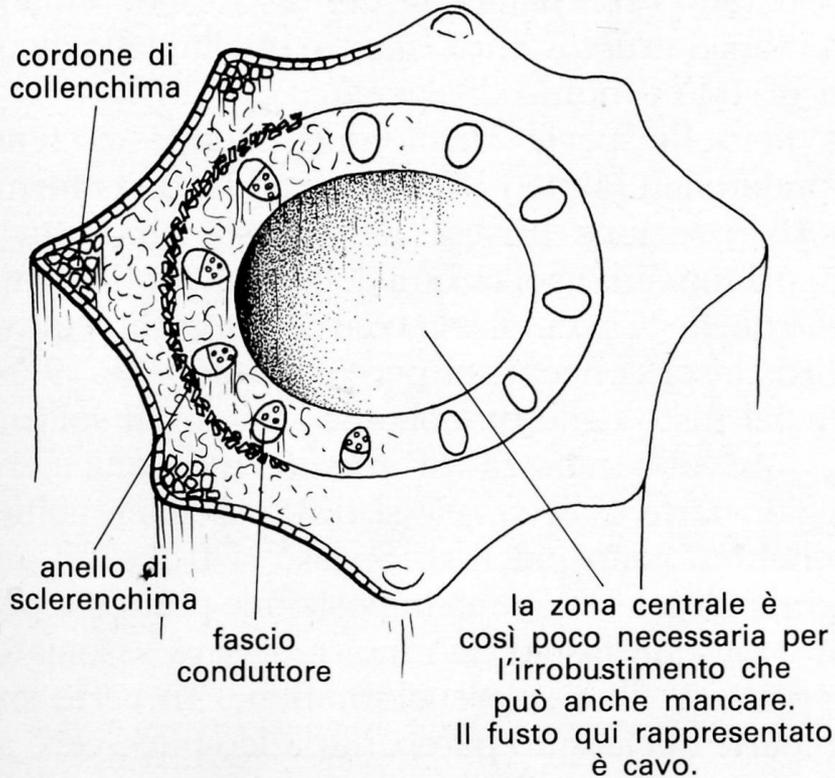
- sostenere il peso di una pianta
- rafforzamento delle pareti cellulari (ispessimento e lignificazione)
- conferire alla pianta resistenza a sollecitazioni (pressione, trazione, flessione ...)
- in genere abbondanti nel fusto (tipicamente localizzati nelle parti più periferiche) che nella radice (sono concentrati nella zona centrale).

**Se un oggetto viene sottoposto a una flessione gli sforzi si manifestano in periferia, non al centro. Questo principio può essere facilmente verificato piegando un cilindretto di materiale modellabile (argilla, creta, ecc.).**

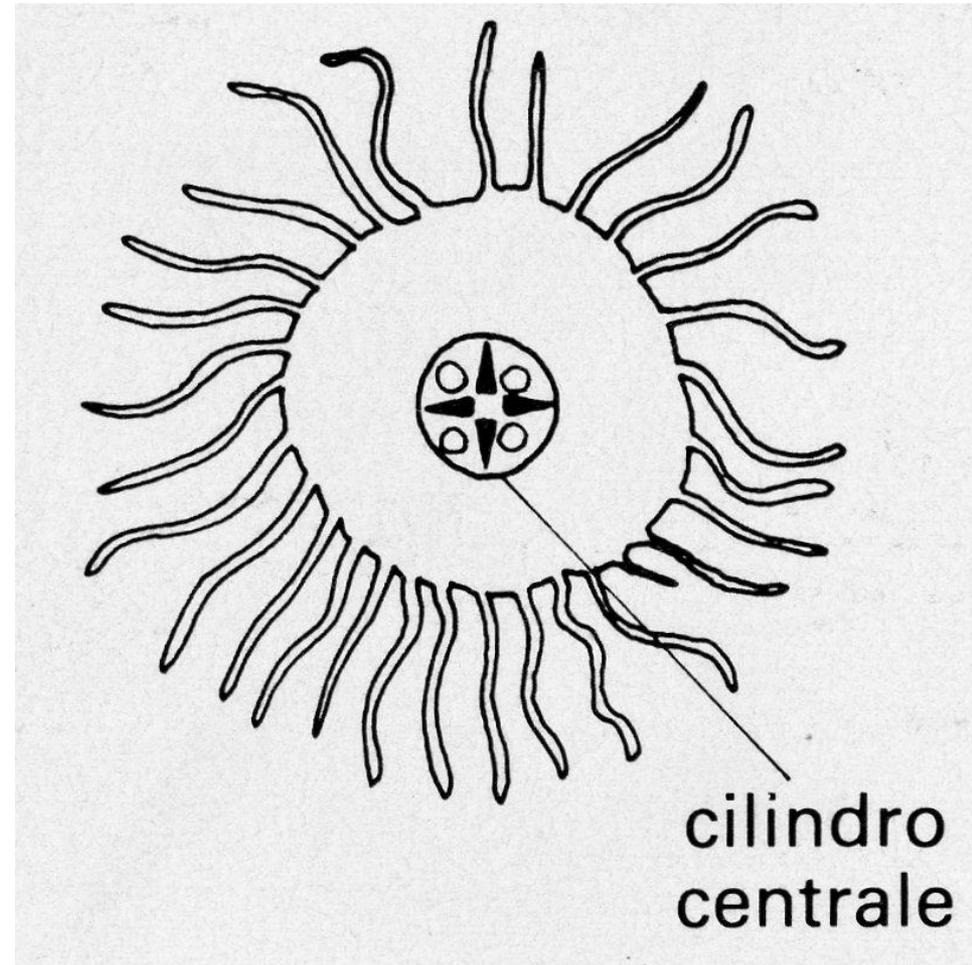


## Fusto in struttura primaria

Nel fusto che deve sopportare soprattutto sforzi di flessione i tessuti stanno in periferia. Ecco una distribuzione tipica:



## Radice in struttura primaria

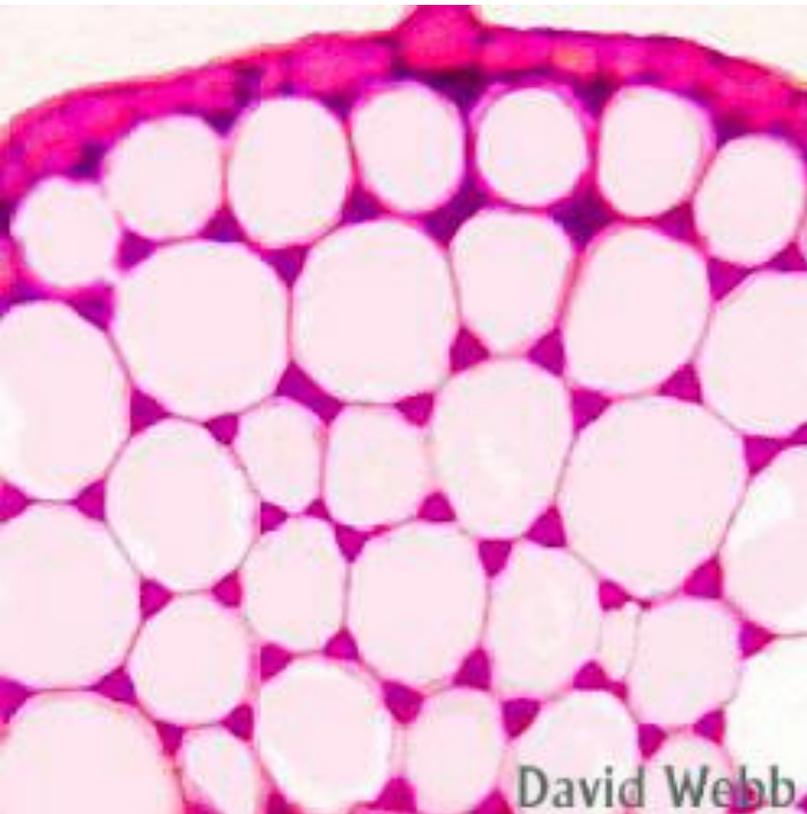


Distribuzione dei tessuti meccanici nel fusto.

## ➤ COLLENCHIMA

## ➤ SCLERENCHIMA

Cellule caratterizzate da **pareti spesse e robuste;**  
**mancano o sono molto rari gli spazi intercellulari.**



# COLLENCHIMA

(dal gr. "kolla", colla): tessuto meccanico, **nelle strutture primarie** (e.g. in piante erbacee dicotiledoni, soprattutto nelle parti della pianta in attiva crescita), assente nelle radici.

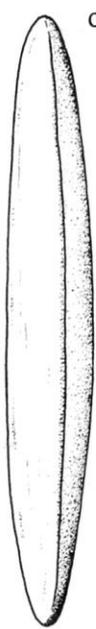
## Cellule:

- fortemente **allungate** ("prosenchimatiche")
- **vive**
- con **parete ispessita**, in genere in maniera irregolare formata da lamelle di cellulosa alternate a lamelle di sostanze pectiche (PROBLEMA: il collenchima presenta solo parete I o anche parete II?).

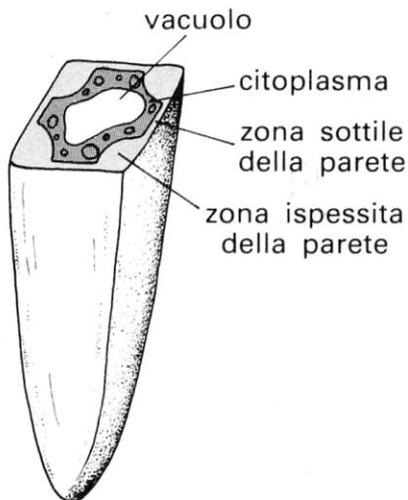
**FORMA degli ispessimenti**  $\leftarrow \rightarrow$  tre tipi fondamentali di collenchima: **angolare, lamellare, circolare**

# COLLENCHIMA ANGOLARE

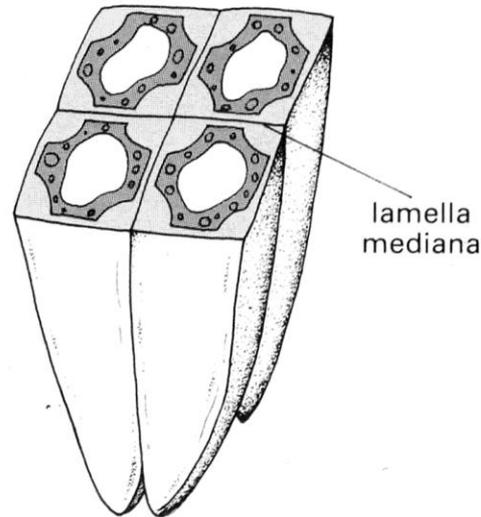
**Ispessimenti presenti solo agli angoli** di una cellula a sezione trasversale più o meno quadrangolare



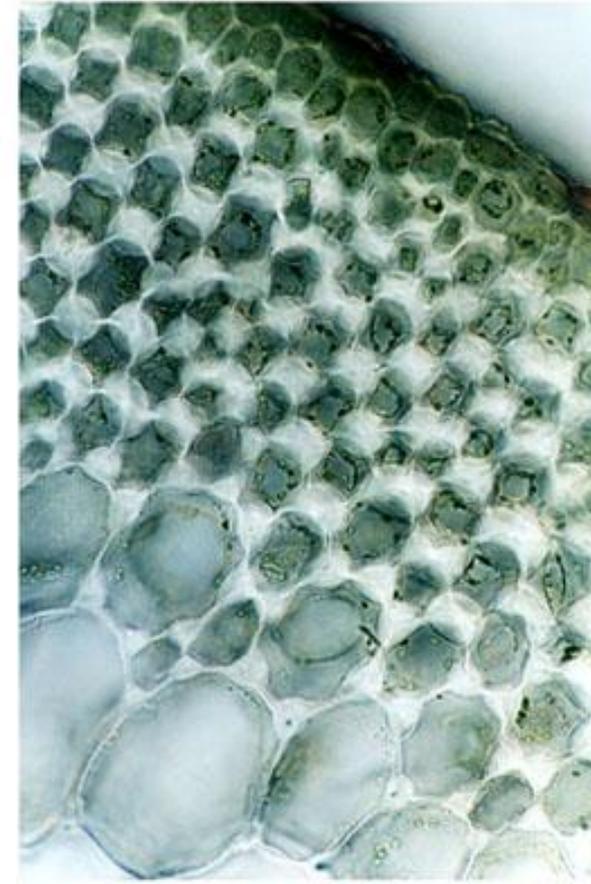
cellula intera

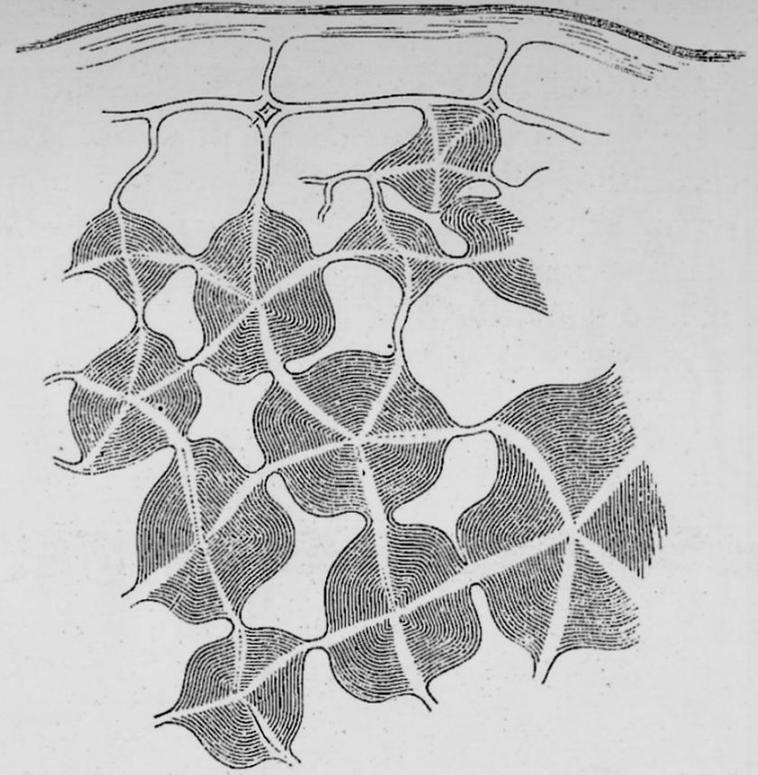
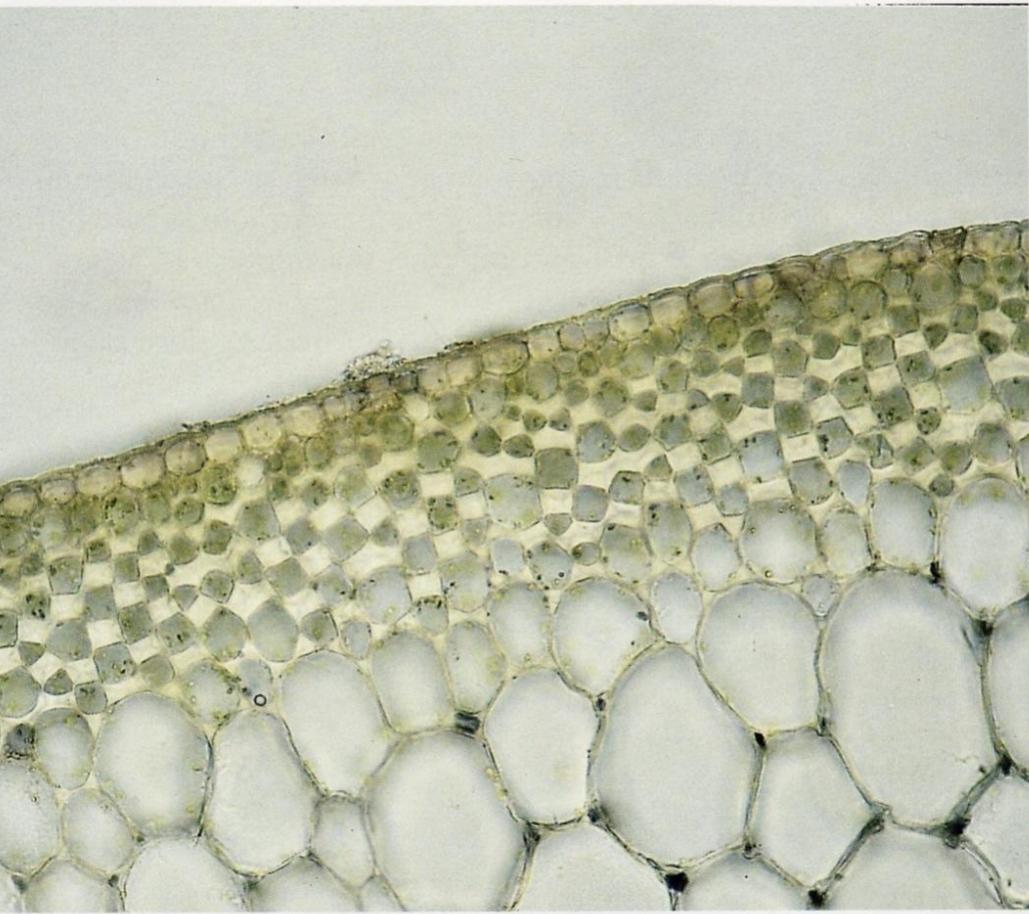


cellula in sezione



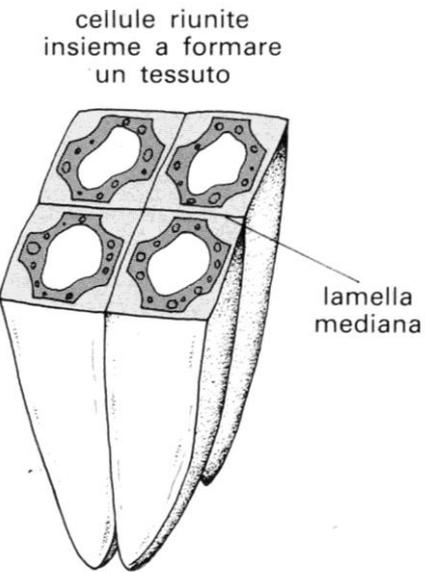
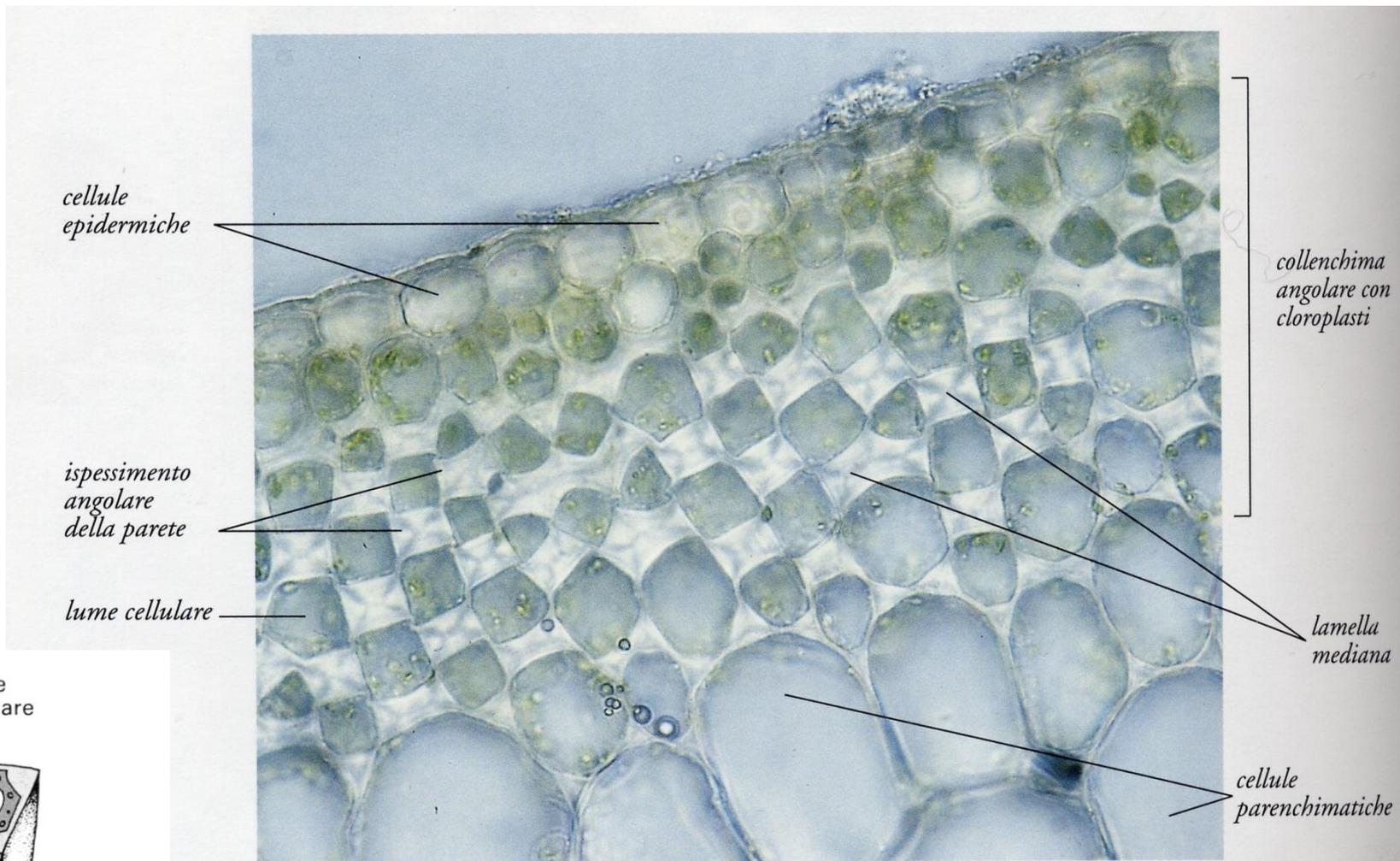
cellule riunite insieme a formare un tessuto





**Collenchima nel picciolo di ruellia (*Ruellia picta* Lodd.).**



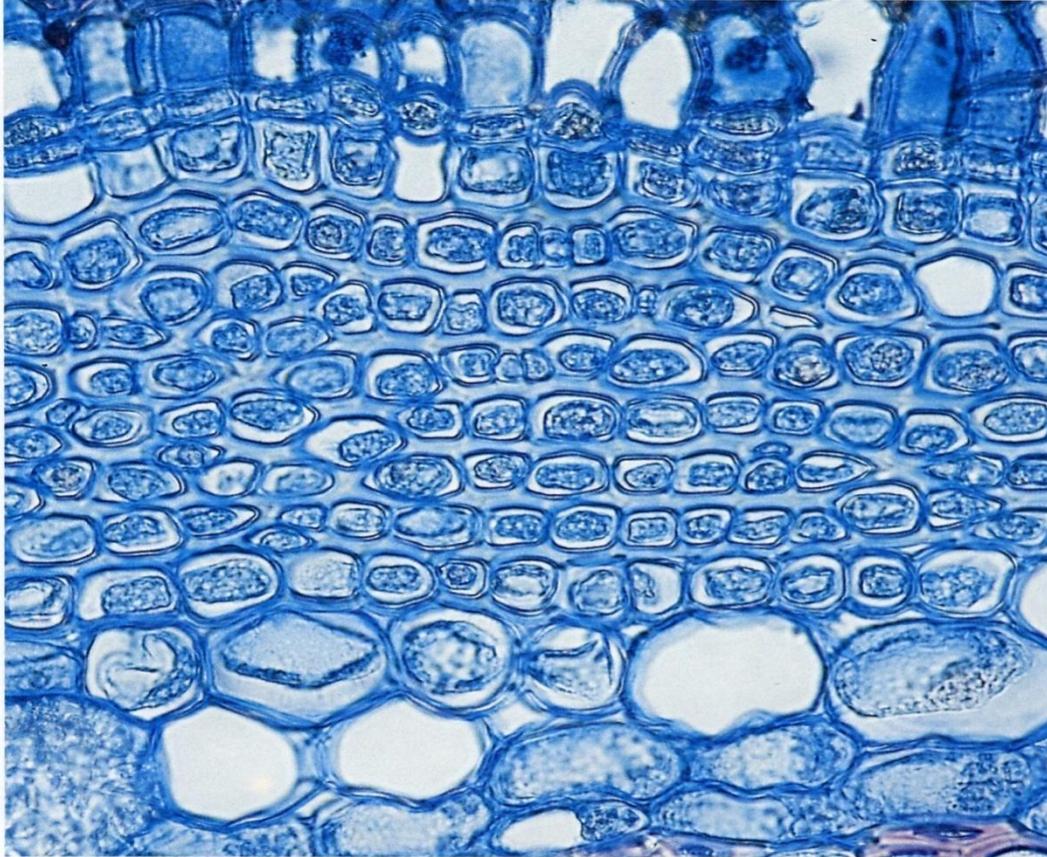


**Collenchima angolare nel picciolo di ninfea** (*Nymphaea alba* L., fam. Nymphaeaceae).

Sezione trasversale. x 200 (210); x 400 (420)

A livello degli angoli, dove è localizzato l'ispessimento cellulosico, le lamelle mediane delle cellule contigue sembrano incrociarsi. La presenza di cloroplasti indica chiaramente che il collenchima ha cellule vive.

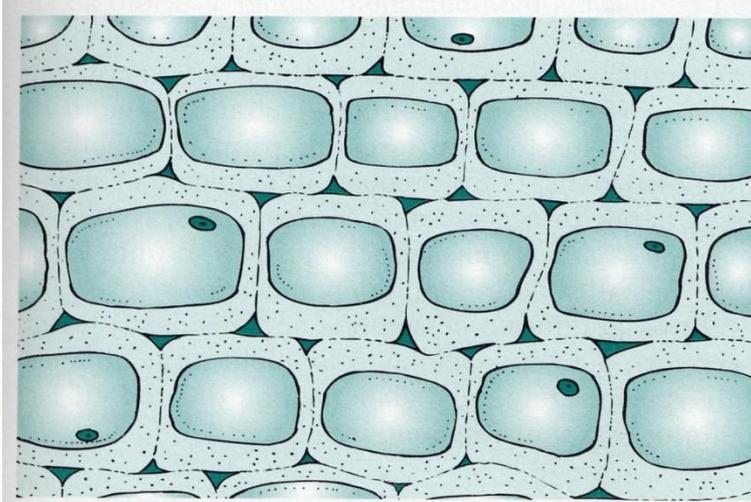
# COLLENCHIMA LAMELLARE



**Collenchima lamellare nel fusto di sambuco** (*Sambucus nigra* L., fam. Caprifoliaceae).

Sezione trasversale. x 400 (450)

In questo tipo di collenchima le pareti cellulari iniziano ad ispessirsi in corrispondenza degli angoli delle cellule: l'ispessimento poi si completa fino ad interessare le pareti tangenziali (quelle parallele alla superficie dell'organo in cui il tessuto è contenuto). Le pareti radiali restano invece sottili.



collenchima lamellare

*strati di  
collenchima  
lamellare*

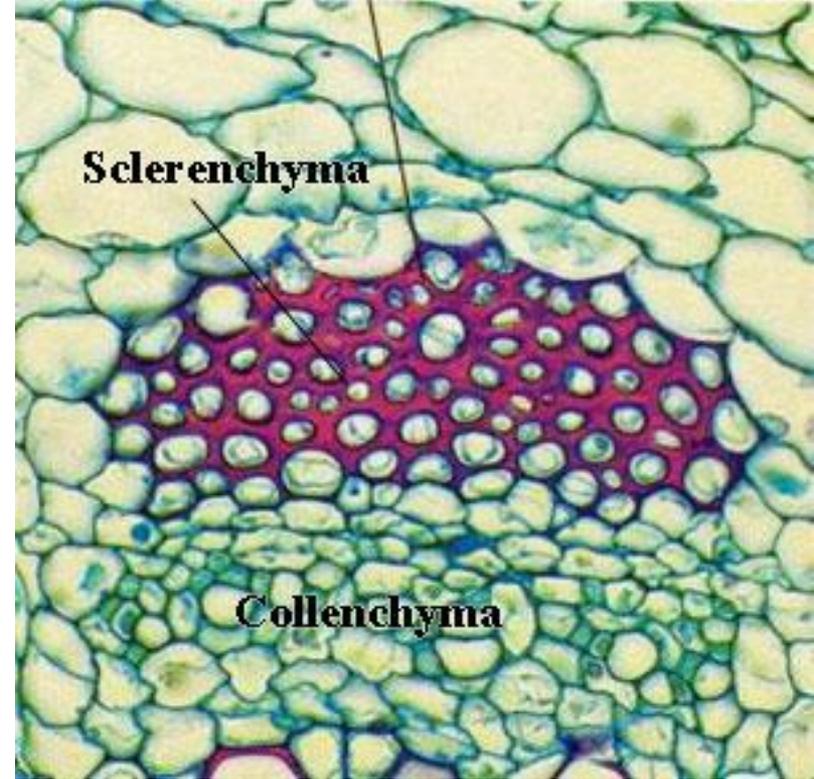
ispessimenti su singole pareti, in genere quelle tangenziali alla superficie esterna dell'organo in cui il tessuto si differenzia.

# COLLENCHIMA ANULARE / CIRCOLARE

E' il più raro; gli ispessimenti interessano tutte le pareti; spesso con la maturità dell'organo le cellule moriranno, dopo aver lignificato la propria parete, diventando di fatto uno sclerenchima (v. oltre).

# SCLERENCHIMA

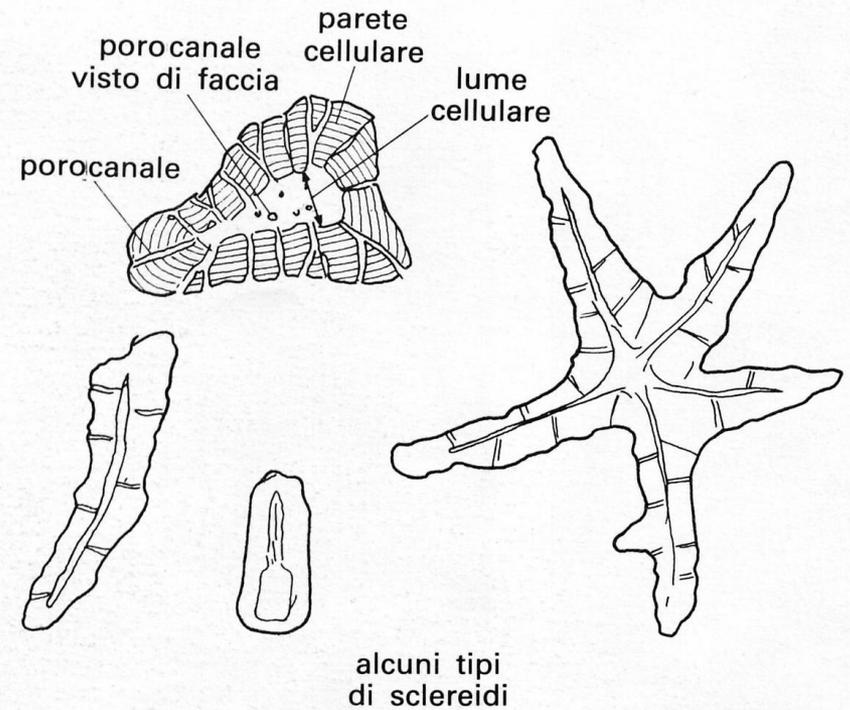
(dal gr. "skleros": duro, ruvido):  
caratteristico delle **strutture secondarie**, in strutture primarie soprattutto nelle monocotiledoni dove è il tessuto meccanico prevalente.



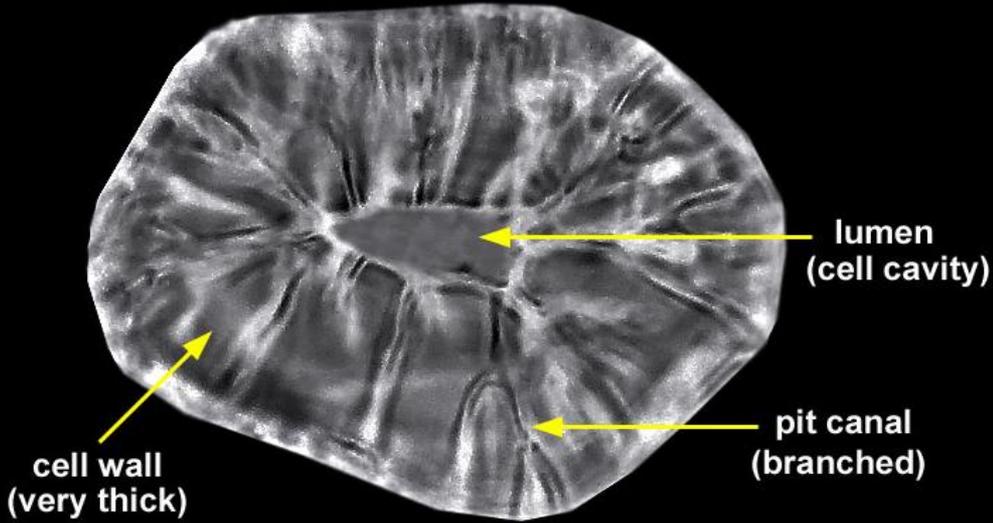
## Cellule:

- sono **fortemente allungate** ("prosenchimatiche"): **fibre** e **sclereidi**
- **parete fortemente ispessita e rigida** (formata da cellulosa spesso incrostata da lignina e caratteristicamente attraversata da punteggiature ramificate)
- **morte** (in seguito a morte cellulare programmata -Programmed Cell Death, *PCD*)
- **contengono lignina** (→ colorazione con verde iodio).

**SCLEREIDI:** corte, spesso ramificate, con funzione di protezione (es. guscio dei semi) e di sostegno (es. all'interno della lamina fogliare).



50 micrometers (0.00196 inches)



2000x

© W.P. Armstrong 2011

# Sclereidi



## brachisclereidi



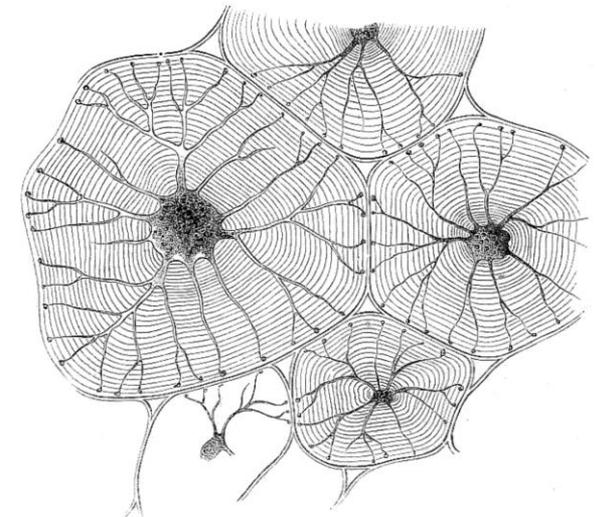
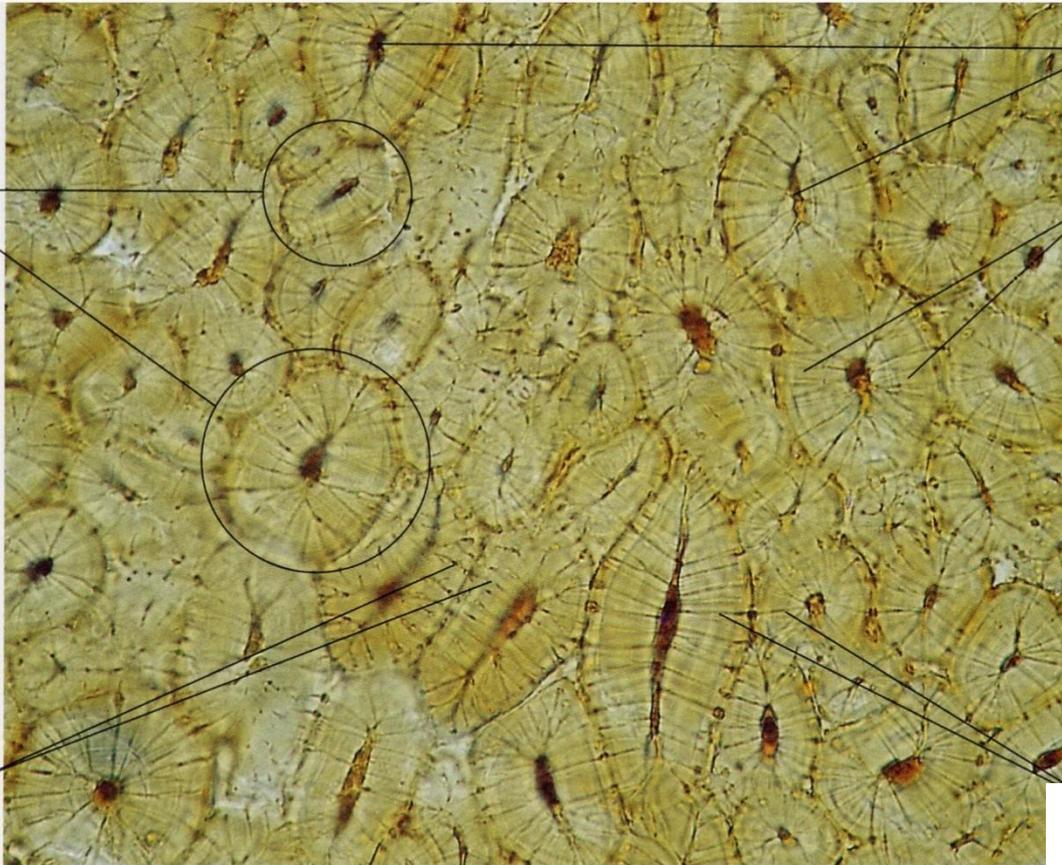
# Sclereidi

sclereidi

lume cellulare

parete  
della sclereide

punteggiature  
appaiate



## Sclereidi nel frutto della palma da cocco (*Cocos nucifera* L., fam. Palmae).

Sezione trasversale. x 200 (210); x 400 (420)

Riunite in spessi strati, le sclereidi sono presenti nei tegumenti di molti semi, o costituiscono l'endocarpo di frutti come noci, albicocche, pesche, ciliege. L'immagine mostra le sclereidi dell'endocarpo della noce di cocco.

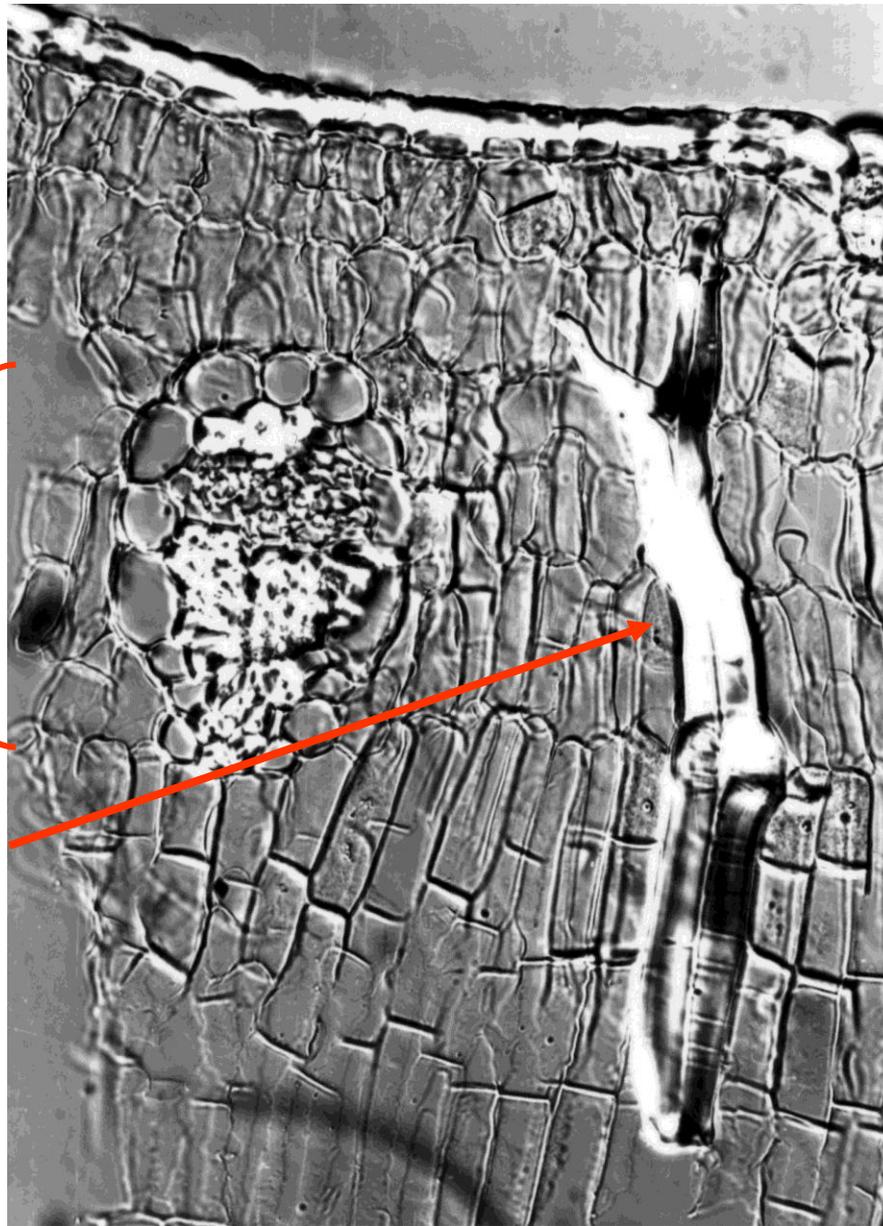
Spesso le punteggiature di una cellula confluiscono direttamente in quelle della cellula con gu: in questo caso le punteggiature sono dette *appaiate*.

Sclereidi nel frutto della palma da cocco (*Cocos nucifera* L.).

# SCLEREIDI

Fascio di  
trasporto

sclereide

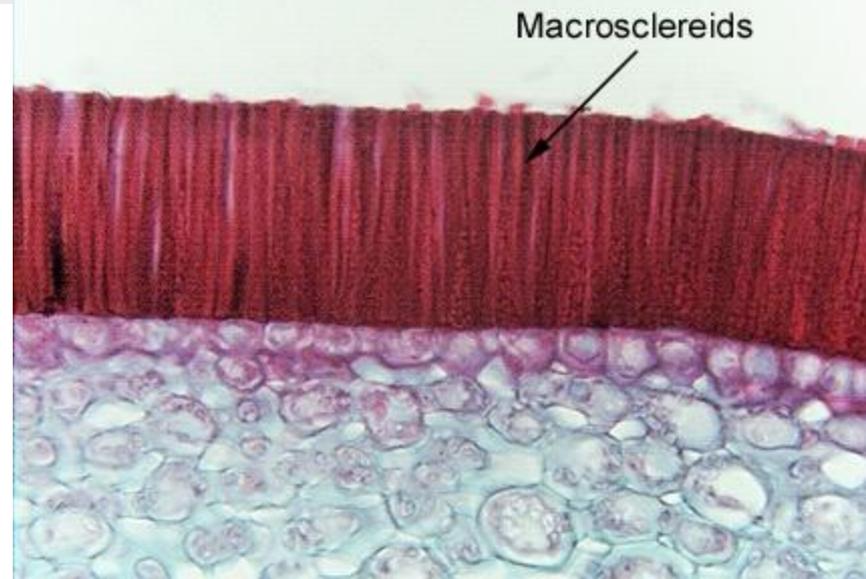
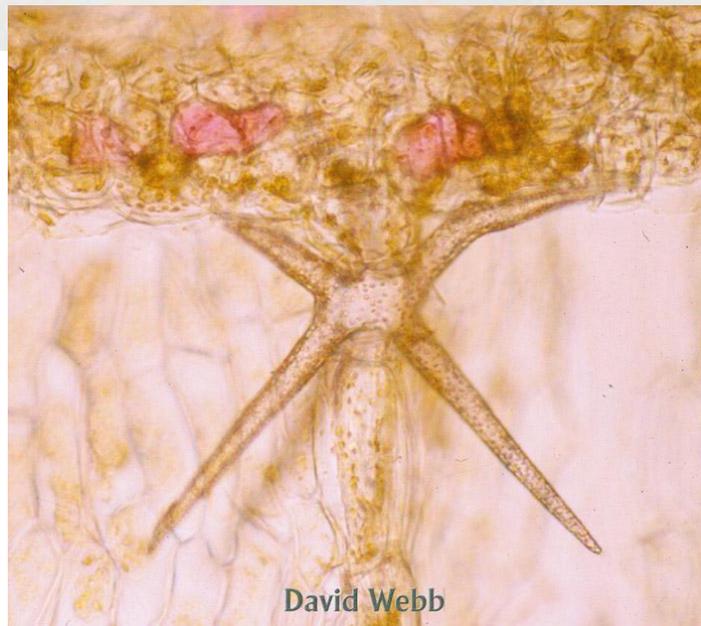
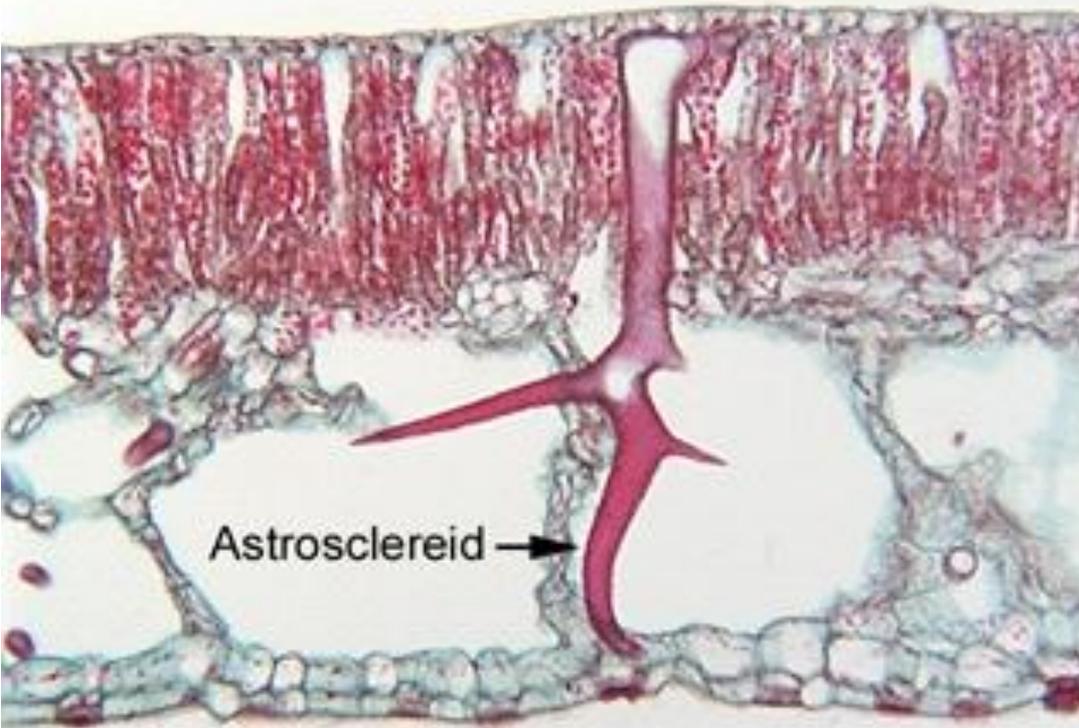


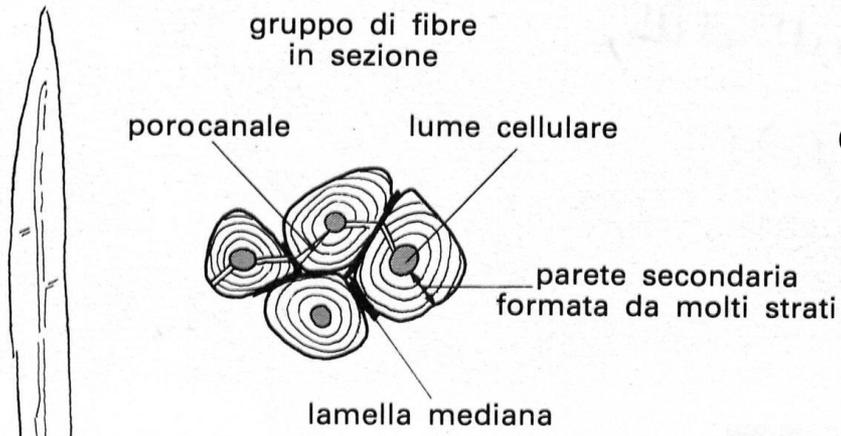
mesofillo



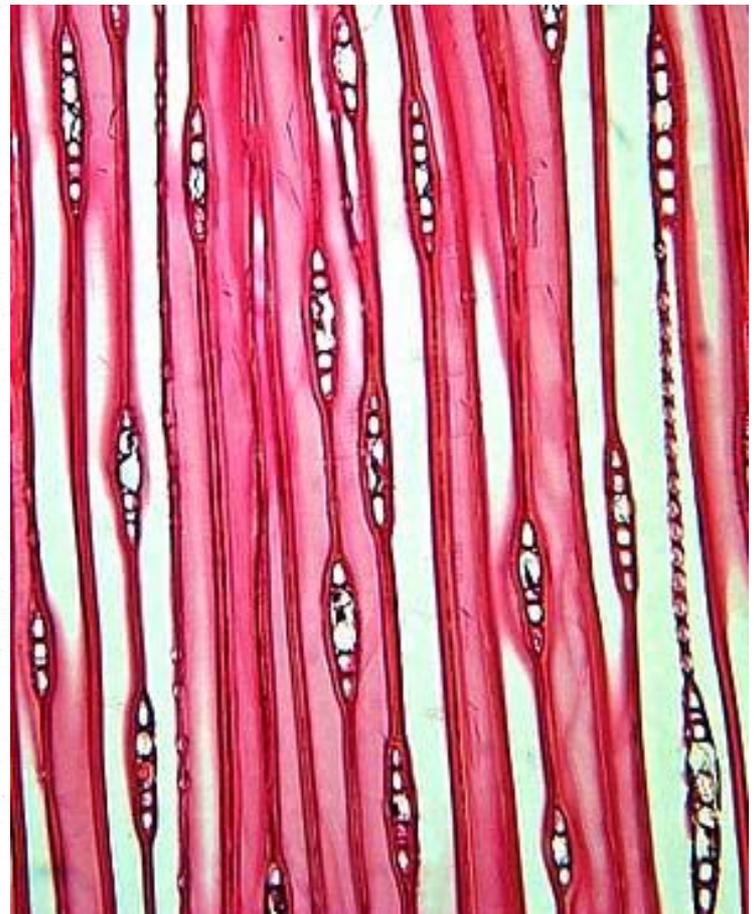
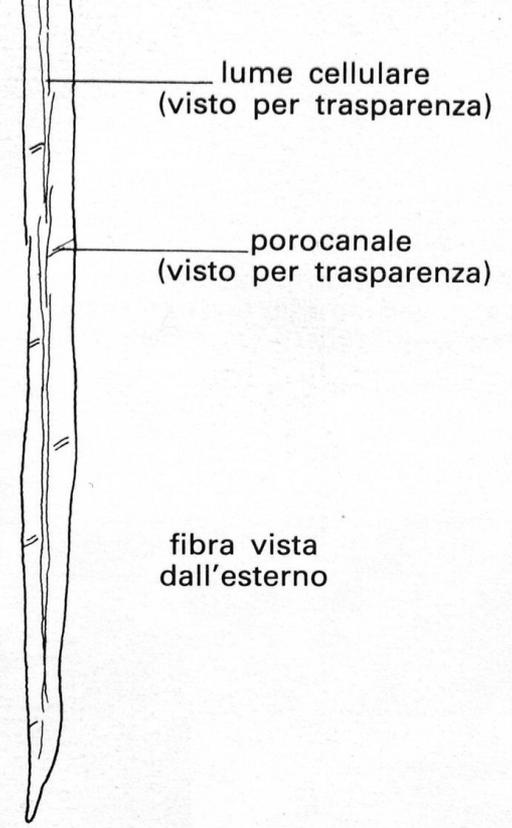
Foglia sclerofilla di *Phillyrea latifolia*, un  
albero a distribuzione circum-Mediterranea

# SCLEREIDI



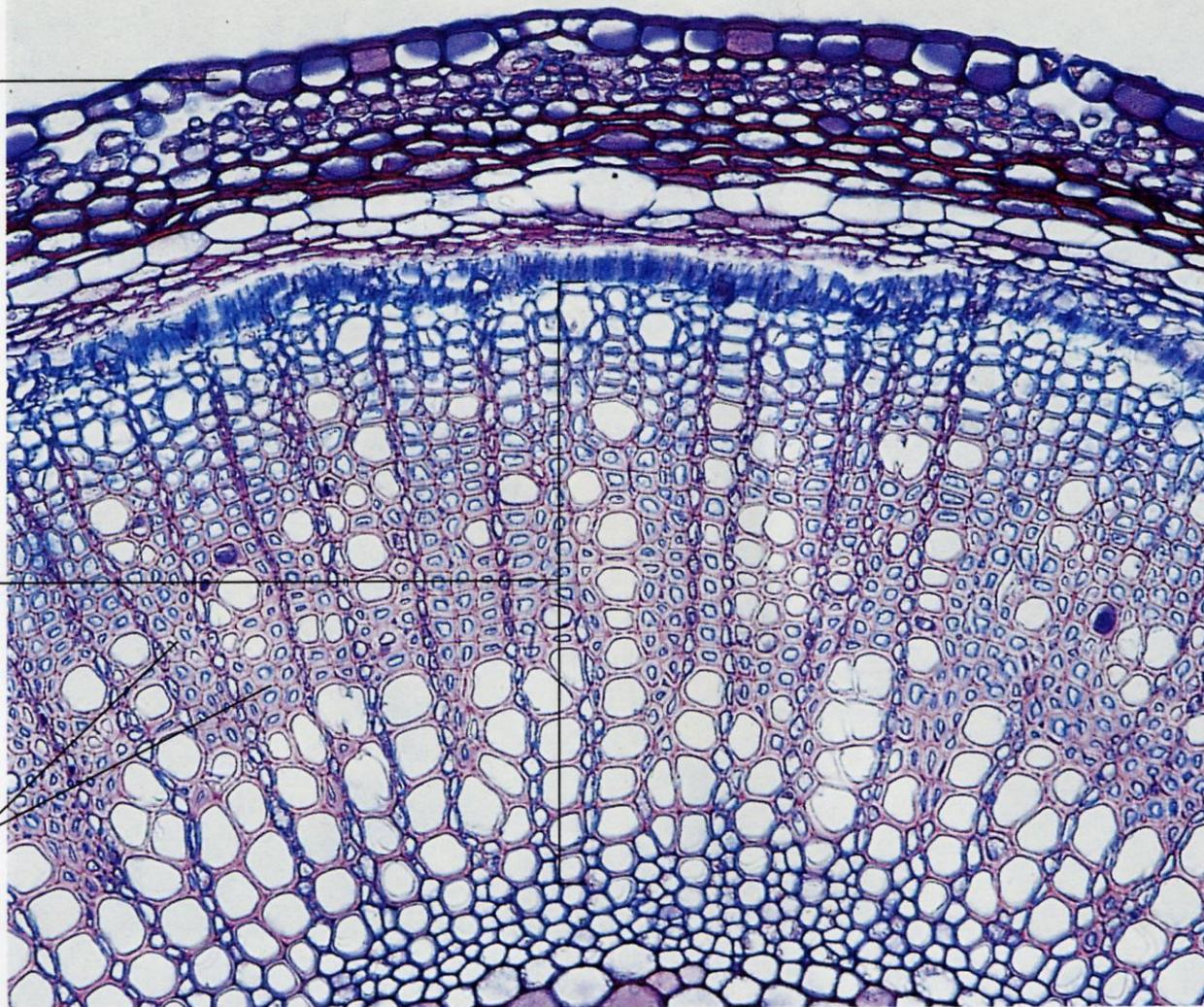


**FIBRE:** lunghe anche alcuni mm, eccezionalmente 10 cm (es. nel fusto del lino, *Linum usitatissimum*), presenti soprattutto nei fusti, nei piccioli delle foglie e lungo i fasci cribro-vascolari, con funzione di irrobustimento.



**Fibre xilari** = fibre xilematiche, fibre libriformi, cellule libriformi;  
nel legno secondario di angiosperme.

*zona  
tegumentale*



*zona corticale*

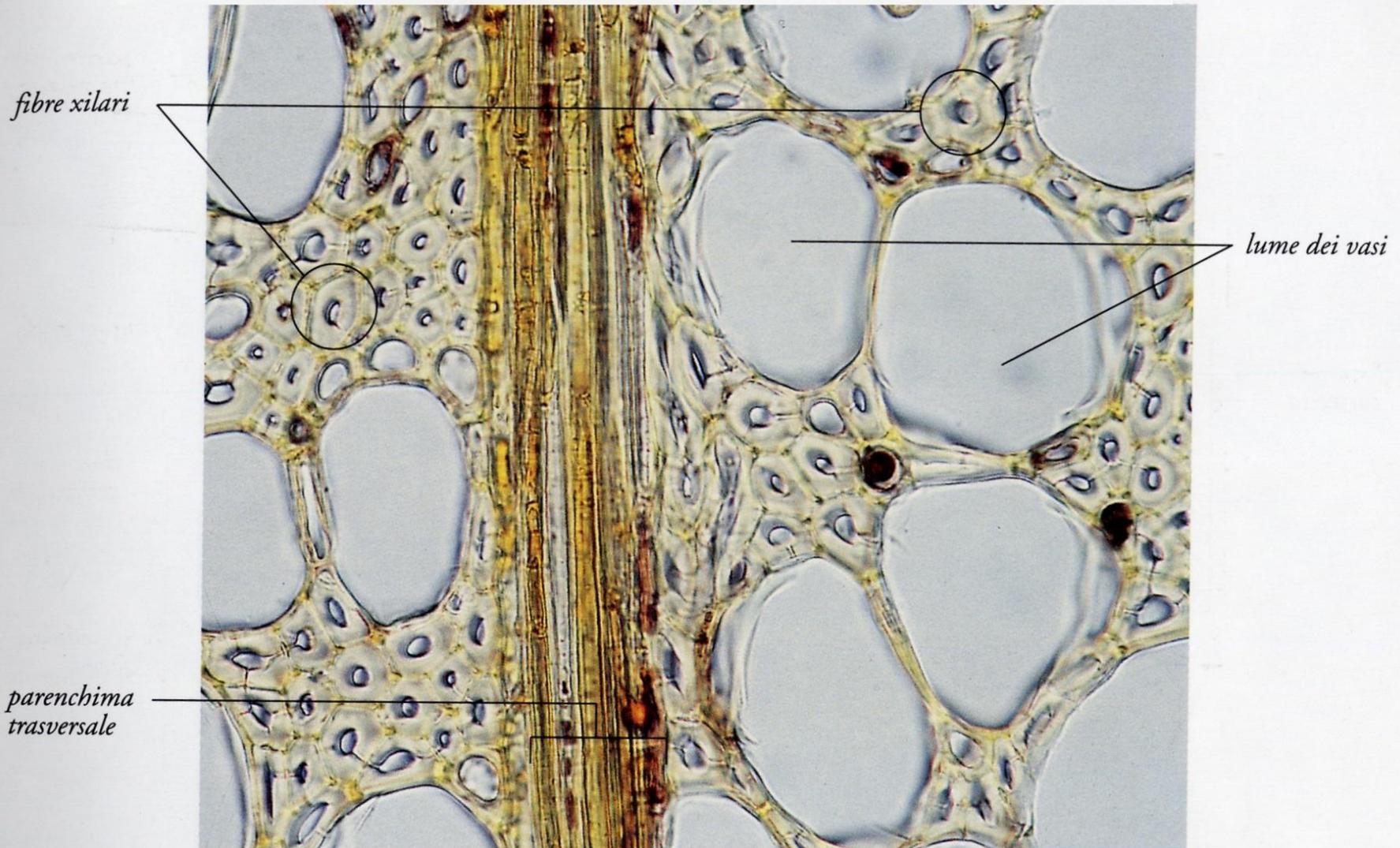
*cilindro  
centrale*

*legno*

*fibre del legno*

**Fibre xilari nel fusto dell'erba di S. Giovanni** (*Hypericum* L., fam. Guttiferae).  
Sezione trasversale. x 200 (210)

# Fibre xilari

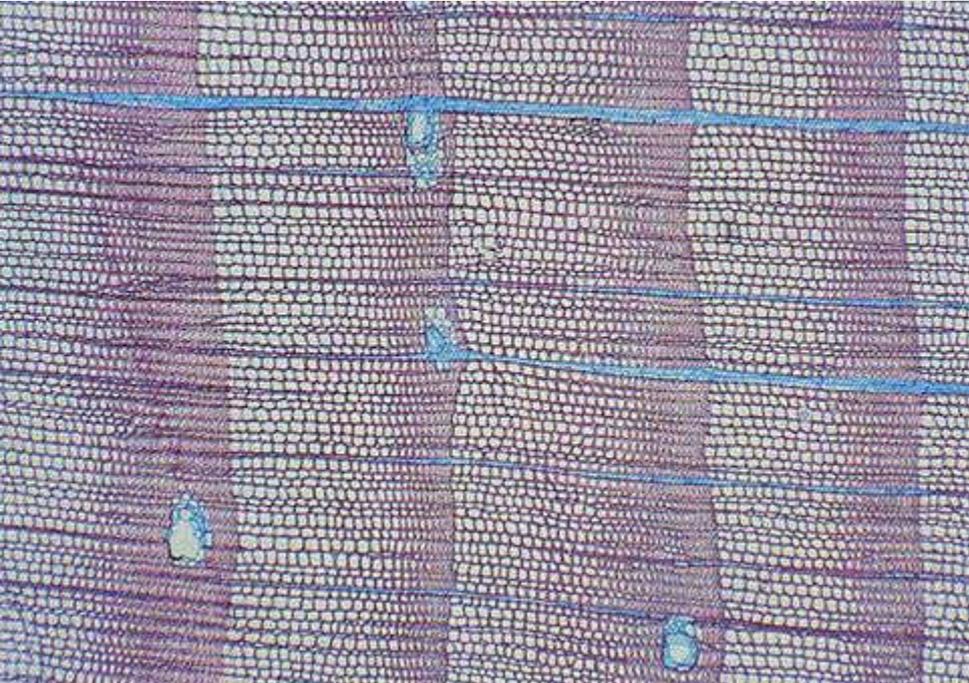
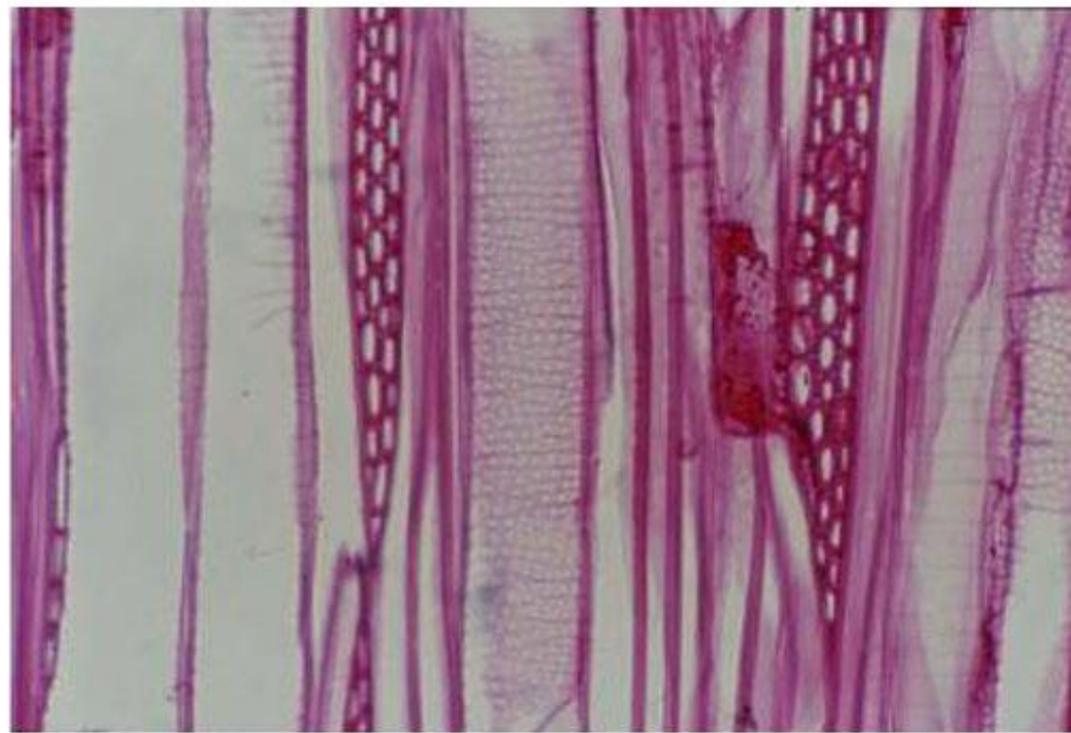


**Fibre de Fibre del legno di faggio** (*Fagus sylvatica* L., fam. Fagaceae).

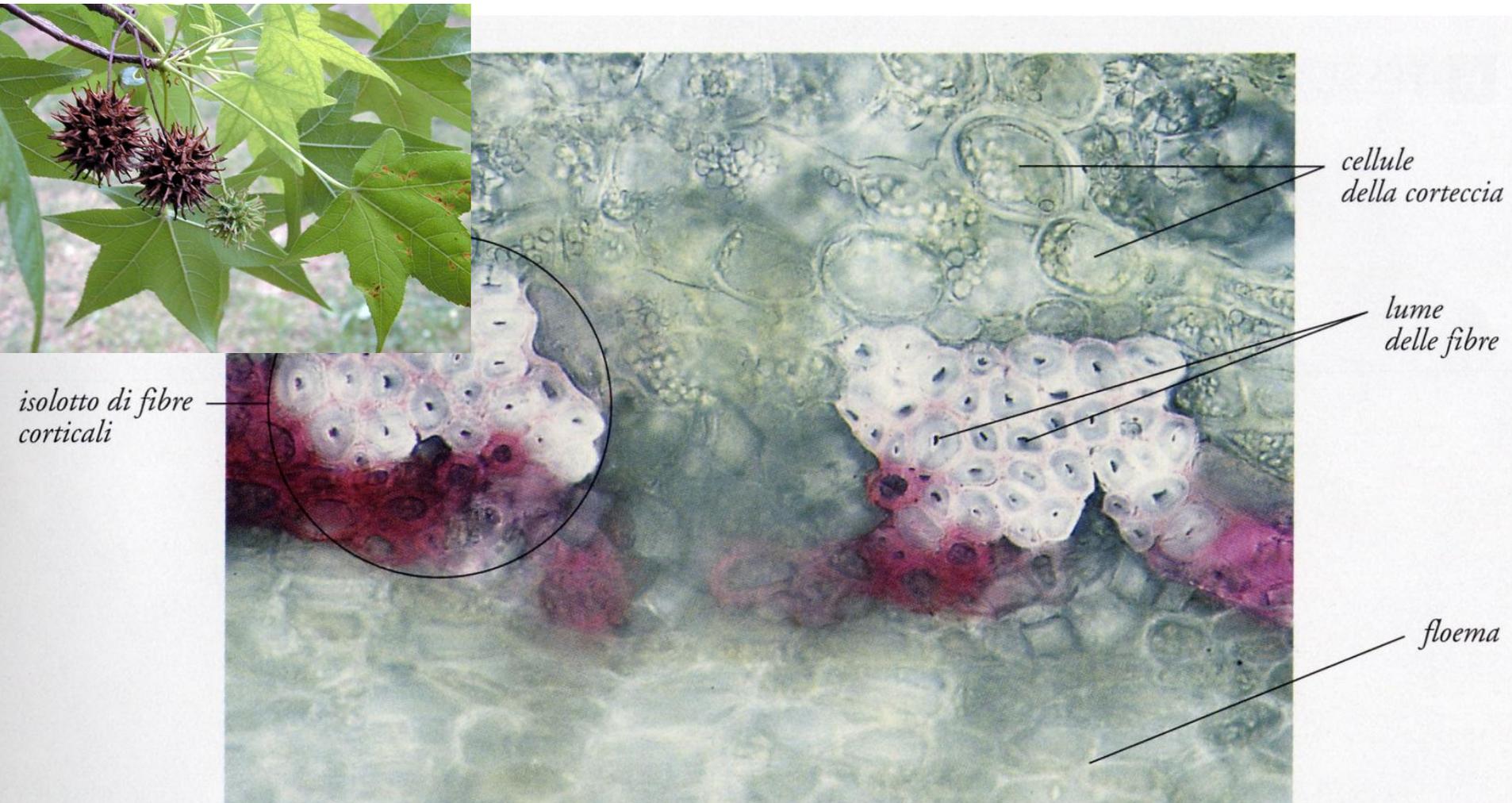
Sezione Sezione trasversale. x 400 (420)

Le fibre Le fibre xilari possono avere, come nel caso rappresentato, una parete notevolmente ispessita.

**Fibro-tracheidi**= fibre xilematiche nel legno di gimnosperme, con doppia F(x) meccanica (sostegno!) e di trasporto.



# Fibre extra-xilari: eterogenee, NON nel legno!

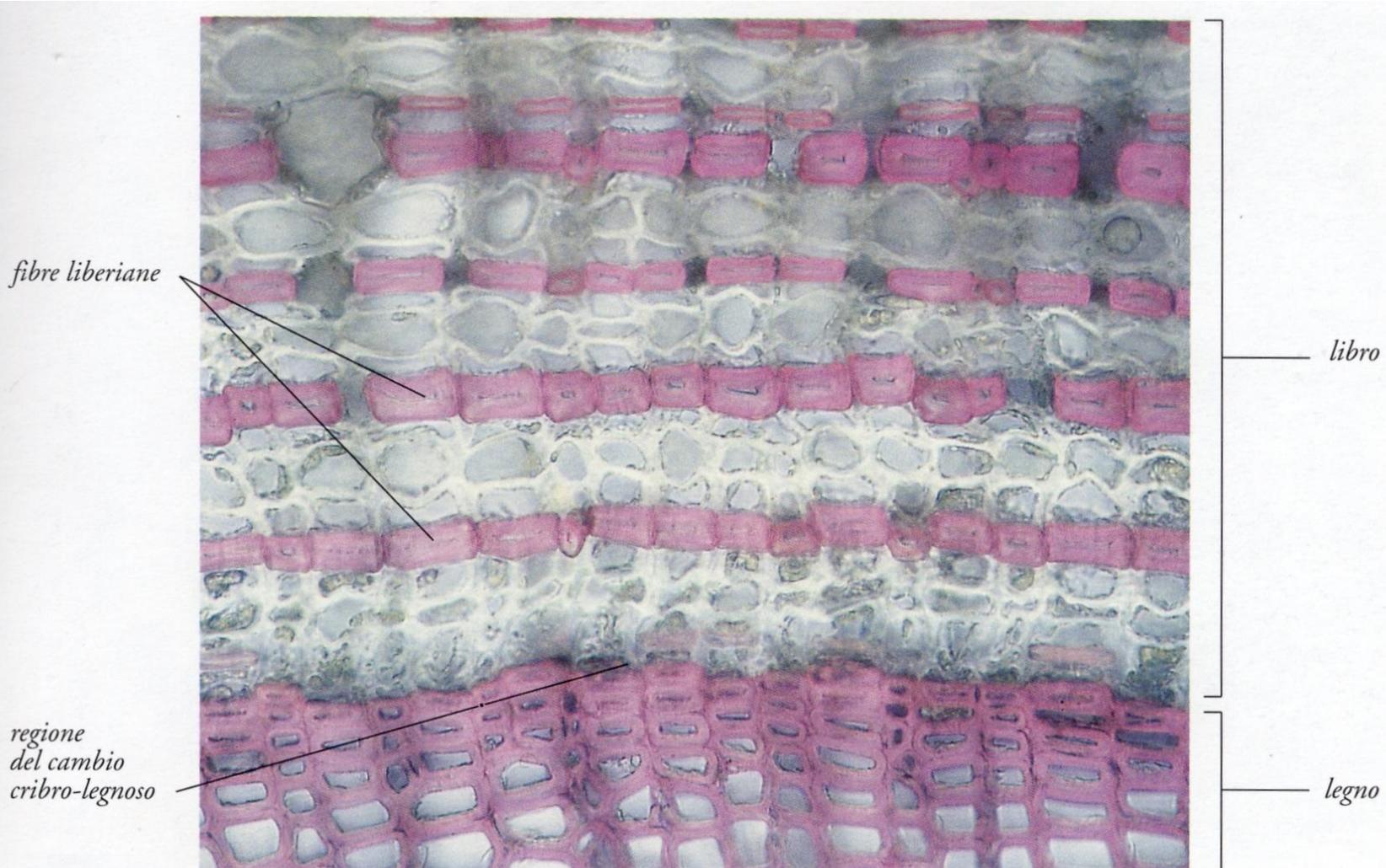


**Fibre extraxilari nella corteccia del fusto di liquidambra** (*Liquidambar styraciflua* L., fam. Hamamelidaceae).

Sezione trasversale. x 400 (350)

La parete di queste fibre è molto ispessita, e il lume cellulare appare puntiforme nella sezione trasversale.

# Fibre extra-xilari



**Fibre extraxilari nel libro del fusto di tuia** (*Thuja plicata* D. Don., fam. Cupressaceae).

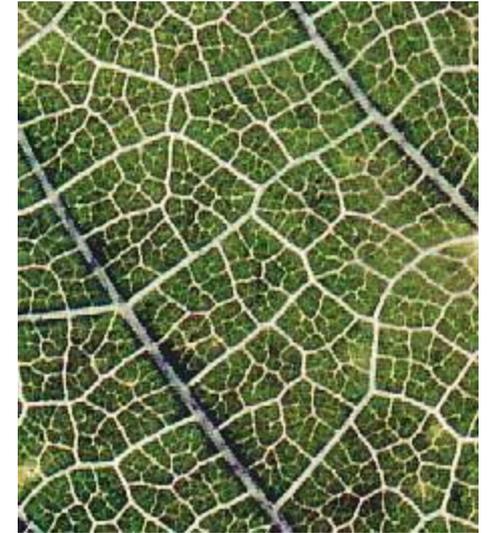
Sezione trasversale. x 400 (430)

Le fibre del libro si presentano qui in sottili bande regolarmente alternate agli altri elementi floematici: nella sezione appaiono di forma rettangolare, con lume cellulare molto ridotto. In questo tipo di piante il legno è privo di elementi ad esclusiva funzione meccanica.

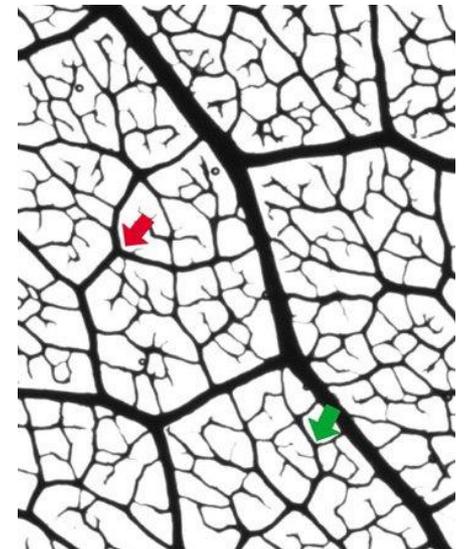
# Fibre extra-xilari

Fascio di fibre

Fascio di trasporto



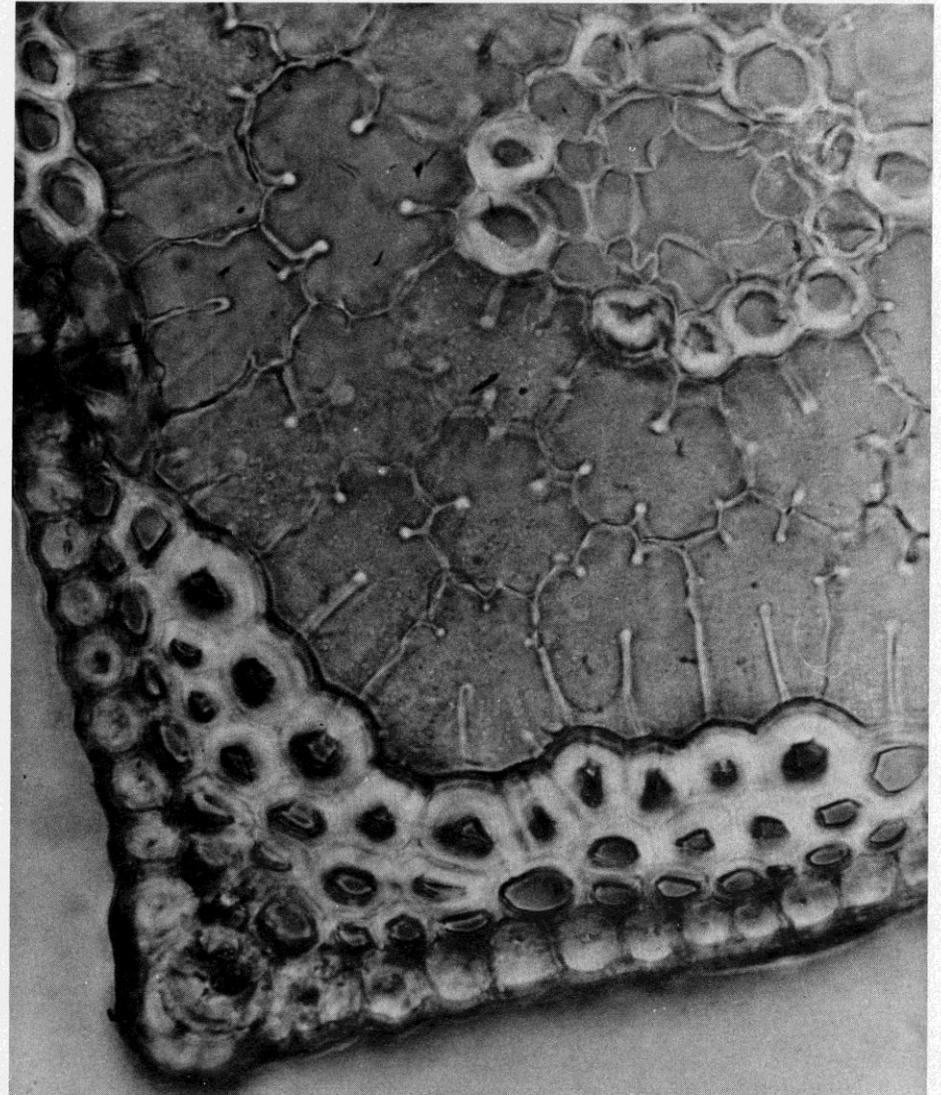
mesofillo



Sezione trasversale di foglia sclerofilla di *Quercus ilex* (leccio), una specie a distribuzione circum-Mediterranea.

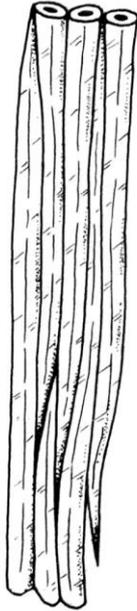
# Fibre extra-xilari

Foglia di una gimnosperma (pino) vista in sezione a più forte ingrandimento. L'epidermide è formata da cellule rivestite da una spessa cuticola con parete grossissima e lume quasi invisibile. Sotto l'epidermide c'è una zona di sclerenchima che è più sviluppata in corrispondenza dello spigolo della foglia. Le cellule del mesofillo sono molto caratteristiche per le invaginazioni della parete. In alto a destra si vede un canale resinifero.



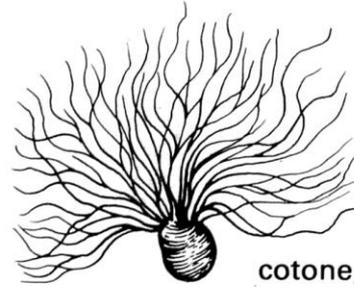


## TIPO DI FIBRA TESSILE

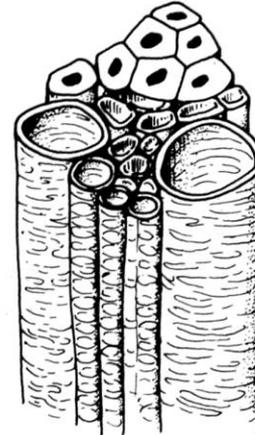


**Fibre sclerenchimatiche situate nella zona periferica del fusto, talvolta non lignificate (per esempio nel lino).**

lino, canapa, iuta, ecc.



cotone, kapok



**Interi fasci conduttori formati da cellule di tipo diverso (vasi del legno, tubi cribrosi, fibre sclerenchimatiche, ecc.).**

agave sisalana ecc.



Tutte le fibre tessili naturali fuorché lana e seta hanno origine vegetale. Lo schema mostra la loro eterogeneità dal punto di vista istologico. Le fibre formate da interi fasci conduttori robuste e grossolane vengono usate per corde e tele da sacco. I delicati tessuti di lino e cotone sono fatti da cellule prive di lignina.



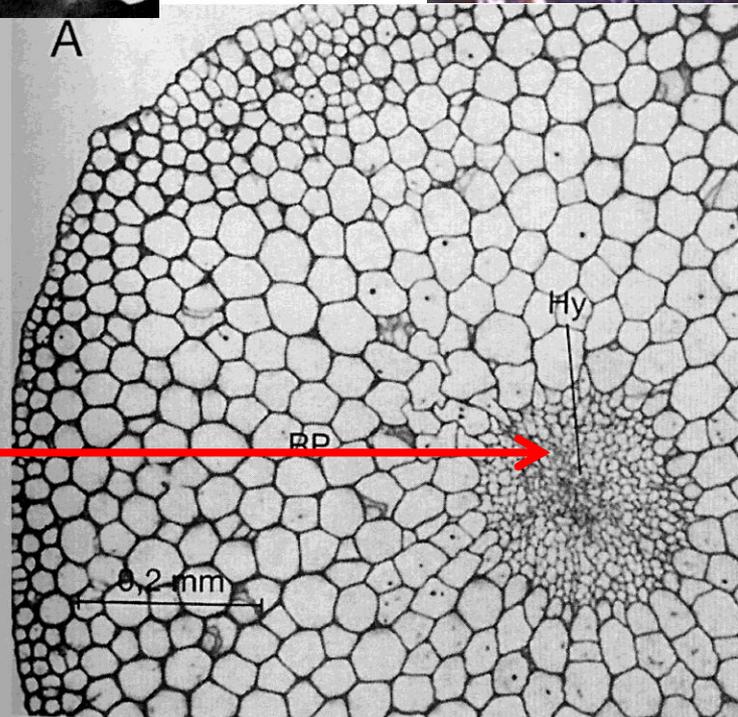
A high-magnification, black and white scanning electron micrograph (SEM) of a textile seam. The image shows two distinct fabric textures joined together. On the left, there is a fine, regular grid of small, oval-shaped perforations. On the right, the fabric has a more pronounced, wavy, ribbed texture. A central vertical line marks the seam where the two materials meet, showing some fraying and the interlocking of fibers.

# TESSUTI DI TRASPORTO

# MUSCHI

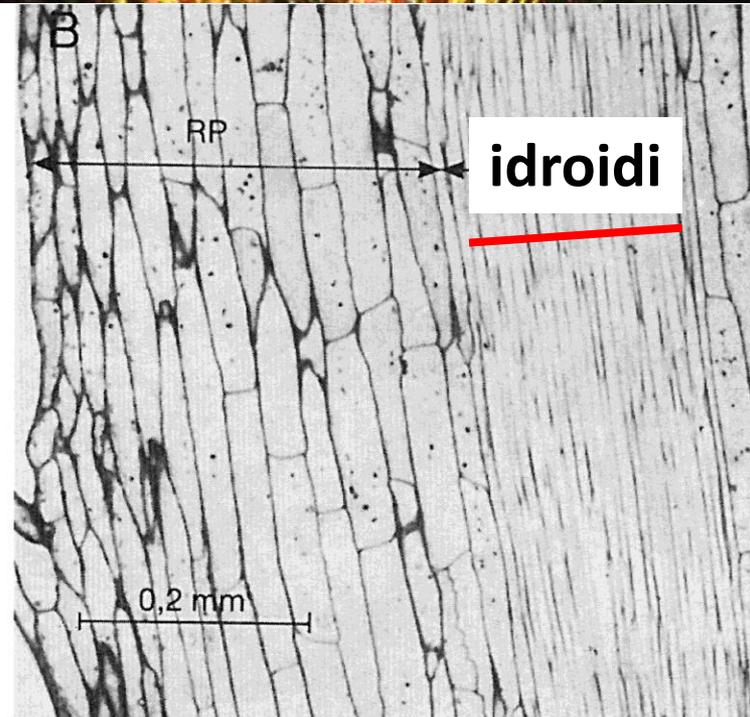


A



idroidi

B



idroidi



TRACHEOFITE

BRIOFITE

*o cormofite (struttura a corno, formato da vere foglie, caule e radici)*



SPERMATOFITE

PTERIDOFITE

*“piante con seme”*

*crittogame vascolari*



Gimnosperme

Angiosperme

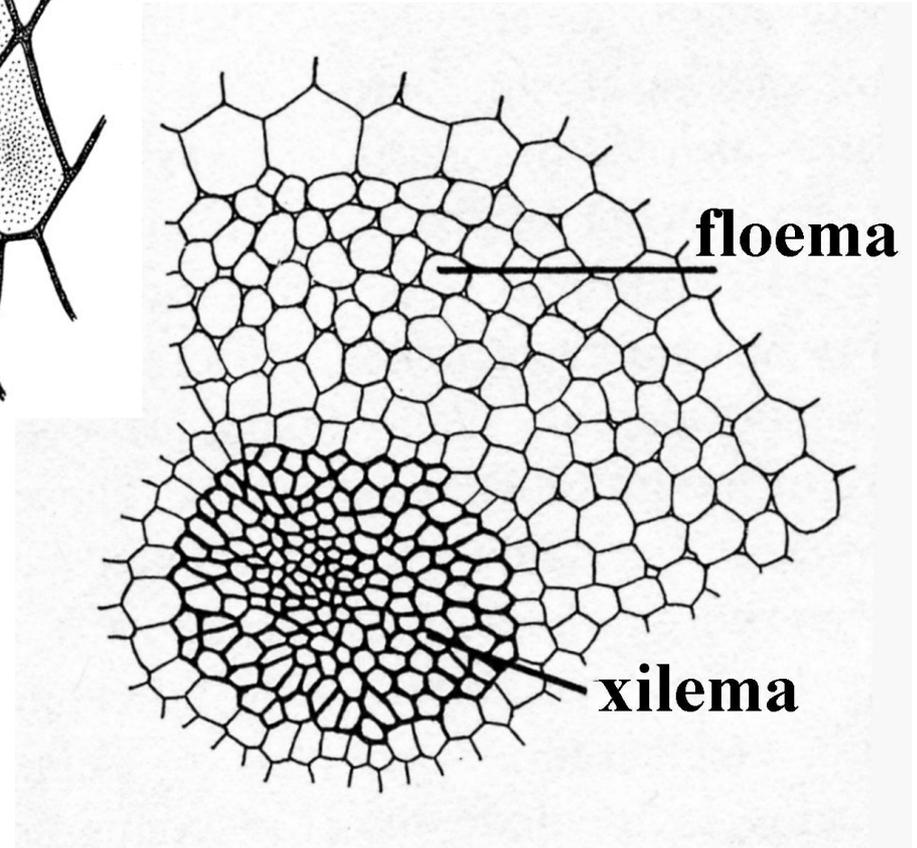
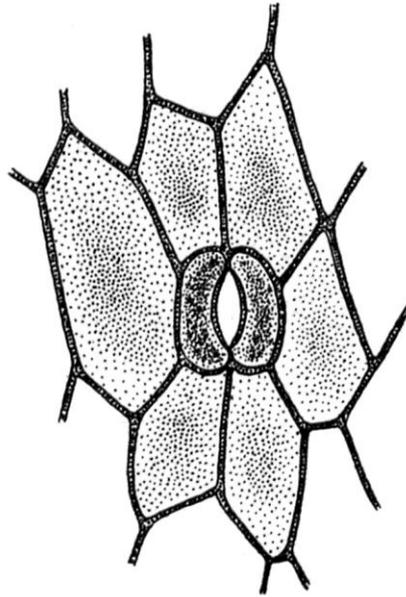
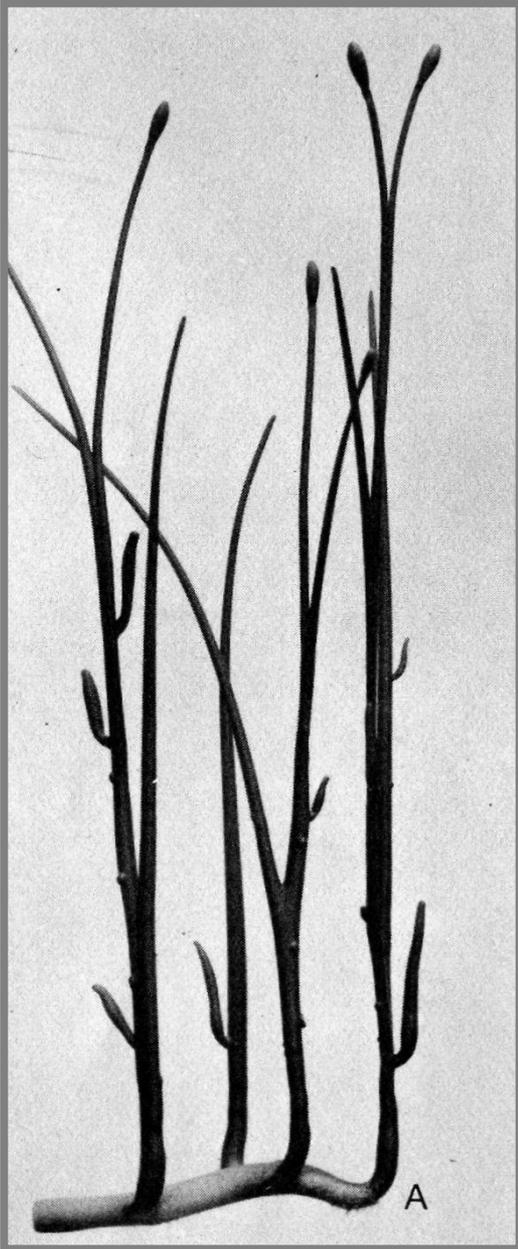
*“a seme nudo”*

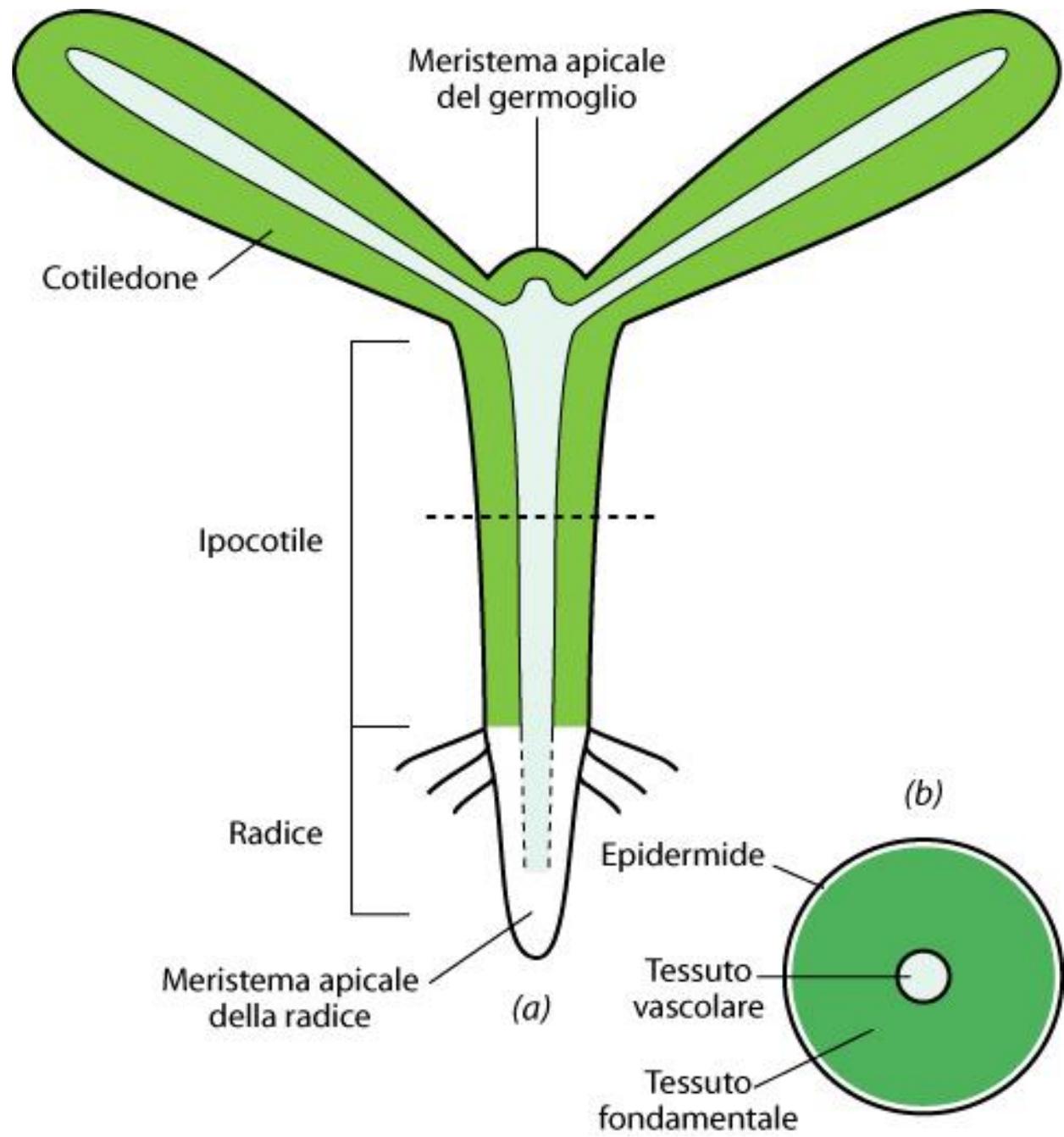
*“a seme protetto”*

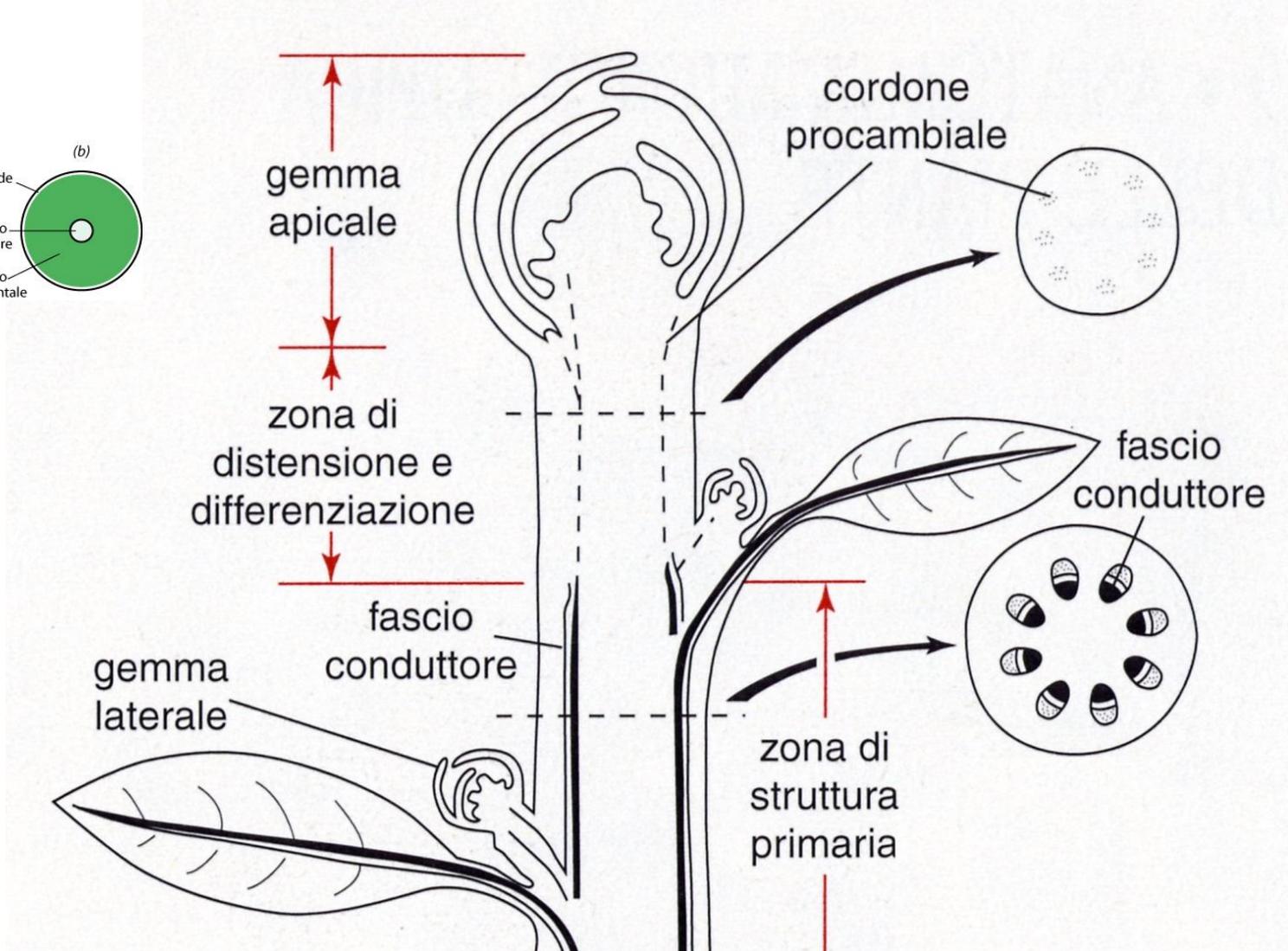
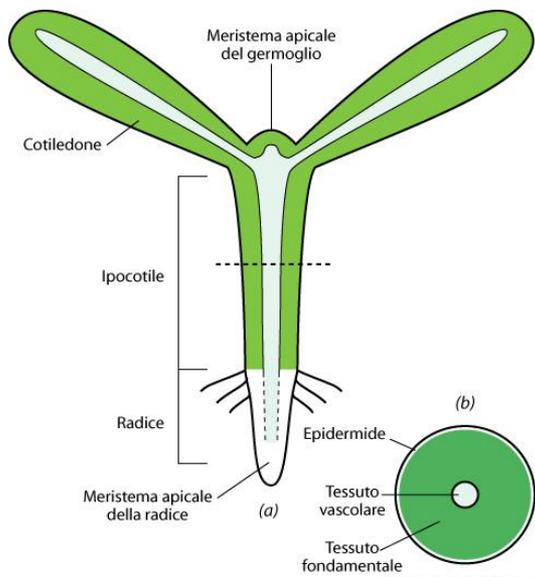


# *Rhynia gwynne-vaughani*:

pianta vascolare ancestrale del  
Devoniano







gemma apicale

zona di distensione e differenziazione

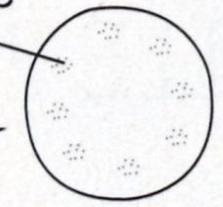
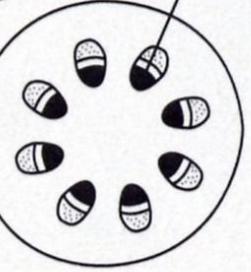
fascio conduttore

gemma laterale

zona di struttura primaria

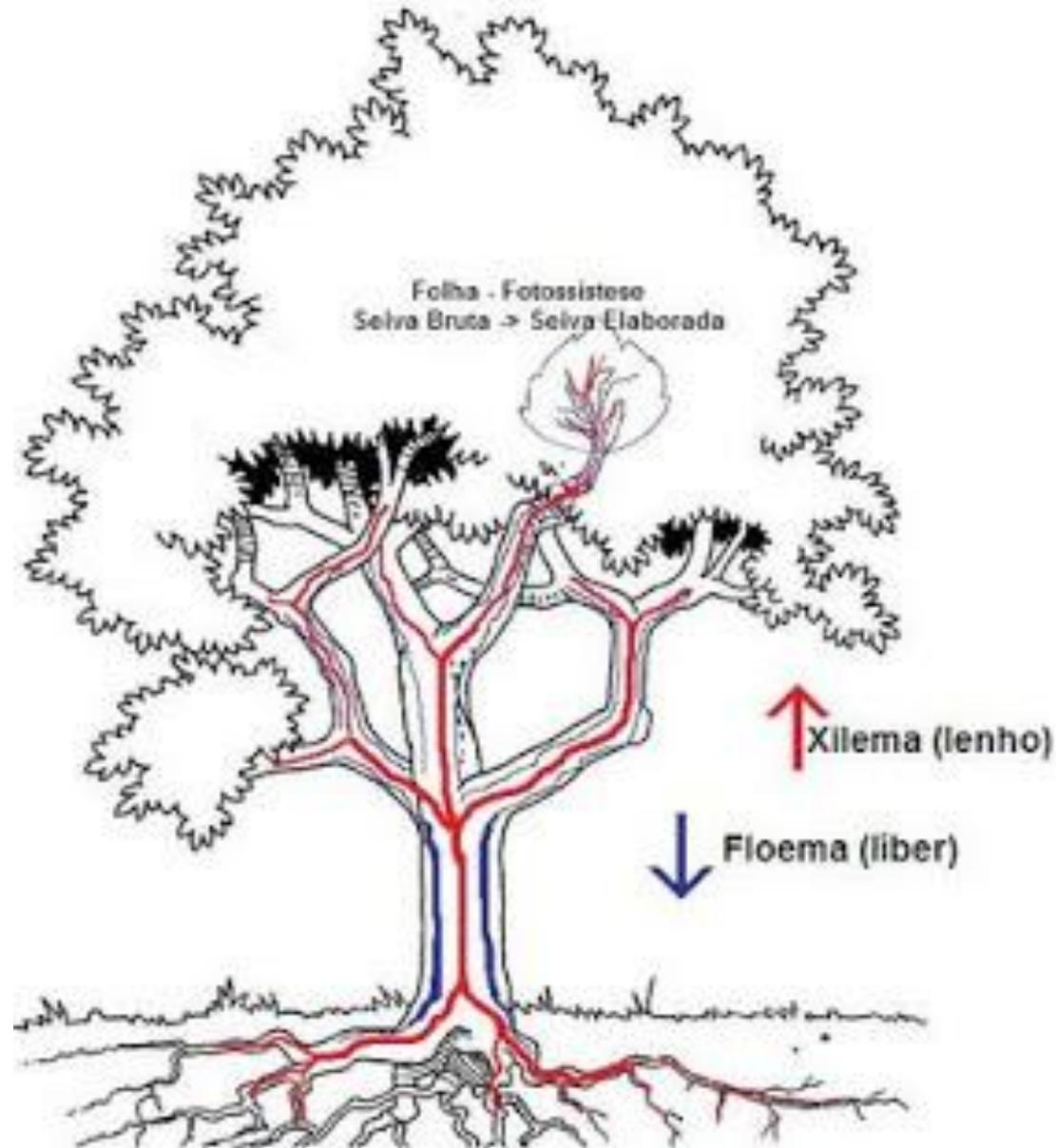
cordone procambiale

fascio conduttore



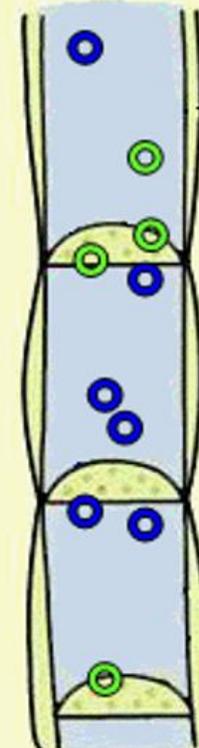
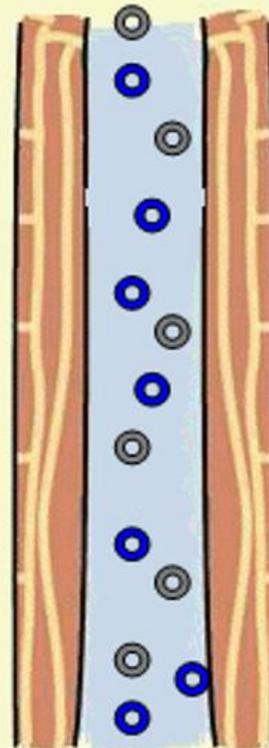
**XILEMA** – trasporta “**LINFIA GREZZA**” (acqua, ioni minerali) dall’apparato radicale verso le altre parti della pianta, e quindi soprattutto le foglie, dove la traspirazione è più intensa.

**FLOEMA** – trasporta “**LINFIA ELABORATA**” (H<sub>2</sub>O, molecole organiche mono- ed oligosaccaridi, fitormoni, aminoacidi, etc.) dagli organi di produzione agli organi che li devono accumulare o consumare, e.g. dalle foglie agli organi di riserva, ai frutti in formazione, ai tessuti in attiva crescita.



## XILEMA

## FLOEMA



Sentido único

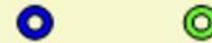


Transporte de  
água e sais

Células mortas, sem  
parede

Rica em lignina

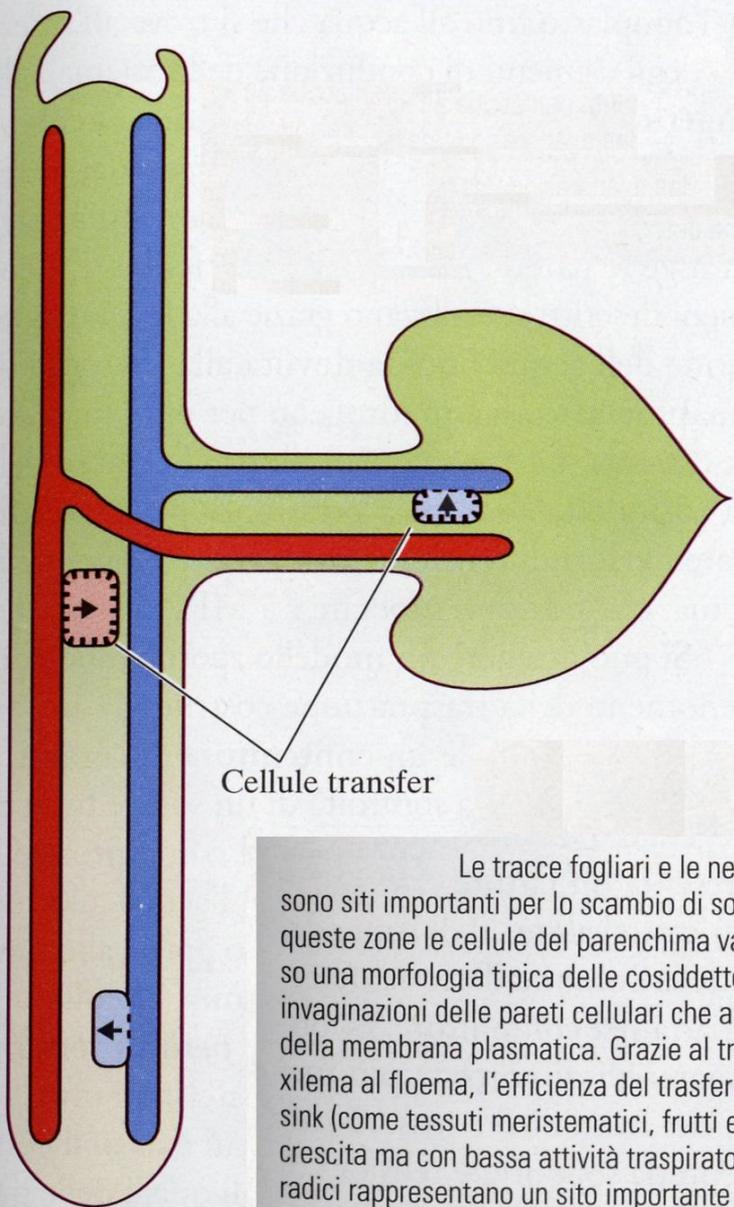
Transporte de  
água e alimento



Células vivas, com paredes  
ricas em poros



Ambos os sentidos



Floema  
 Xilema

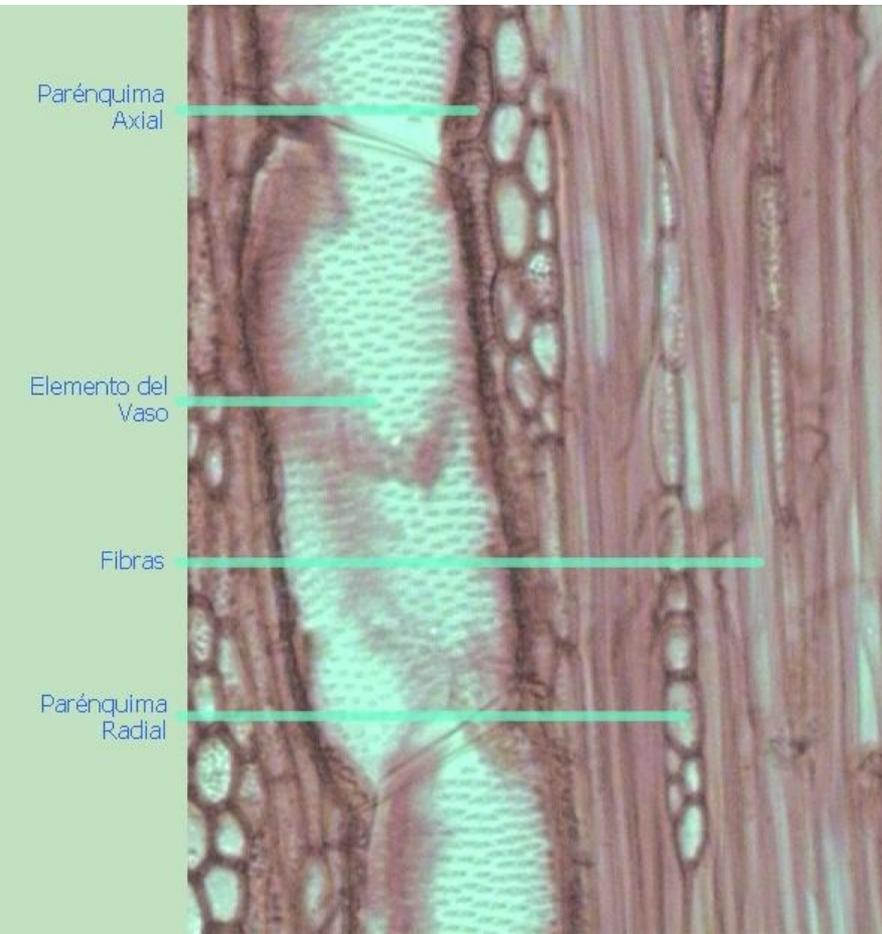
Cellule transfer

Le tracce fogliari e le nervature minori delle foglie sono siti importanti per lo scambio di soluti tra xilema e floema. In queste zone le cellule del parenchima vascolare presentano spesso una morfologia tipica delle cosiddette cellule transfer, con invaginazioni delle pareti cellulari che aumentano la superficie della membrana plasmatica. Grazie al trasferimento di soluti dallo xilema al floema, l'efficienza del trasferimento di nutrienti verso sink (come tessuti meristemati, frutti e semi) in fase di rapida crescita ma con bassa attività traspiratoria risulta aumentata. Le radici rappresentano un sito importante per il trasferimento di soluti dal floema allo xilema, e rimandano al germoglio una quota importante di alcuni soluti trasportati nel floema (amminoacidi e  $K^+$ ). Le cellule coinvolte nel trasferimento di soluti dal floema allo xilema non presentano le caratteristiche morfologiche delle cellule transfer.

**Cellule transfer:**  
 cellule compagne  
 del floema  
 deputate al  
 trasferimento di  
 soluti tra xilema e  
 floema →  
 efficienza!

Lo **XILEMA** può essere composto da diversi elementi:

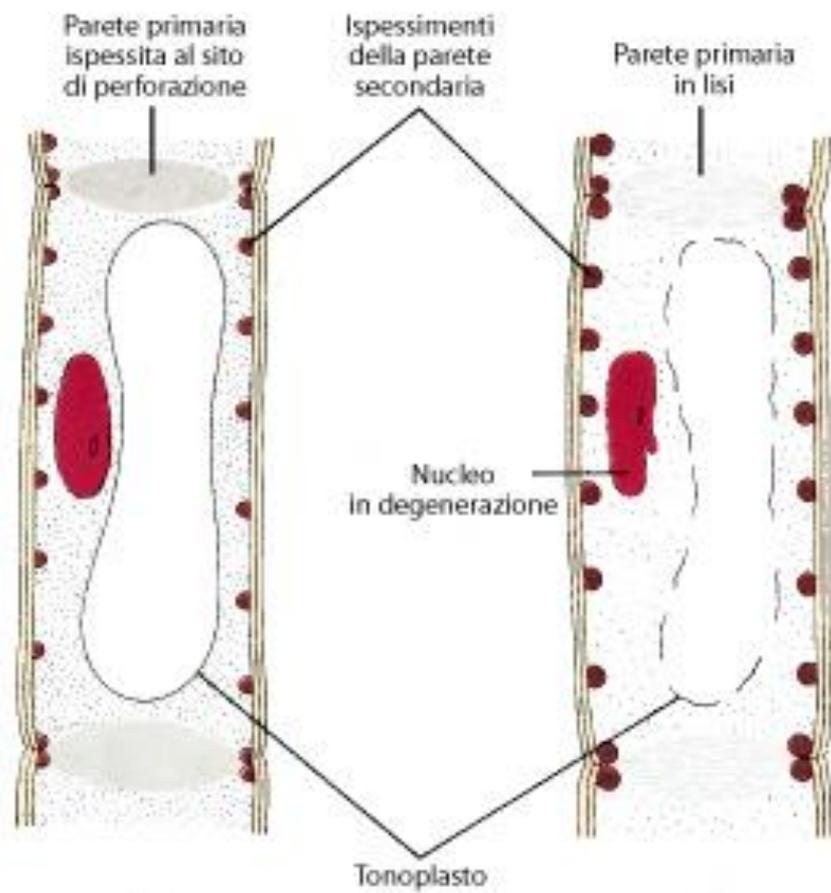
- **tracheidi**
- **elementi tracheali**, a formare le **trachee**
- **fibre** (cellule morte)
- **cellule parenchimatice** (cellule vive)



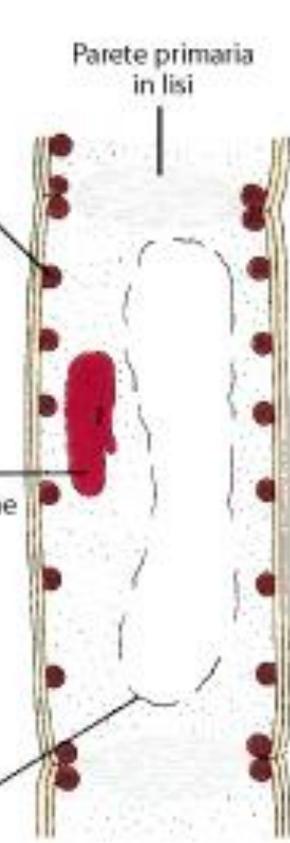
trasporto dell'acqua;  
cellule morte: i  
protoplasti sono  
degenerati, la cellula è  
vuota e persiste solo la  
parete.



(a)



(b)



(c)



(d)

# TRACHEIDI:

- cellule allungate con estremità in genere appuntita,
- parete lignificata (spesso molto lignificata: ad esempio nel caso delle fibrotracheidi delle conifere)
- numerose punteggiature
- lunghe ca. 0,3-10 mm,  $2r = 30 \mu\text{m}$
- presenti in pteridofite, gimno- ed angiosperme
- “vasi chiusi”



fibra



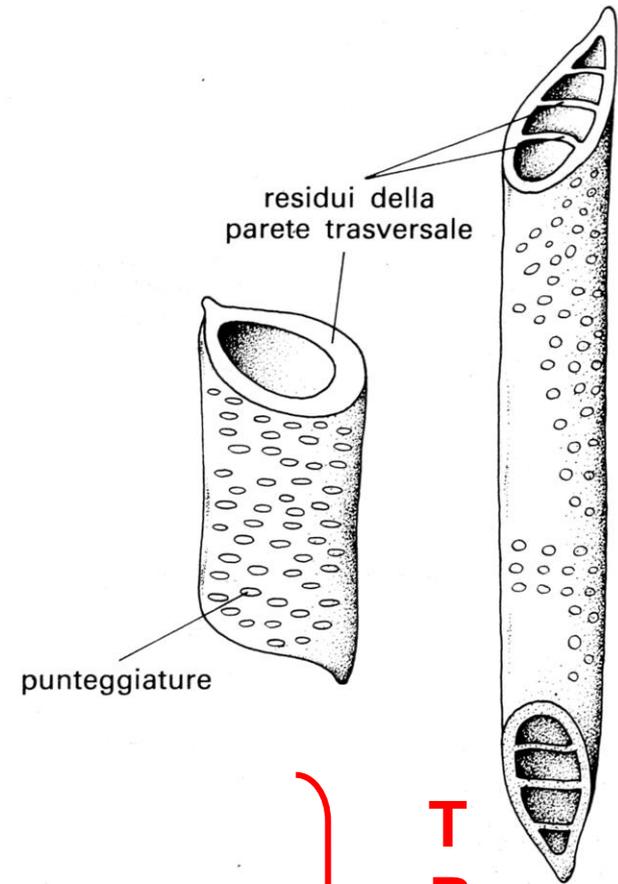
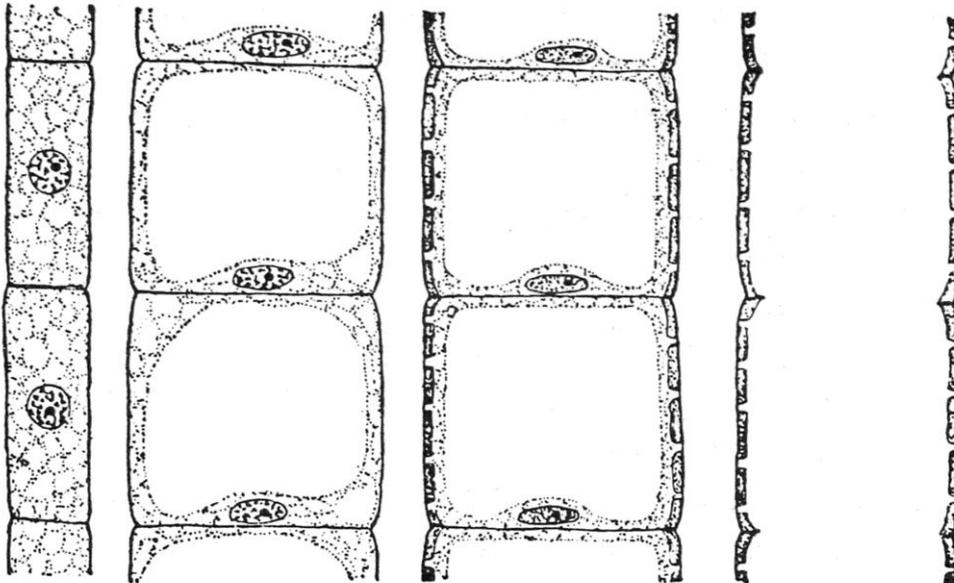
tracheide  
(vaso chiuso)

punteggiature che fanno comunicare una tracheide con la successiva

punteggiature

# TRACHEE:

- elementi composti, formati da più cellule ("elementi della trachea") impilate le une sulle altre, a formare delle colonne lunghe (eccezionalmente anche alcuni metri nelle liane)
- Le pareti trasversali son quasi del tutto scomparse → tubo
- "vasi aperti"



elemento  
tracheale

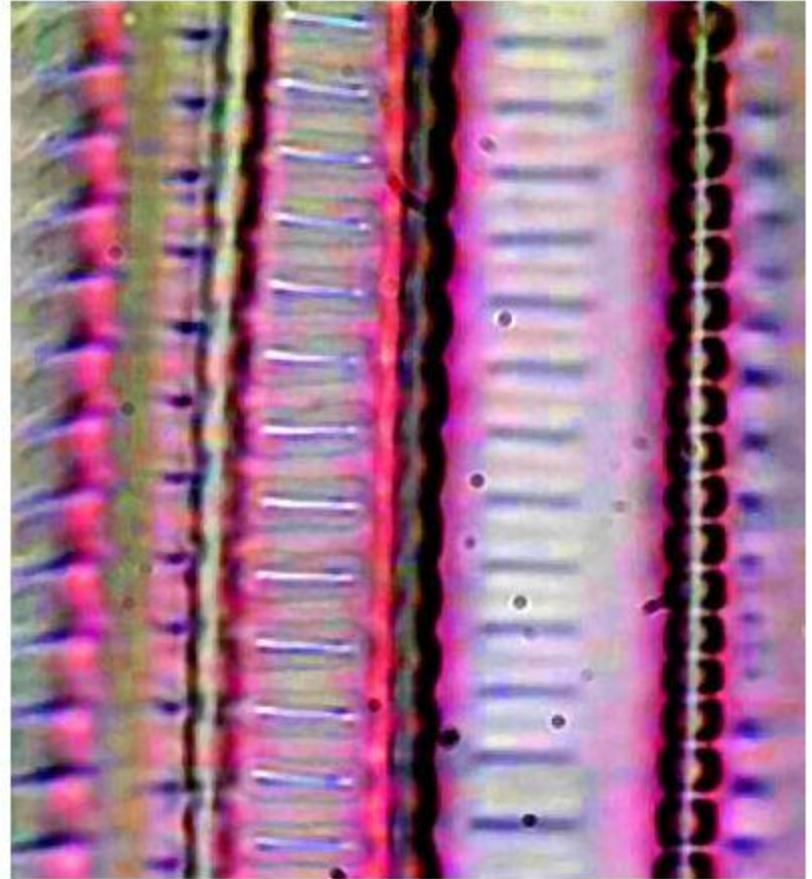
T  
R  
A  
C  
H  
E  
A

Trachee o  
Vasi

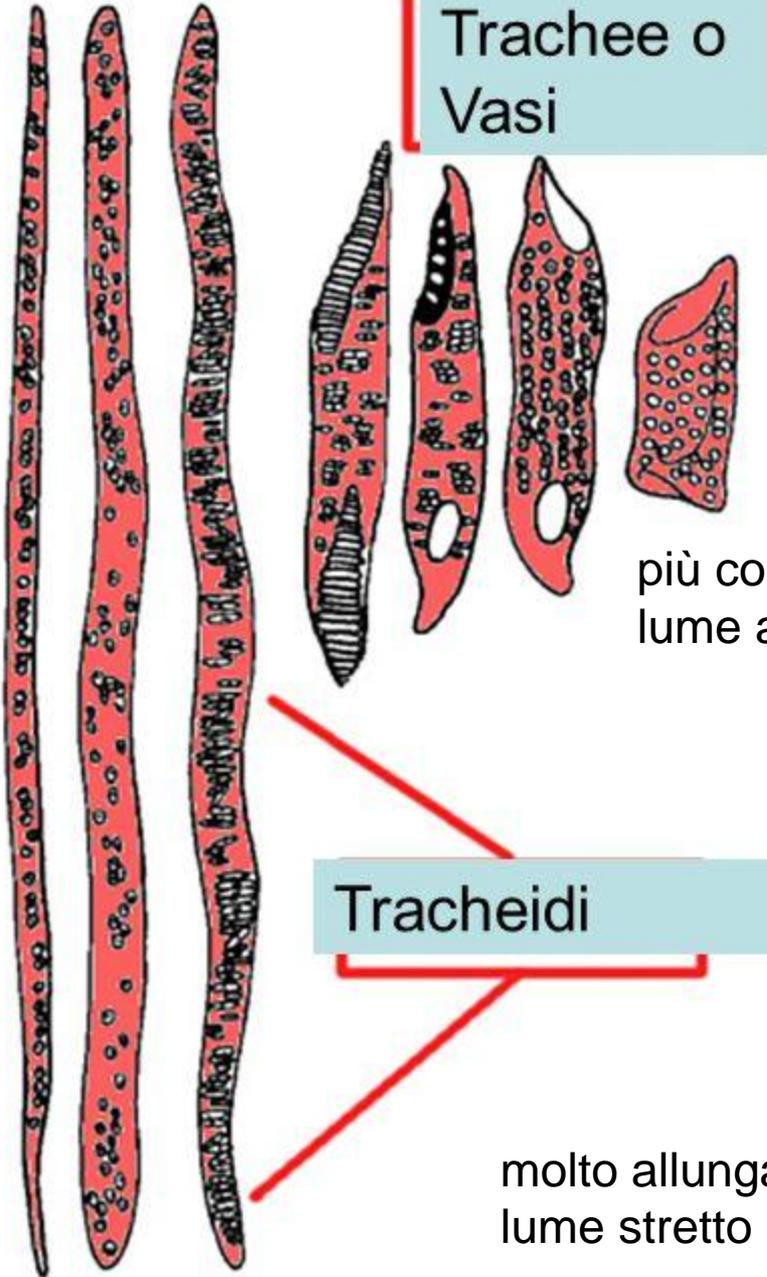
più corte,  
lume ampio

Tracheidi

molto allungate,  
lume stretto



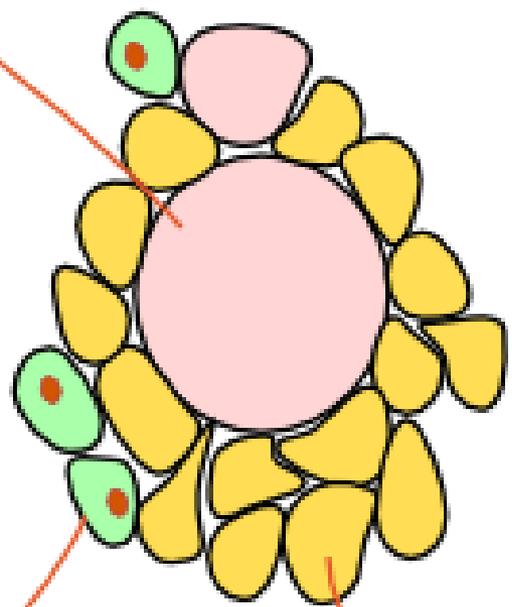
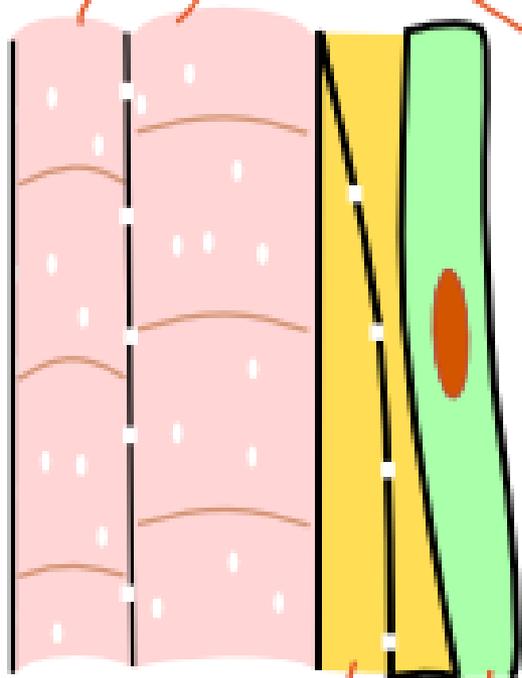
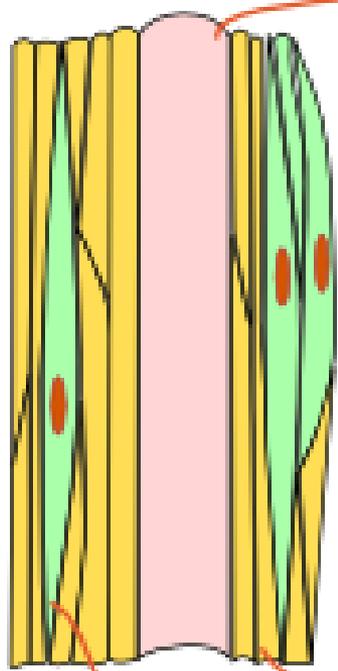
Tracheidi scalariformi



Xilema  
(longitudinal)

Elementos de los vasos

Xilema  
(transversal)

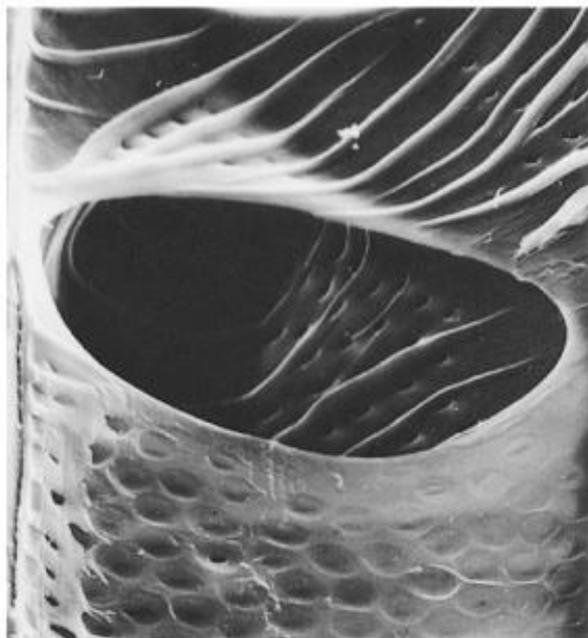


Células parenquimáticas

Traqueidas

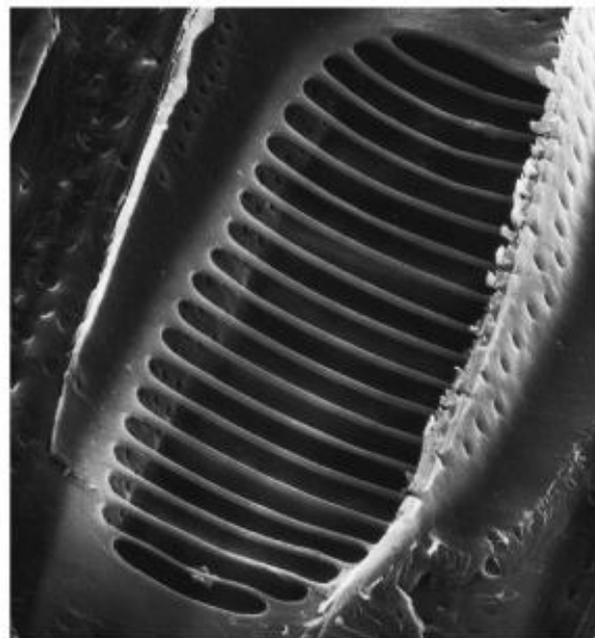
Traqueidas

Células parenquimáticas



(a)

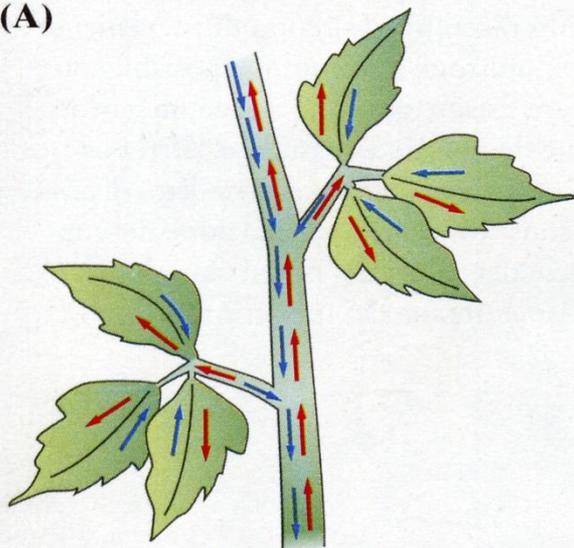
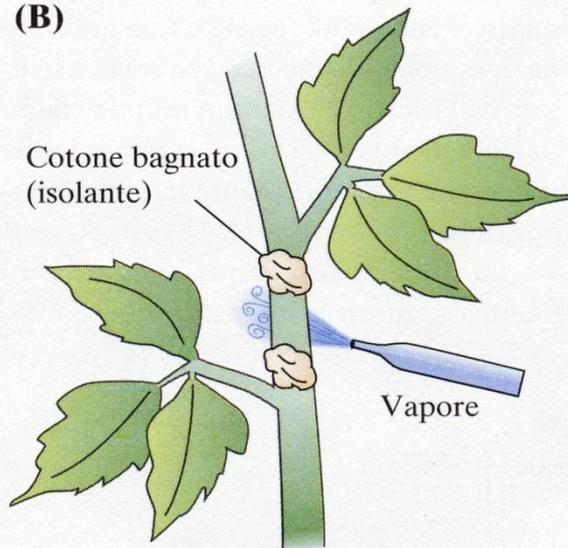
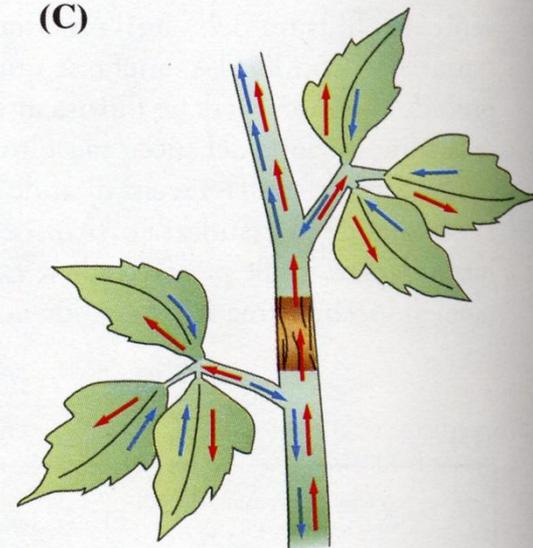
20 μm



(b)

20 μm

100 μm

**(A)****(B)****(C)**

Effetto della decorticazione ad anello mediante applicazione di vapore bollente sul trasporto xilematico e floematico. (A) Prima del trattamento il trasporto floematico si verifica in direzione discendente a livello di entrambi i nodi. (B) Un internodo viene

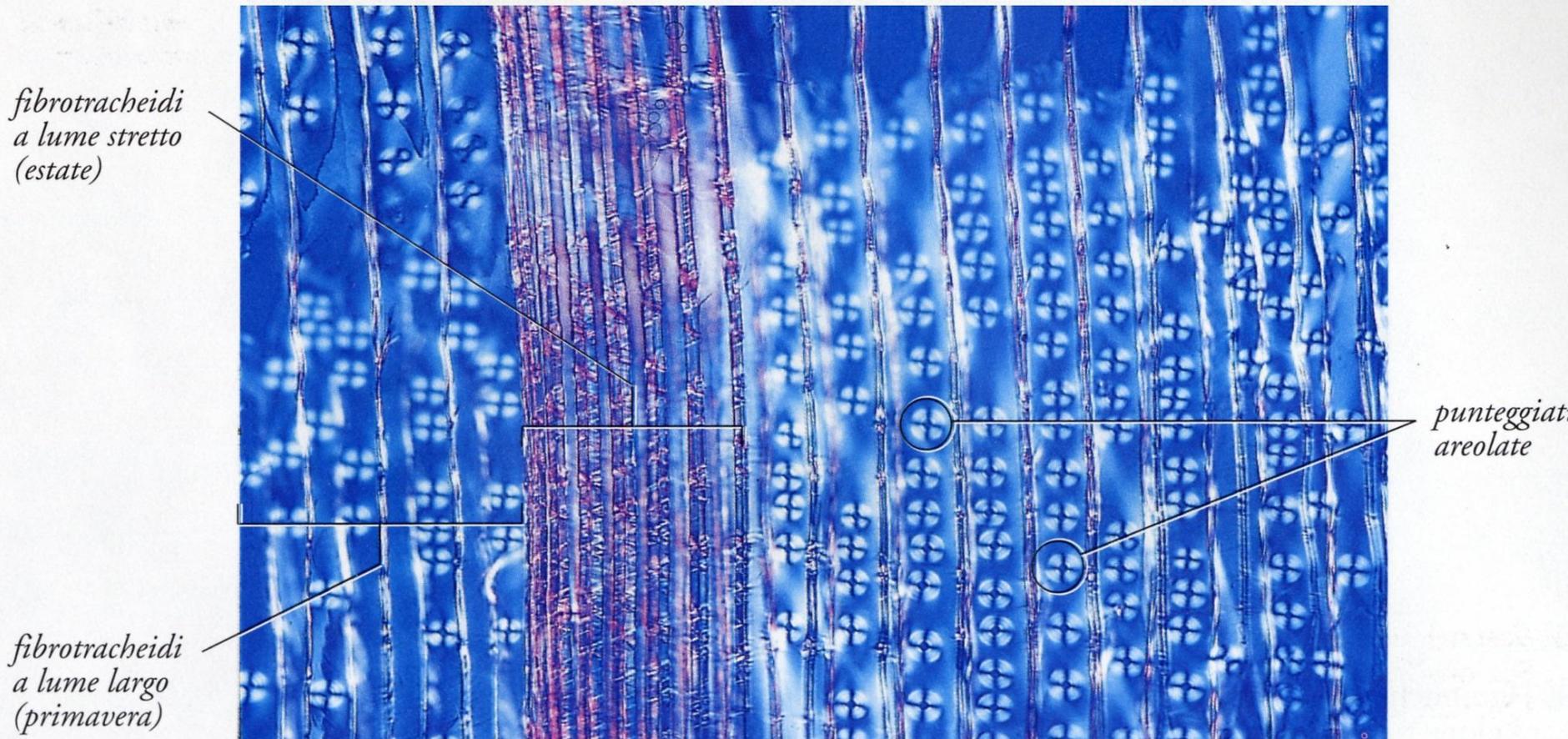
sottoposto a decorticazione ad anello utilizzando un getto di vapore bollente. La protezione con un tampone di cotone bagnato delle zone al di sopra e al di sotto di quella trattata permette di limitare il surriscaldamento a una porzione del fusto. (C) Né il trasporto per

via xilematica né quello per via floematica dalla foglia situata a valle della anellatura vengono influenzati dal trattamento, mentre il trasporto per via floematica dal nodo superiore si verifica solo in direzione ascendente, poiché il floema a livello dell'internodo sottostante è stato ucciso.

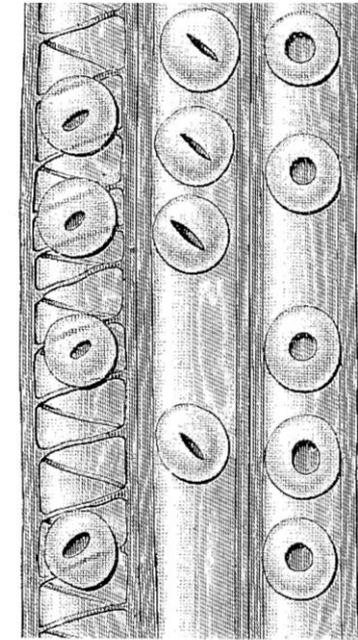
Le trachee sono elementi costitutivi dei fasci conduttori delle angiosperme, ma compaiono già in alcune pteridofite (es. attualmente possono osservarsi nella felce aquilina, *Pteridium aquilinum*) e in alcune gimnosperme (es. *Taxus baccata*, *Welwitschia mirabilis*).



**Punteggiature areolate:** punti di forma circolare, ovale o poligonale in cui la parete non è inspessita, con bordo rafforzante (= areola); **f(x)**= comunicazione e flusso della linfa grezza tra elementi tracheali adiacenti



**Fibrotracheidi nel fusto di abete bianco** (*Abies alba* Mill., fam. Pinaceae).  
Sezione longitudinale radiale. Osservazione in luce polarizzata, x 200 (160)

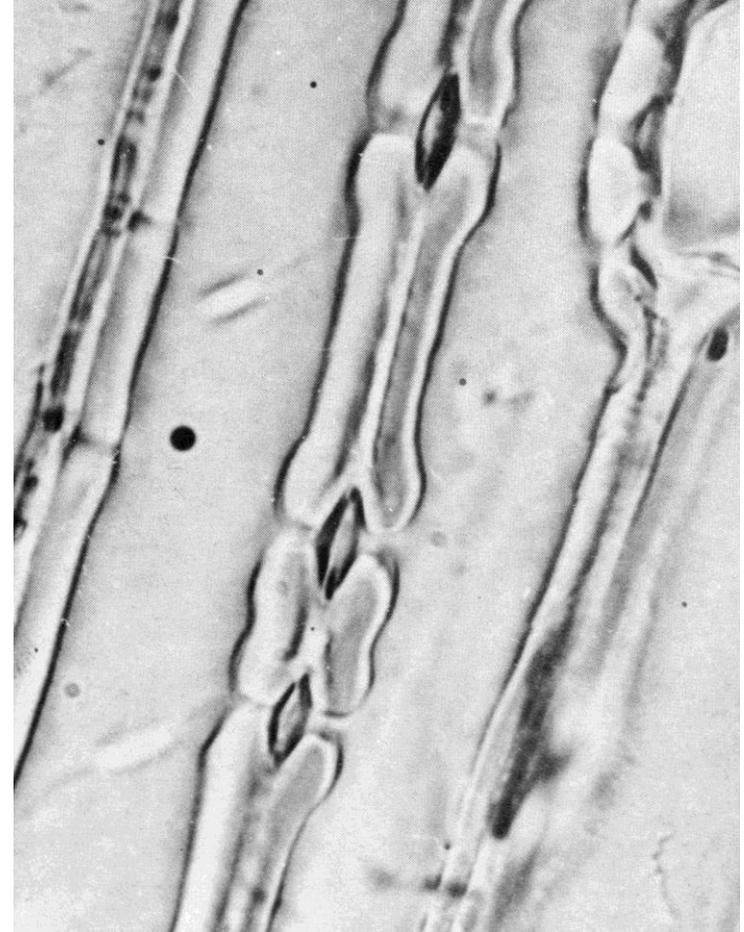
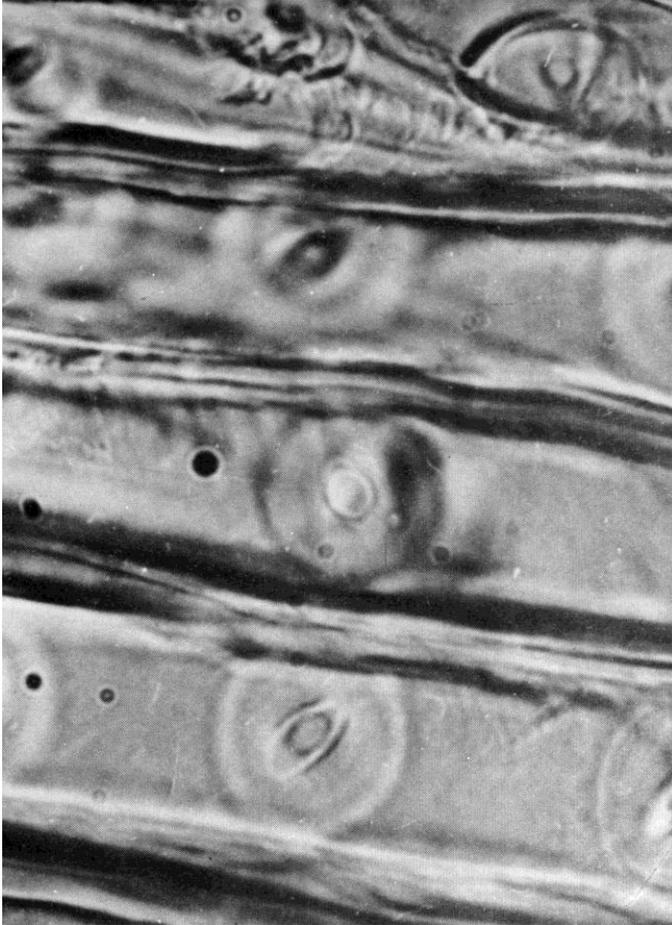


**Fibrotracheidi con punteggiature areolate nel fusto di abete bianco (*Abies alba* Mill. fam. Pinaceae).**  
 Sezione longitudinale radiale. x 400 (480)

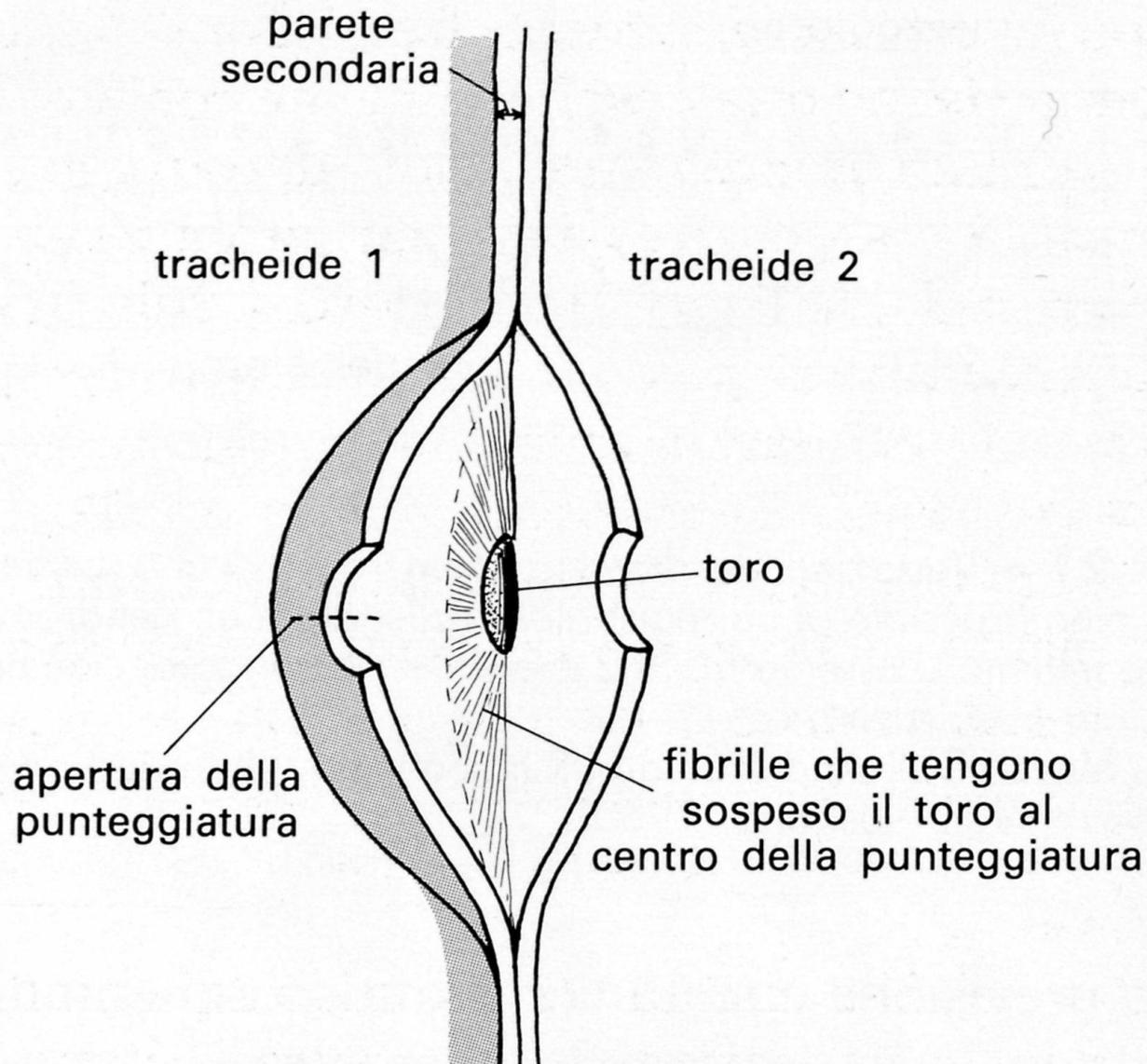
Le fibrotracheidi delle conifere hanno punteggiature areolate provviste di un ispessimento della lamella mediana detto *toro*. In questo tipo di punteggiatura, la parete secondaria si interrompe e si solleva su quella primaria determinando la formazione di una *camera* della punteggiatura. Viste di fronte, come in questo caso, le punteggiature areolate presentano l'apertura maggiore e minore della camera suddetta come due circonferenze concentriche, giustificando così il loro nome.

**Fibrotracheidi con punteggiature areolate nel fusto di tasso (*Taxus baccata* L.).**

## *Punteggiature areolate delle tracheidi di conifere*

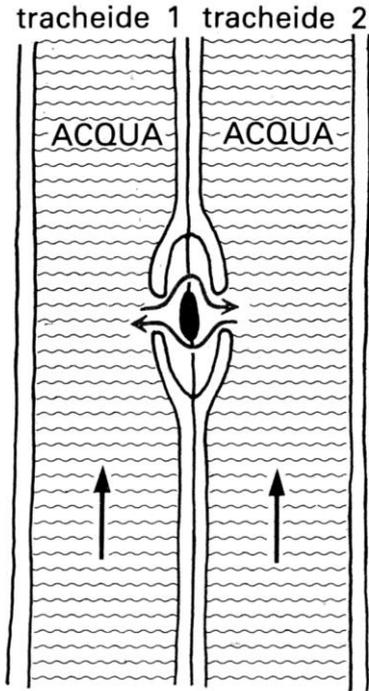


Punteggiature areolate in fibrotracheidi del legno di una gimnosperma di faccia (sopra) e in sezione (sotto) viste al microscopio ottico a forte ingrandimento.

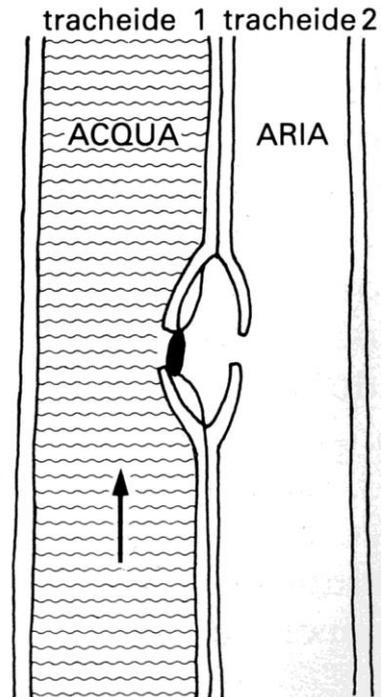


PUNTEGGIATURA AREOLATA  
VISTA IN SEZIONE

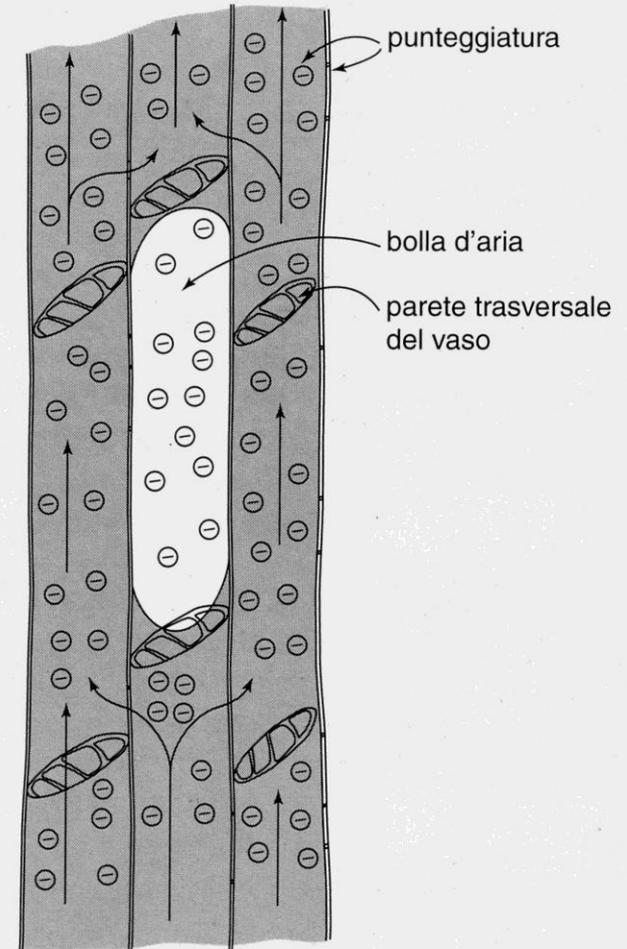
# Cavitazione !!!



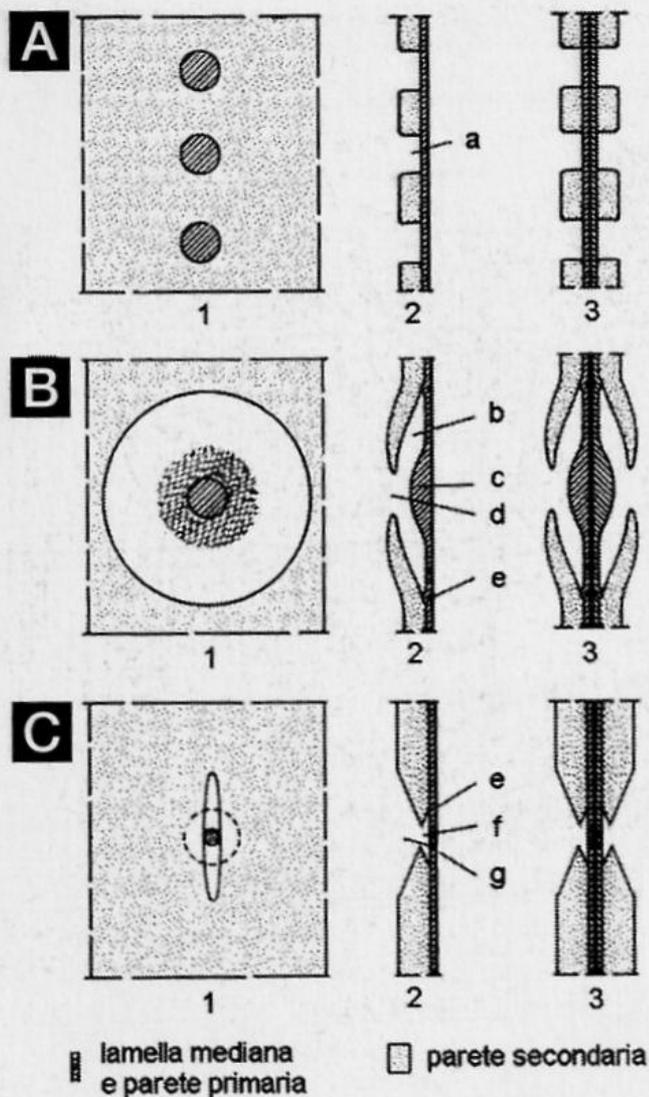
Se ambedue le tracheidi sono piene d'acqua la valvola è aperta. L'acqua può passare liberamente da una tracheide all'altra.



Se una delle due tracheidi si riempie d'aria la depressione causata dal flusso d'acqua nell'altra tracheide risucchia il toro che va ad applicarsi contro l'apertura della punteggiatura. La valvola si chiude.



Una bolla d'aria in un vaso lo blocca, ma l'acqua riesce ad aggirare l'ostacolo passando nei vasi vicini in corrispondenza dell'ostacolo. Questo passaggio è reso possibile dalle punteggiature. (Da Taiz-Zeiger, «Plant Physiology», modificato).



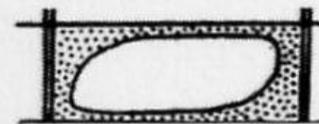
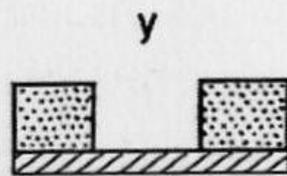
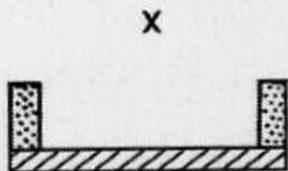
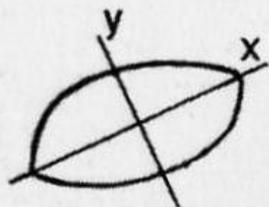
*Tipi di punteggiature delle cellule del legno: A) punteggiature semplici di cellule parenchimatiche; B) punteggiature areolate di elementi conduttori del legno omoxilo; C) punteggiature areolate di elementi conduttori del legno eteroxilo; 1) punteggiature di fronte; 2) punteggiature di profilo; 3) punteggiature di due cellule adiacenti; a) apertura della punteggiatura; b) camera della punteggiatura; c) toro; d) apertura verso il lume cellulare; e) limite della camera della punteggiatura; f) camera esterna della punteggiatura; g) camera interna con apertura verso il lume cellulare (da GIORDANO, 1981, ridisegnato).*

*tipi di punteggiature dei campi d'incrocio (da JANE, 1956, ridisegnato).*

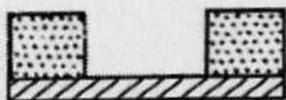
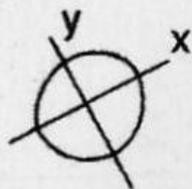
TIPO DI PUNTEGGIATURA

CAMPO  
D'INCROCIO

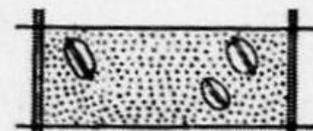
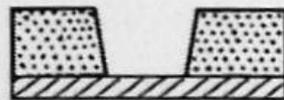
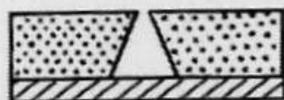
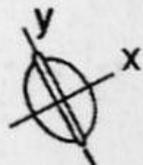
fenestrata



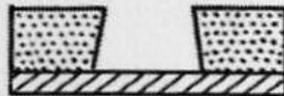
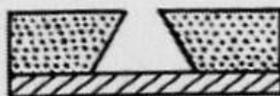
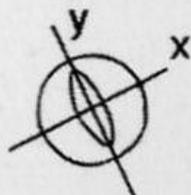
pinoide



piceoide



cupressoide



taxodioide

