

STRUTTURA, CRESCITA E DIFFERENZIAMENTO NELLA PIANTA



(a)

© iStockphoto.com



(b)

© iStockphoto.com

FIGURA 31-1

La varietà nelle dimensioni delle piante.

(a) La pianta del genere *Spirodela* (comunemente chiamata lenticchia d'acqua, NdI) sono piccole piante acquatiche galleggianti lunghe circa 1 cm. Se si guarda attentamente al corpo delle rana, si notano intorno dei piccoli punti verdi sono piante del genere *Wolffia*. Questo piccole piante erbaceo di circa 1,5 mm di lunghezza sono le più piccole angiosperme conosciute. (b) Questo eucalipto albero gigante (*Eucalyptus regnans*) è stato fotografato nel Bushy Park in Australia. Anche se la maggioranza di questi alberi misura 75 m di altezza, sono stati osservati esemplari che arrivano a 100 m e sono le più alte angiosperme conosciute.

- Piante **annuali o biennali** (Erbacee)
- Piante **perenni** (Erbacee o Legnose)
- Piante perenni **legnose decidue o sempreverdi**

La colonizzazione dell'ambiente terrestre ha comportato la risoluzione dei seguenti problemi

- 1) sostegno meccanico** della parte di pianta collocata nell'atmosfera;
- 2) protezione**: isolare la parte aerea della pianta per impedirne il disseccamento,
- 3) conduzione dell'acqua** (e degli elementi minerali disciolti) dal terreno alla parte aerea.

CONCETTO CHIAVE: Nel corso dell'evoluzione delle piante, il sistema delle radici ed il sistema dei germogli si sono specializzati per l'ottenimento delle risorse dal terreno e dall'aria, rispettivamente.

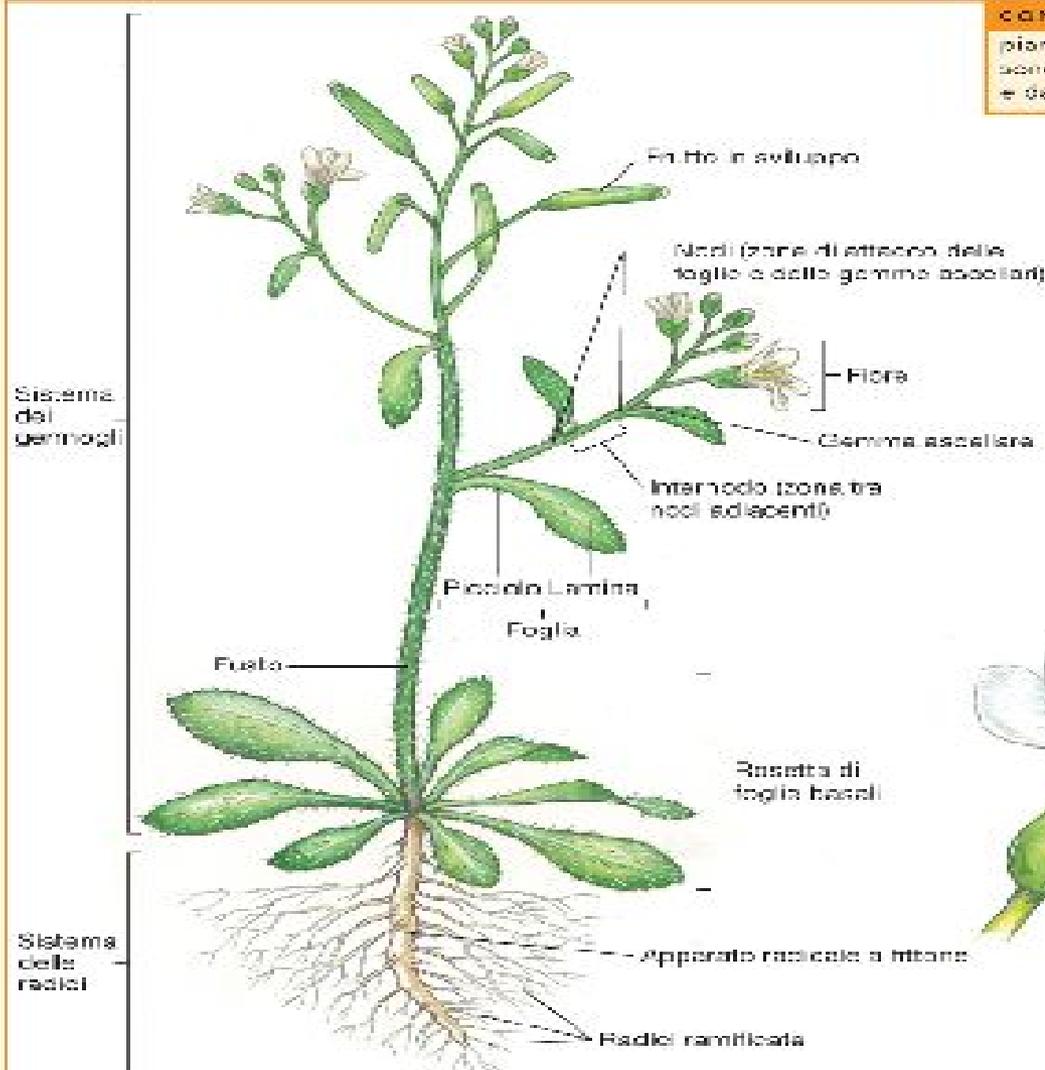


FIGURA 31-2 Il corpo della pianta.

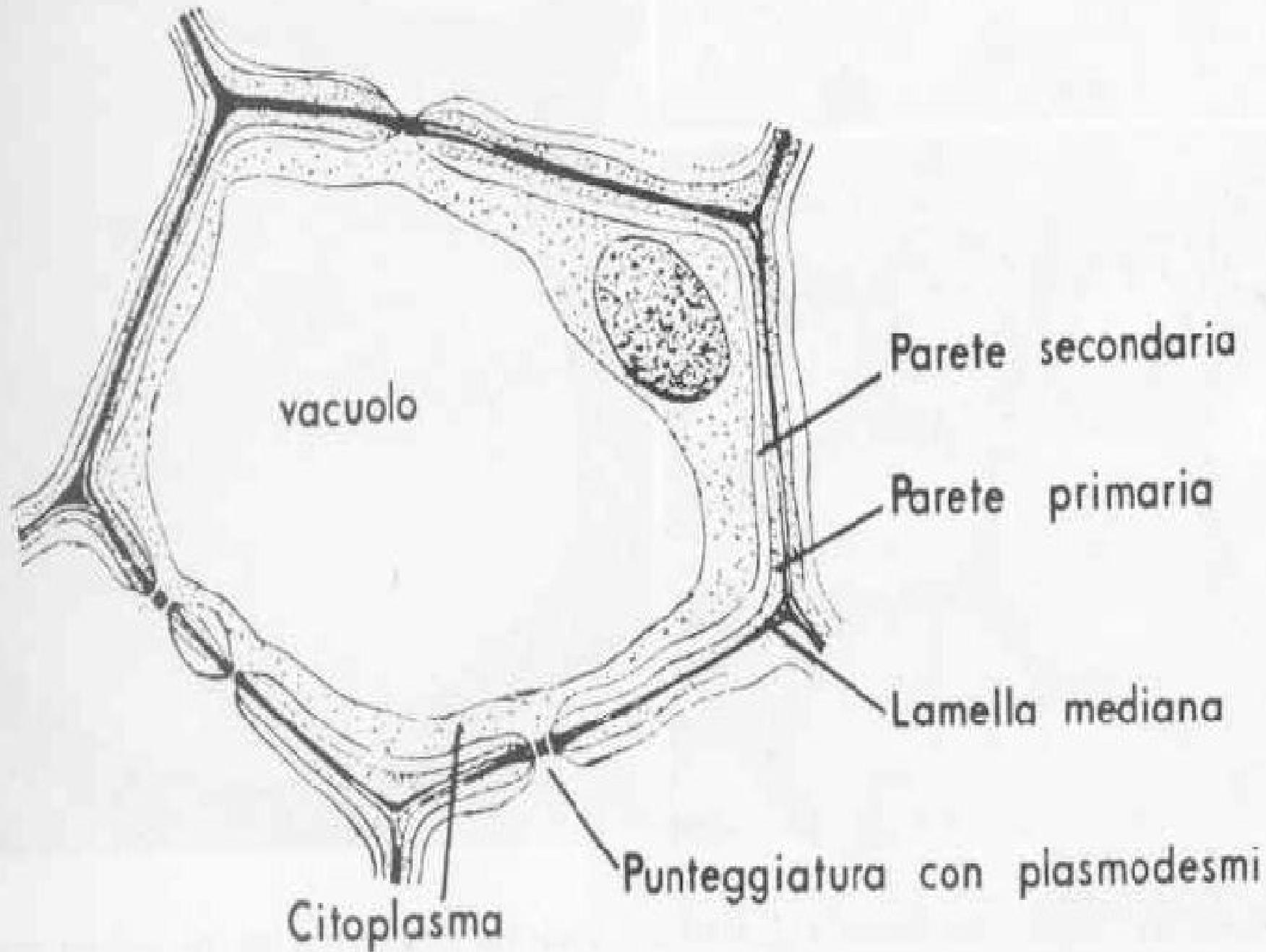
Il corpo di una pianta è costituito da un sistema delle radici, in genere sotterraneo, e da un sistema dei germogli, in genere aereo. Nella figura è mostrata *Arabidopsis thaliana*, una piccola pianta della famiglia delle crucifere, che costituisce una pianta modello nella ricerca biologica. *Arabidopsis* è originaria del Nord Africa e dell'Eurasia e ora è naturalizzata (ovvero, è stata introdotta e ora cresce in modo spontaneo) in California e nella parte orientale degli Stati Uniti.



Tessuto vegetale

insieme di cellule che svolgono la stessa funzione e che sono associate fra loro in modo congenito, cioè fin dalla nascita.

Questo significa che le cellule risultano associate fisicamente fra loro grazie alla **lamella mediana** e collegate funzionalmente in modo coordinato dai **plasmodesmi**



TESSUTI

- Gruppo di cellule che costituiscono una **unità strutturale e funzionale** (costituiscono gli **organi**)
- **Semplici**: un solo tipo di cellula
- **Complessi**: due o più tipi di cellule
- Sistema dei tessuti **fondamentali** (fotosintesi, accumulo, sostegno)
- Sistema dei tessuti **vascolari** (conduzione, sostegno)
- Sistema dei tessuti **dermici** (rivestimento)

Organizzazione dei tessuti

Tessuti Meristematici (embrionali)

Primari (apicali)

Secondari (lateralali)

Tessuti differenziati (definitivi)

Parenchimi

Tessuti di conduzione

Tessuti di sostegno

Tessuti tegumentali

Tessuti secretori

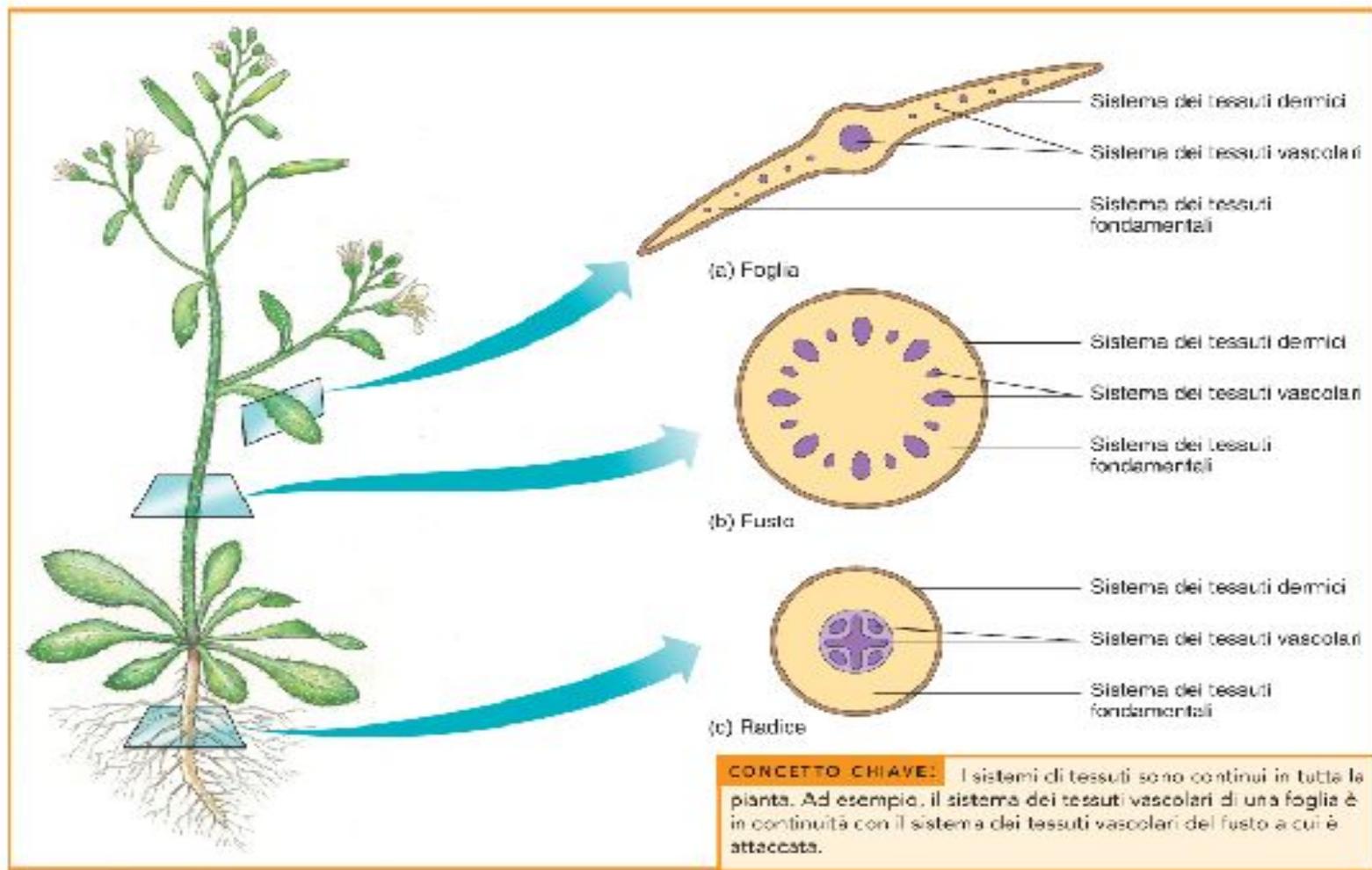


FIGURA 31-3 I tre sistemi tissutali nel corpo della pianta.

Questa figura mostra la distribuzione del sistema dei tessuti fondamentali, del sistema dei tessuti vascolari e del sistema dei tessuti dermici (a) nelle foglie, (b) nei fusti e (c) nelle radici di una dicotiledone erbacea, quale *Arabidopsis*.

Sistema dei TESSUTI FONDAMENTALI

Si distinguono in base alle caratteristiche della parete cellulare

Tessuti parenchimatici o PARENCHIMI
cellule con **parete primaria sottile**

funzione di

- **accumulo** (amiloplasti)
- **secrezione** (ormoni, tannini, resine)
- **fotosintesi** (cloroplasti)

Possono differenziarsi (es. tessuti cicatriziali)

TESSUTI PARENCHIMATICI

Significato: vario

Localizzazione: in tutti gli organi

Tipi:

- ***p. clorofilliano*** (mesofillo fogliare, corteccia esterna del fusto e delle radici aeree)
- ***p. di riserva o amilifero*** (frutti, fusti e radici)
- ***p. acquifero*** (fusti e foglie succulenti)
- ***p. aerifero*** (fusti, foglie e radici di ambienti poco areati)

CARATTERISTICHE GENERALI

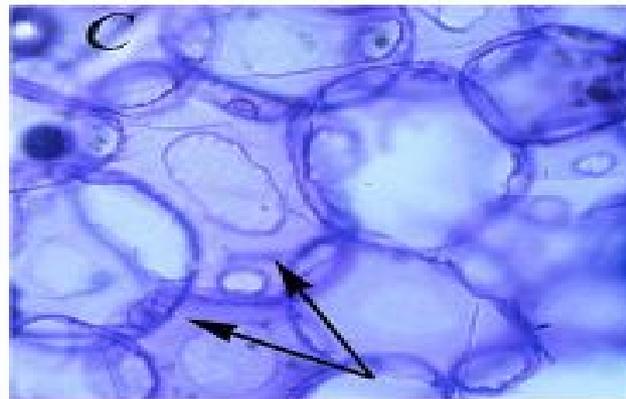
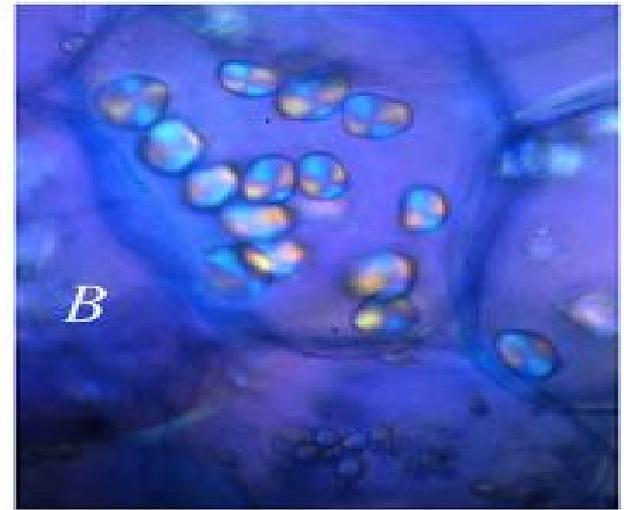
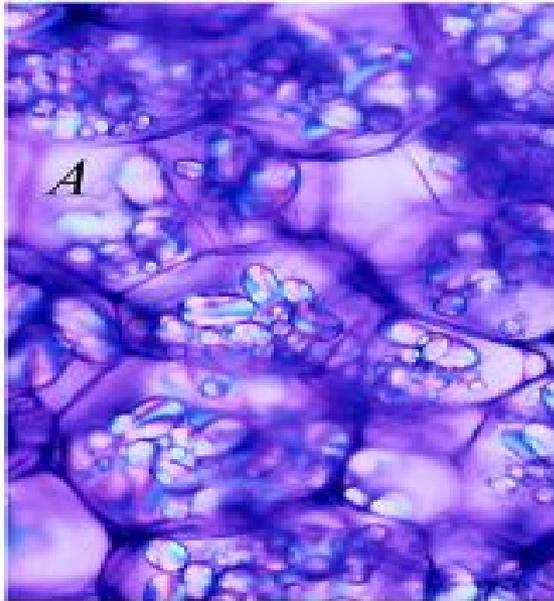
- Sono molto diffusi nei tessuti molli della pianta
- Sono caratterizzati da cellule vive a maturità
- Hanno spazi intercellulari
- Possiedono vacuoli dalle dimensioni rilevanti
- Le dimensioni sono poliedriche o cilindriche

Parenchima clorofilliano



Sezione trasversale
di foglia

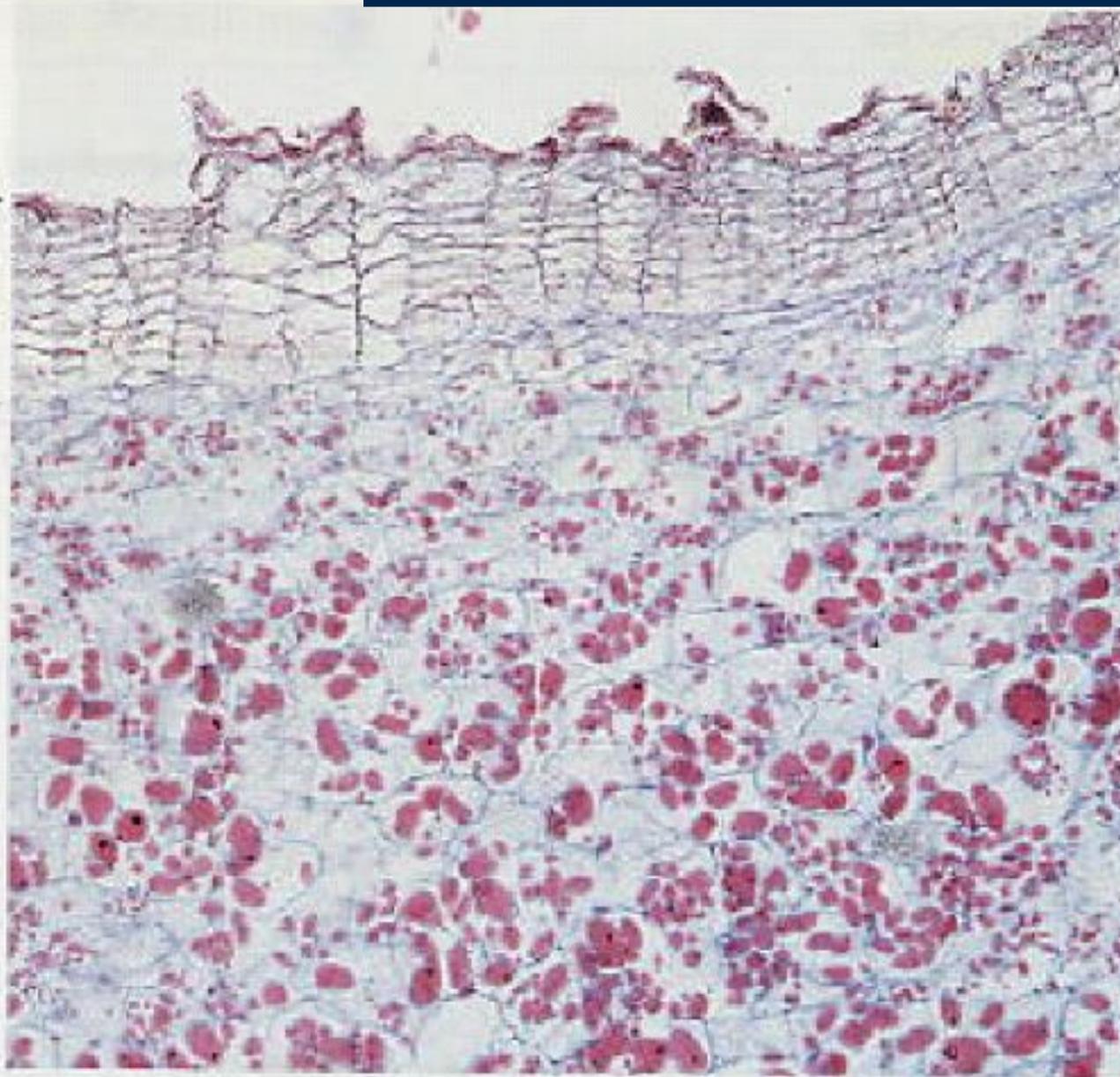
Parenchima di riserva o amilifero



Tav. 15 - Parenchimi di riserva. A: parenchima amilifero di patata (B:ingrandimento). La figura di interferenza che, in ogni granulo di amido, si diparte dall'ilo è dovuta all'esame in luce polarizzata; C: parenchima di riserva di Sansevieria. Le sostanze di riserva sono emicellulose, apposte sulla parete primaria(freccie)

Parenchima di riserva o amilifero

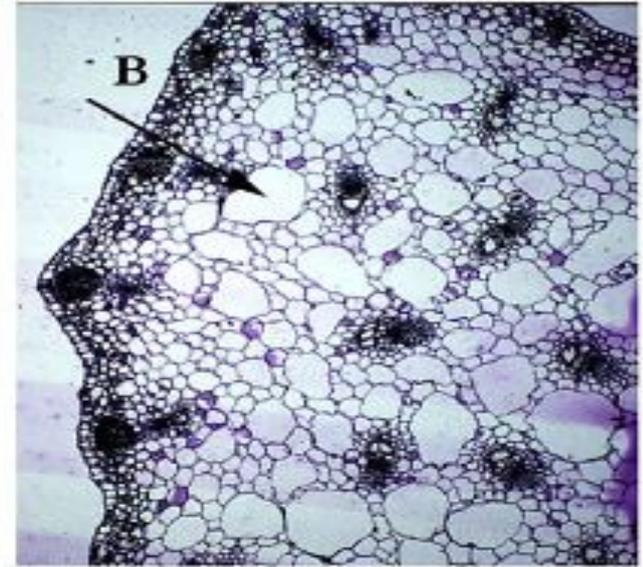
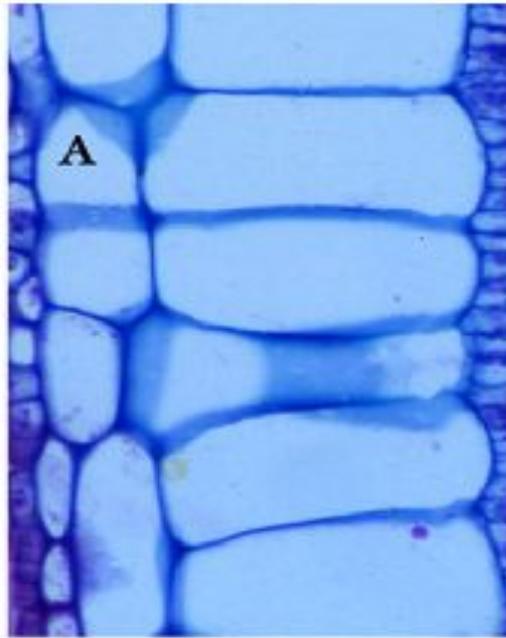
cuticola



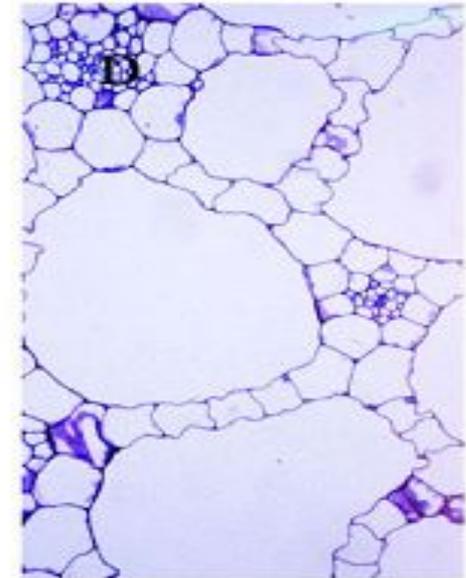
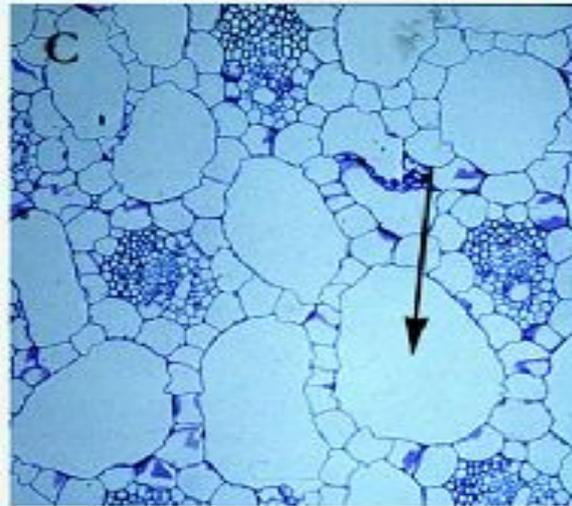
*parenchima
di riserva
con amido
secondario*

**Parenchima
acquifero
(piante
crassulente
con
adattamenti
all'aridità)**

tini



**Parenchima
acquifero
(piante
acquatiche o
parti di piante
in condizioni
di asfissia)**



Tav.16 - Parenchima acquifero di Ananas (A); parenchima aerifero di Arum (B) e Eichhornia (C e D).
Nei parenchimi aeriferi, notate le grandi lacune (freccie)

- **tessuti collenchimatici o COLLENCIMA**



- cellule con **pareti primarie irregolarmente ispessite agli angoli.**

- Funzione di **sostegno** delle parti vegetali prive di elementi legnosi (attorno alle nervature delle foglie)

Cellule allungate, vive alla maturità, con pareti primarie ispessite

collenchima

cellule
epidermiche

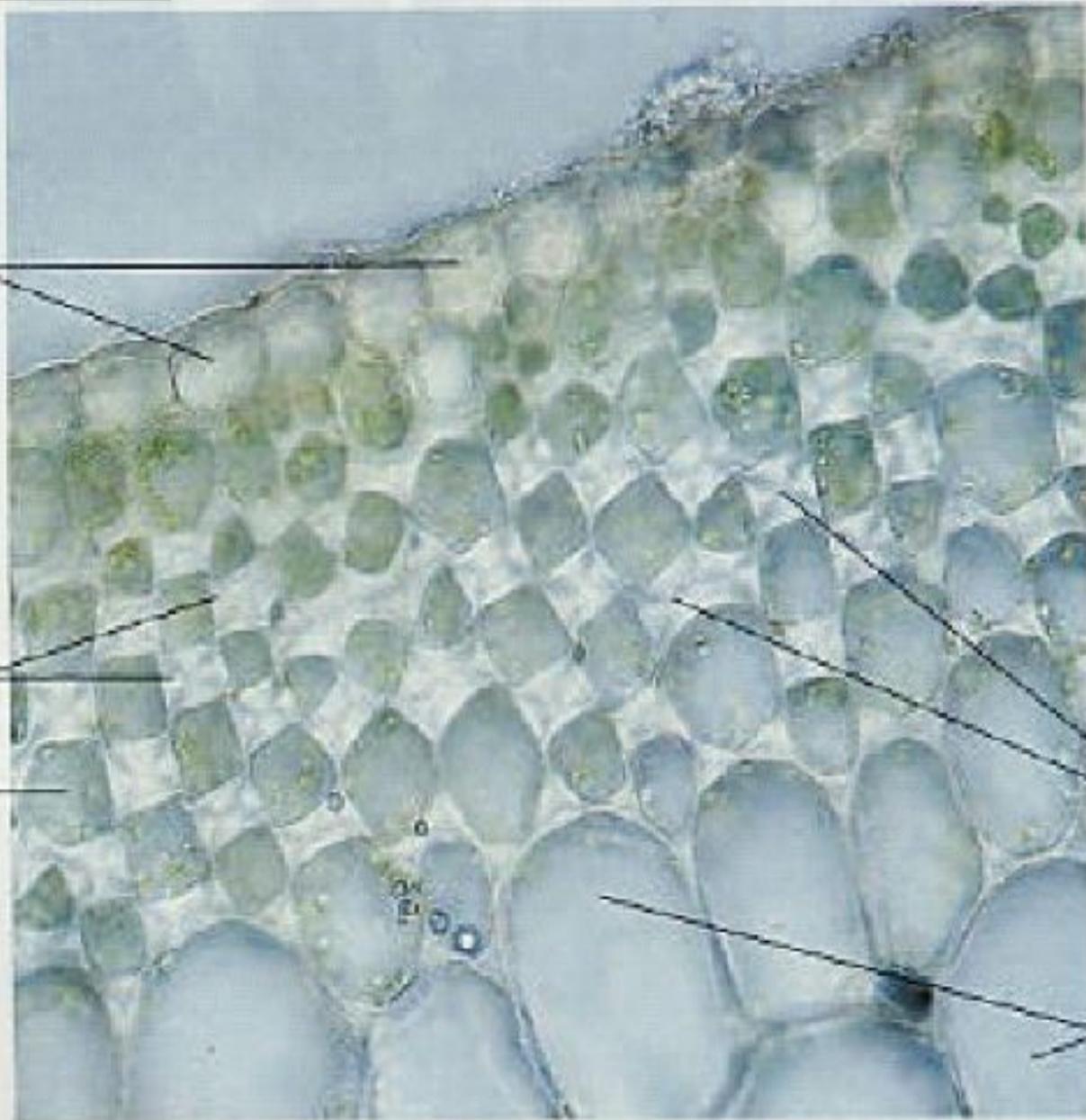
ispessimento
angolare
della parete

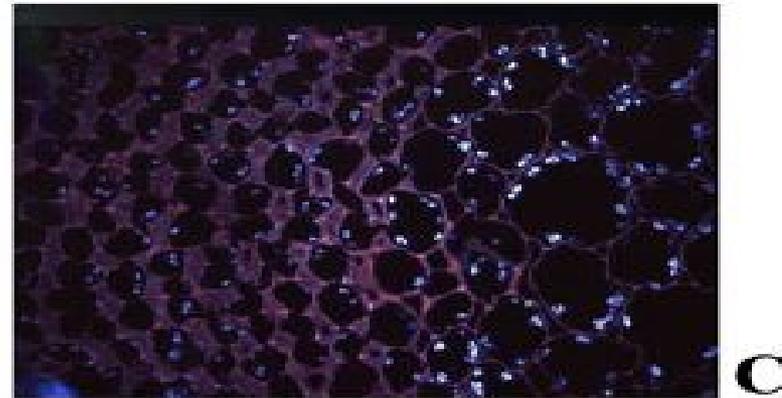
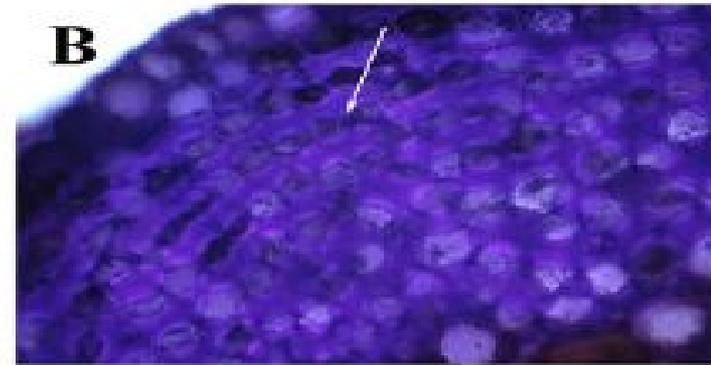
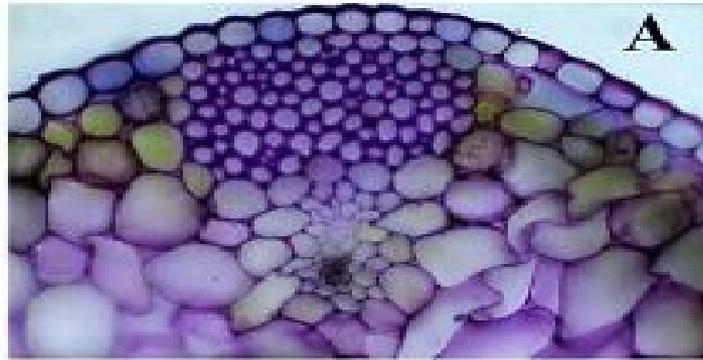
lume cellulare

collenchima
angolare con
cloroplasti

lamella
mediata

cellule
parenchimatice





Tav.22 - Tessute collenchimatico. A: cordone di collenchima in un picciolo fogliare di Arum (sezione trasversale); B: collenchima lamellare in picciolo di Sambuco. Riconoscibile in lamella mediana (freccia) e gli ispessimenti della parete primaria (sezione trasversale); C: collenchima angolare in fusto di Sambuco (sezione trasversale, esame in luce polarizzata). Sono presenti plastidi sia nel collenchima che nel sottostante parenchima clorofilliano.

collenchima

tessuti sclerenchimatici o **SCLERENCHIMA**

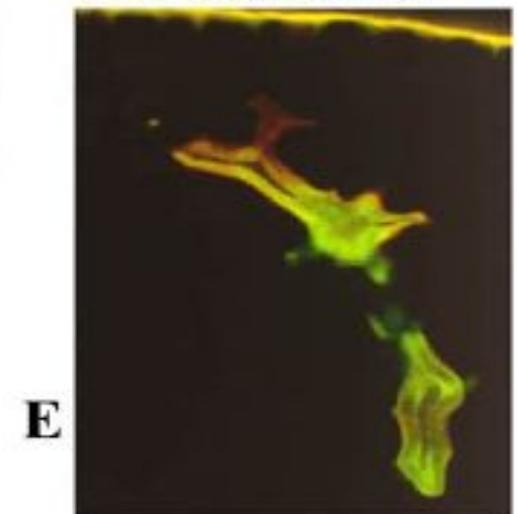
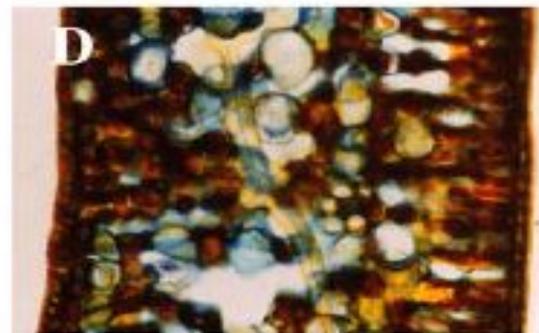
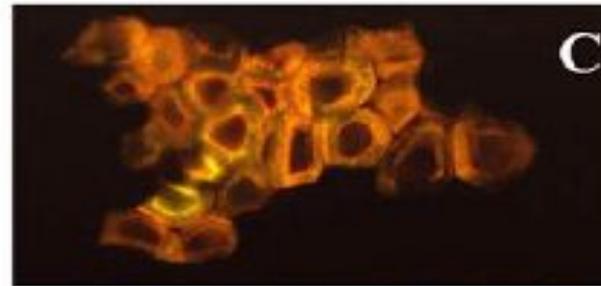
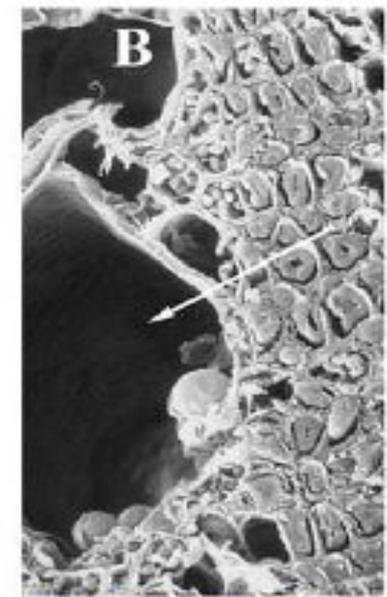
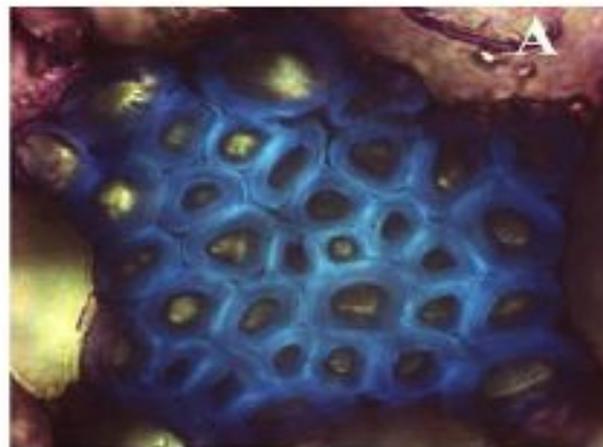
cellule stirate o allungate con **pareti primarie e secondarie ispessite (con punteggiature)**, morte alla maturità

Funzione

sostegno

- Sclereidi (gusci di noci, pera)
- Fibre (legno e corteccia)

sclerenchima



Tav.23 - Tessuto sclerenchimatico. A: fascio di fibre sezionato trasversalmente in Sansevieria. B: fibre sclerenchimatiche il legno di Olmo (SEM) adiacenti ad una grossa trachea (freccia). In entrambe le foto è evidente la parete secondaria di notevole e omogeneo spessore. C: gruppo di sclereidi in Annona esaminate al M.O. in fluorescenza. D e E: una grossa sclereide nel mesofillo di foglia di Thea, vista al M.O. (D) e in fluorescenza (E)

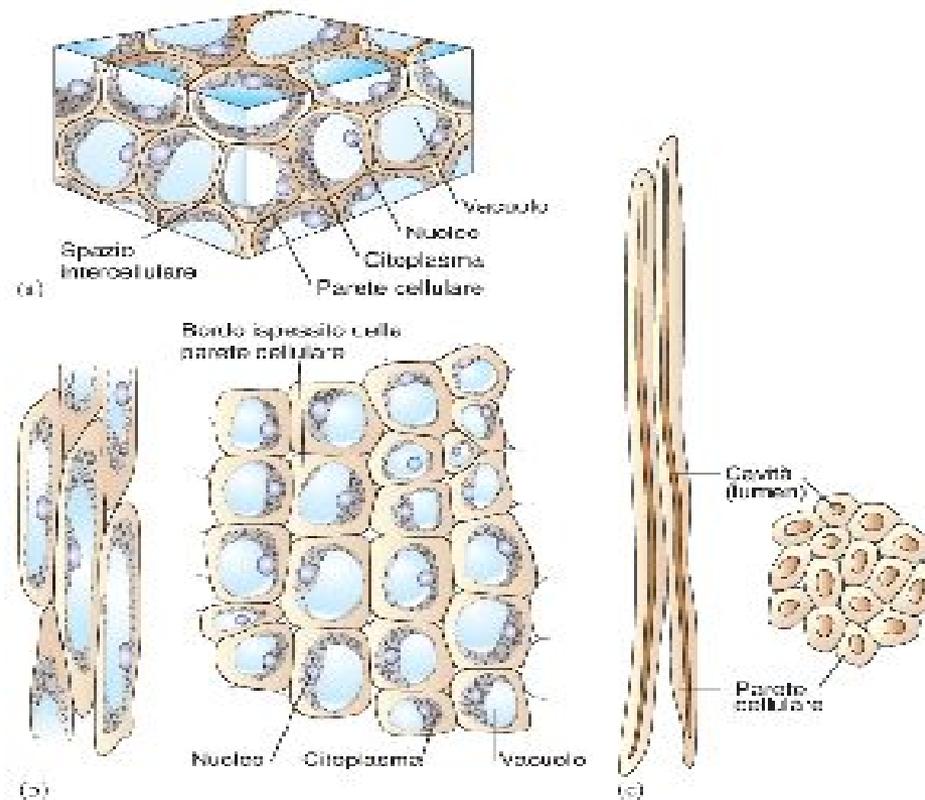


FIGURA 31-4 Tipi cellulari: cellule parenchimatice, collenchimatiche e sclerenchimatiche.

(a) Rappresentazione tridimensionale di cellule parenchimatice. Le cellule parenchimatice sono diverse per dimensione e struttura, secondo le loro funzioni nel corpo della pianta. (b) Cellule collenchimatiche in sezione longitudinale (a sinistra) e trasversale. Da notare le cellule allungate nella sezione longitudinale e le pareti cellulari irregolarmente ispessite nella sezione trasversale. (c) Cellule sclerenchimatiche (fibre) in sezione longitudinale (a sinistra) e trasversale. Spesso, le fibre mature sono morte quando raggiungono la maturità da un punto di vista funzionale e pertanto sono prive di nuclei e di citoplasma; la cavità (lumen) è lo spazio occupato precedentemente dalla cellula viva.

TESSUTI DI CONDUZIONE

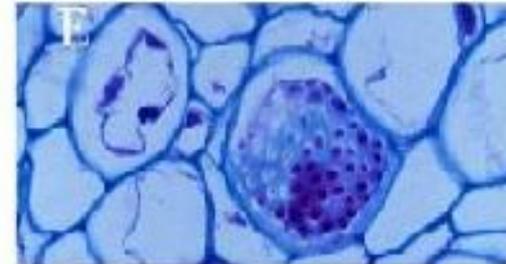
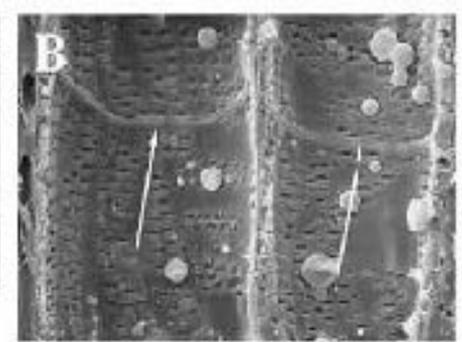
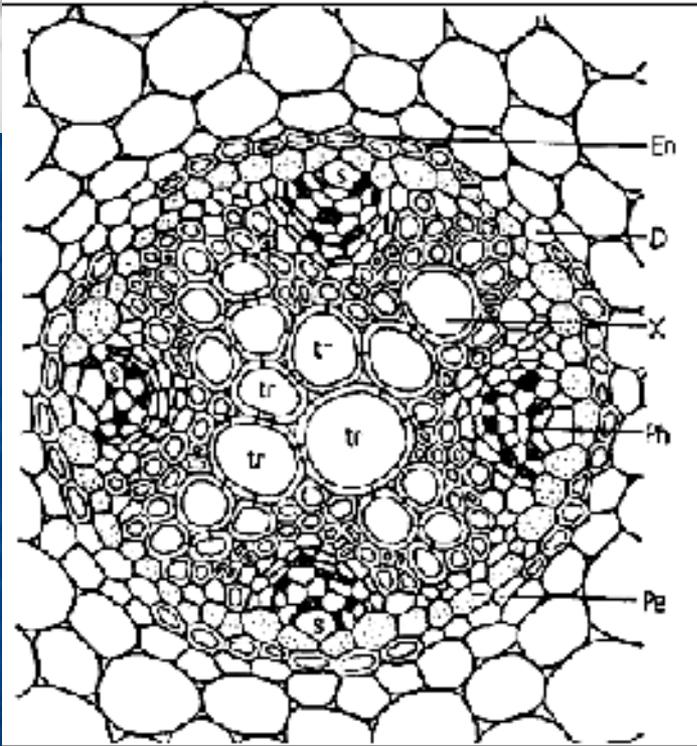
- **Elementi di conduzione dello xilema o legno = (CELLULE VASALI) (Tracheidi e Trachee)**

Funzioni:

- **conduzione dell'acqua e dei sali minerali;**
- **sostegno**

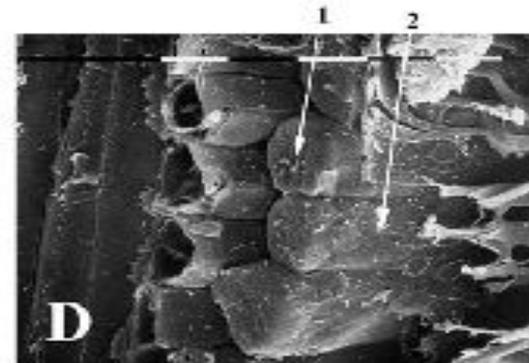
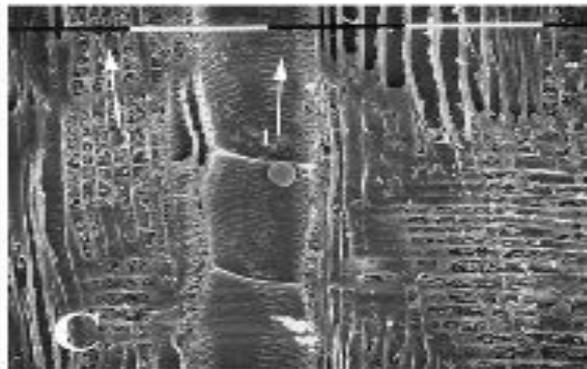
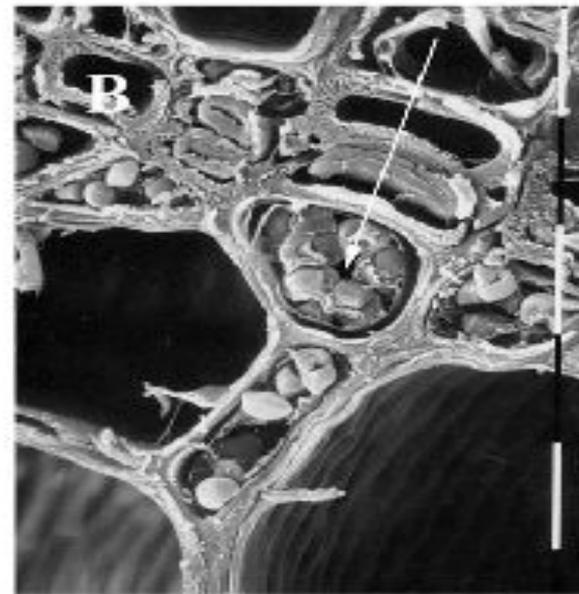
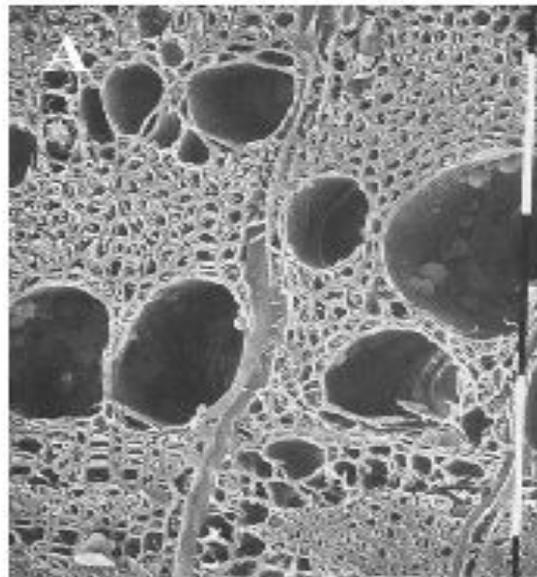
Cellule morte alla maturità con perforazioni della parete trasversale (impilate in vasi) e punteggiature (prive di parete secondaria)

Presenti nello **xilema (legno)** delle **TRACHEOPHYTA** (piante terrestri con sistema



Trv.26 - Tessuti di conduzione: trachee e tubi cribrosi. A e B: sezioni longitudinali (SEM) di trachee di Olmo, con perforazioni semplici (pore) fra i vari articoli e punteggiature sulle pareti longitudinali; C: perforazione scalariforme in trachee di Platano; si notano (freccia) le punteggiature complete sulla parete longitudinale della trachea; D: immagine al SEM di trachea di Olmo; E: placca cribrosa sulla parete trasversale in tubi cribrosi di Zucca.

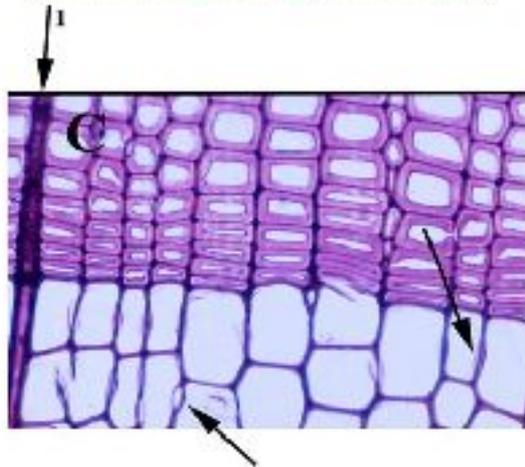
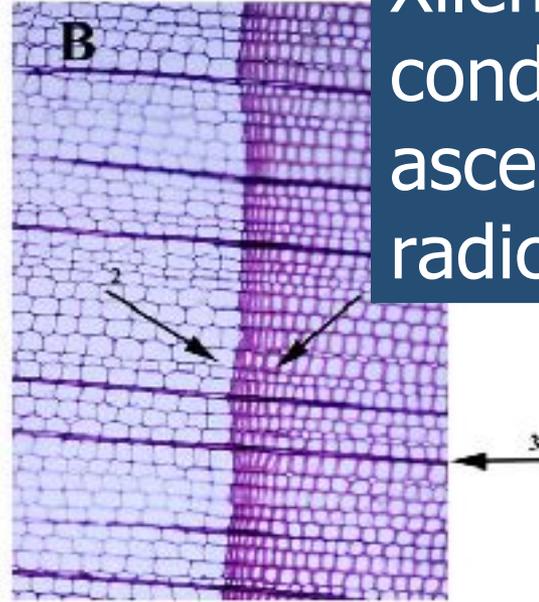
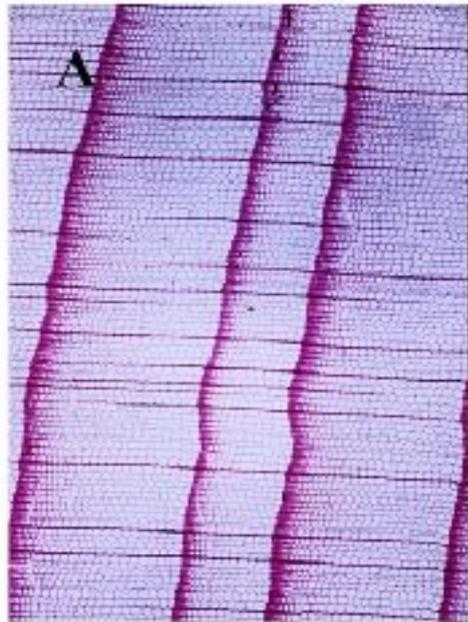
Elementi di conduzione dello xilema (TRACHEE)



Trachee dello xilema II

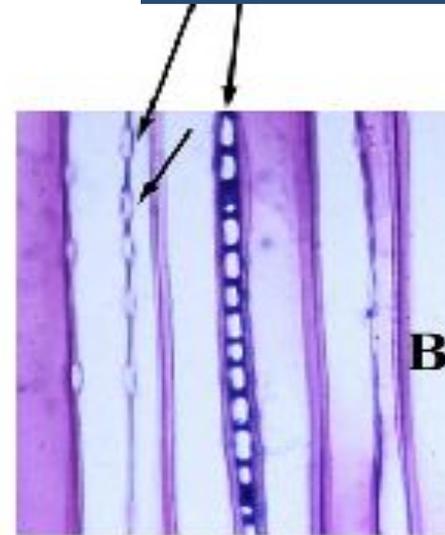
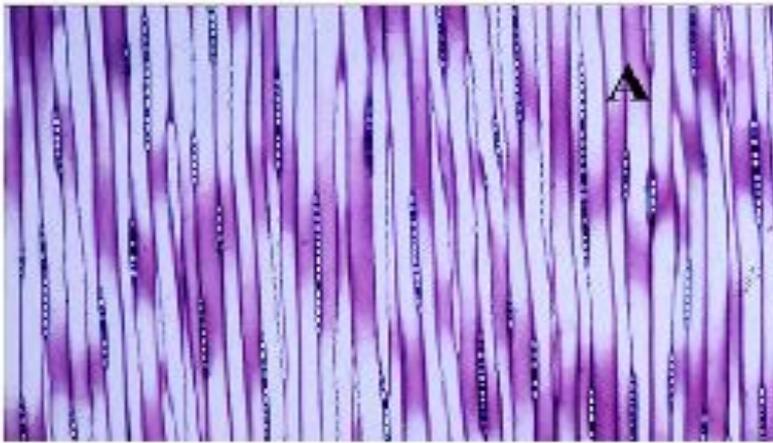
Tav.46 - Immagini al SEM di xilema secondario. A: xilema di Olmo siberiano (B.m=100micron); trachee, tracheidi, fibre, raggi parenchimatici; B: particolare della precedente (B.m=10micron); sono evidenti granuli di amido nel parenchima assiale (freccia); C: xilema secondario di Olmo siberiano in sezione longitudinale radiale: trachea punteggiata con perforazioni semplici (1), parenchima assiale con granuli di amido (2), raggio parenchimatico (3). B.m=100micron; D: in questa immagine di xilema di Olmo campestre (B.m=10micron) un raggio parenchimatico è visto sia in sezione tangenziale(1) che radiale (2).

Xilema : tessuto di conduzione ascendente (dalle radici alle foglie)



Tav.48 - Sezioni trasversali di legno omoxilo. A: cerchie legnose annuali in *Thuja* sp. ; B: zona di confine fra due cerchie legnose in *Abies* sp. 1: legno estivo o tardivo; 2: legno primaverile ; 3: raggi parenchimatici uniseriati; C: particolare della foto precedente. Nel legno primaverile sono riconoscibili le punteggiature areolate (frece) 1: raggio parenchimatico; D: legno di Pino, con canali resiniferi (freccia) nel sistema assiale

Xilema : tessuto di
conduzione
ascendente (dalle
radici alle foglie)



Tav.50- Sezioni longitudinali tangenziali di legno omoxilo. A: tracheidi e raggi parenchimatici uniseriati in *Abies* sp.; B: particolare della precedente. In evidenza un raggio uniseriato(1) e punteggiature areolate sezionate (2); C: legno di Pino. Alcuni raggi parenchimatici (freccia) sono multiseriati e contengono un canale resinifero.

TESSUTI DI CONDUZIONE

- **Elementi di conduzione del FLOEMA= CELLULE CRIBROSE**

Funzione: conduzione

Formano vasi cribrosi (floema)

Cellule vive alla maturità ma senza nucleo ed organelli. Pareti trasversali: placche cribrose

- **Cellule compagne**

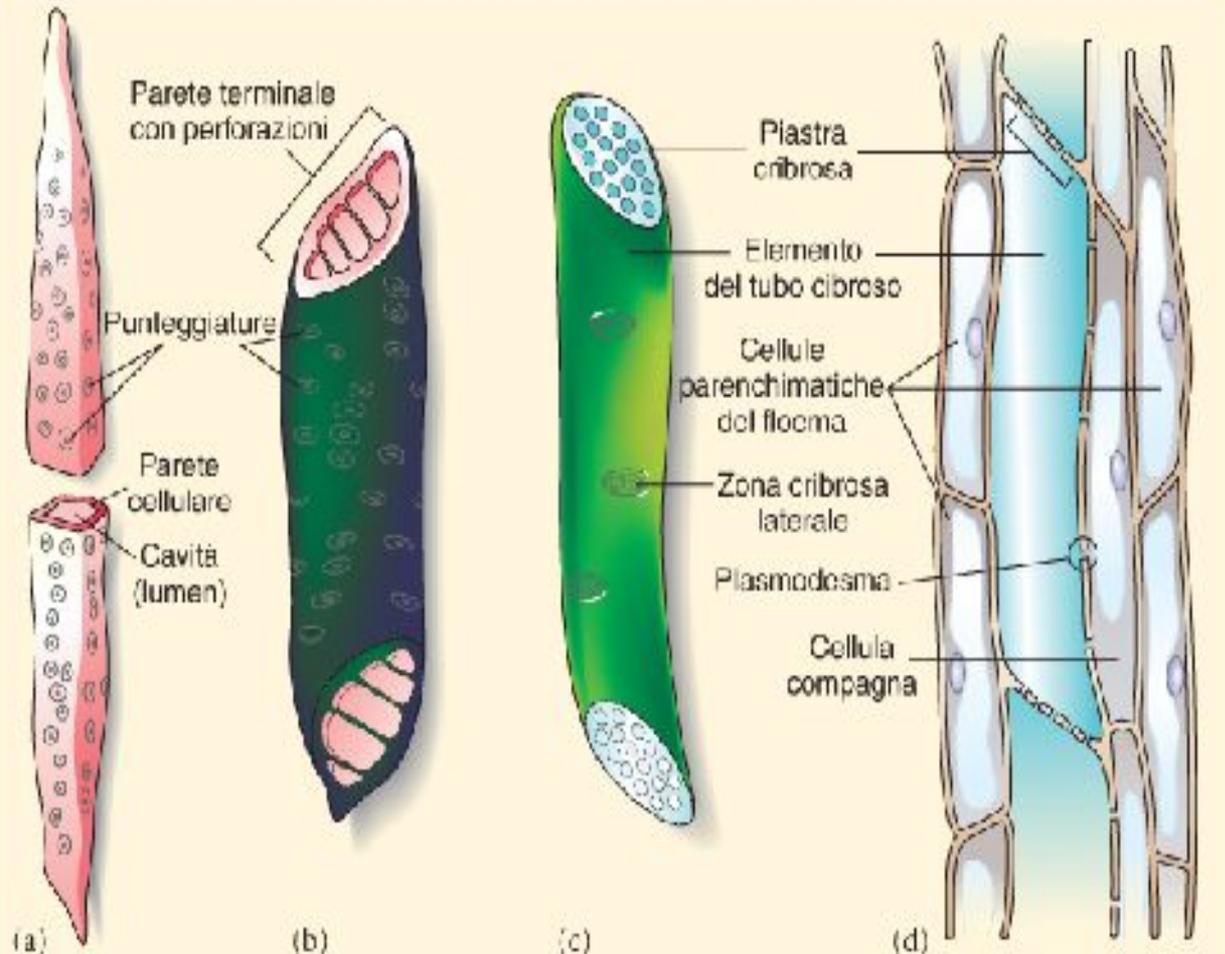
Associate agli elementi del tubo cribroso tramite plasmodesmi.

Coadiuvano il movimento degli zuccheri all'interno degli elementi del tubo cribroso

FIGURA 31-5

Tipi cellulari nello xilema e nel floema.

(a) Rappresentazione tridimensionale di una tracheide (cellula dello xilema). La tracheide è disegnata aperta, per mostrare l'aspetto della cellula in sezione trasversale. Alla maturità, le tracheidi sono in genere morte. **(b)** Rappresentazione tridimensionale di un elemento vasale (cellula dello xilema). Le pareti cellulari terminali degli elementi vasali presentano molti piccoli fori, o perforazioni, diversi secondo la specie in esame. Gli elementi vasali sono uniti tramite le estremità, per produrre "tubi d'acqua" in miniatura, che corrono lungo tutta la lunghezza della pianta, dalle radici alle foglie e ad altre parti dai germogli. **(c)** Rappresentazione tridimensionale di un elemento del tubo cribroso, che mostra la piastra cribrosa. **(d)** Sezione longitudinale del floema, che mostra gli elementi del tubo cribroso, le cellule compagne e le cellule parenchimatiche del floema. Non sono mostrate le fibre.



Elementi
dello
xilema

Elementi
del floema

TESSUTI TEGUMENTALI

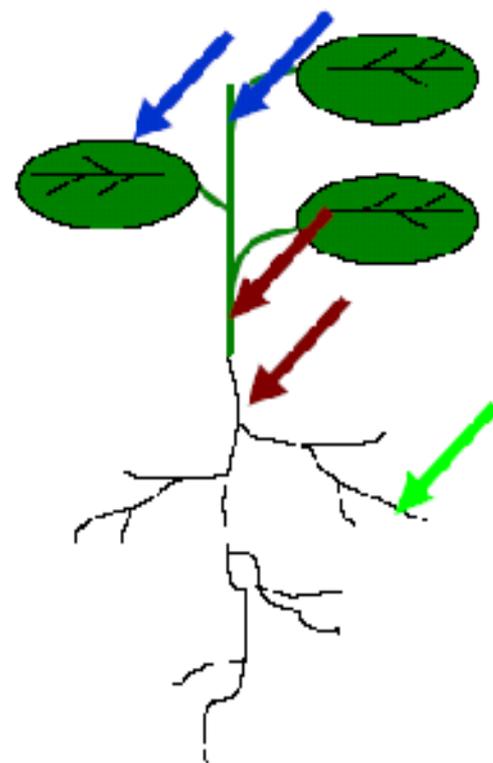
Significato: protezione

Localizzazione: all'esterno, in tutti gli organi

Tipi: *epidermide* (fusto primario, foglie)

rizoderma (radice primaria)

sughero (radice e fusto secondari)



TESSUTI tegumentali: EPIDERMIDE

- **Cellula epidermica:** appiattita, poco specializzata, parete primaria sottile, priva di cloroplasti, coperta da uno strato ceroso secreto da essa acellulare (cuticola)

Funzione: protezione, riduzione dell'evaporazione

- **Cellula di guardia:** presente in coppia su foglie e fusti, ha cloroplasti

Funzione: apertura (giorno) e chiusura (notte) della rima stomatica

EPIDERMIDE

- ❖ Riveste le parti non legnose delle piante
- ❖ E' costituita da cellule allungate o sinuose
- ❖ Sono rivestite di cutina (CUTICOLA) ed in alcuni casi anche di cera
- ❖ Presenta aperture dette STOMI, regolate dalle CELLULE DI GUARDIA
- ❖ Può presentare peli o tricomi che servono a mantenere l'umidità o a mitigare le temperature
- ❖ E' costituita da cellule vive a maturità

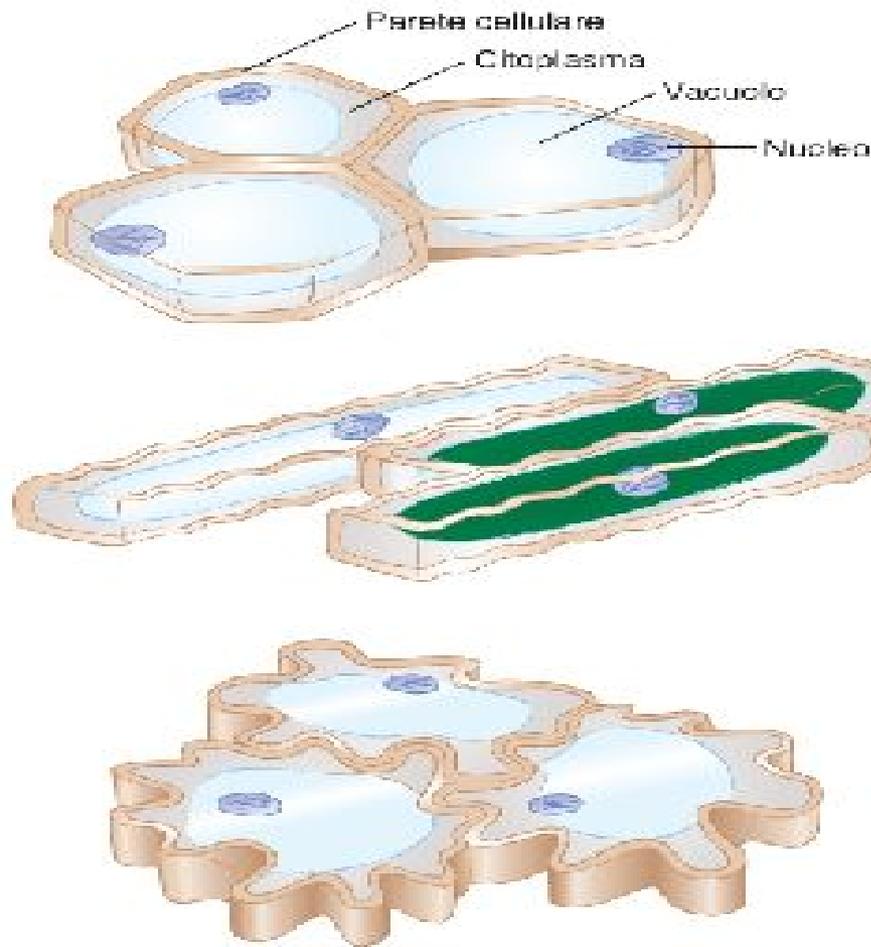
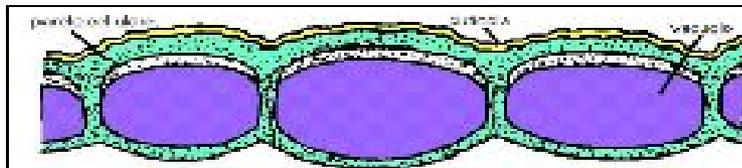


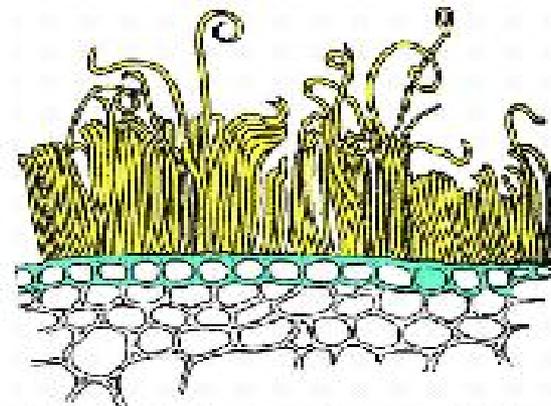
FIGURA 31-6 | **Tipi cellulari: le cellule epidermiche.**

Rappresentazione tridimensionale di cellule epidermiche di diverse piante. Da notare che, indipendentemente dalla loro forma, le cellule epidermiche si incastrano bene le une nelle altre.

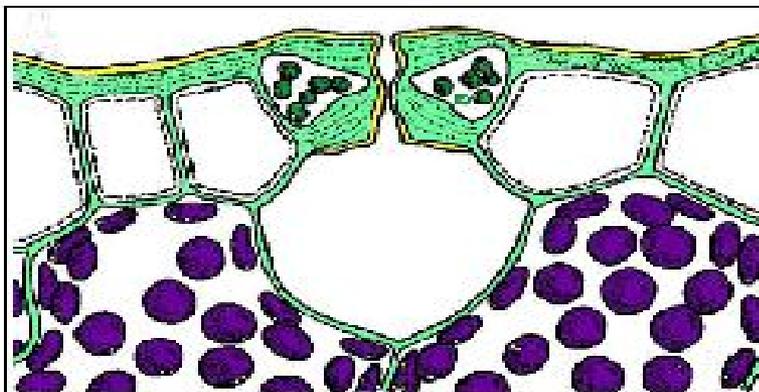
TESSUTI VEGETALI



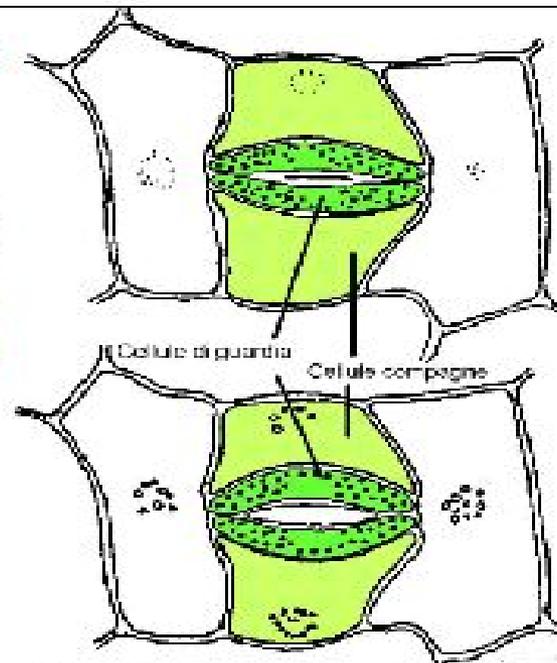
Epidermide



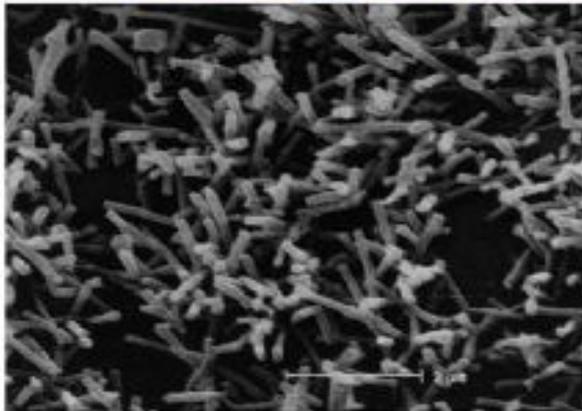
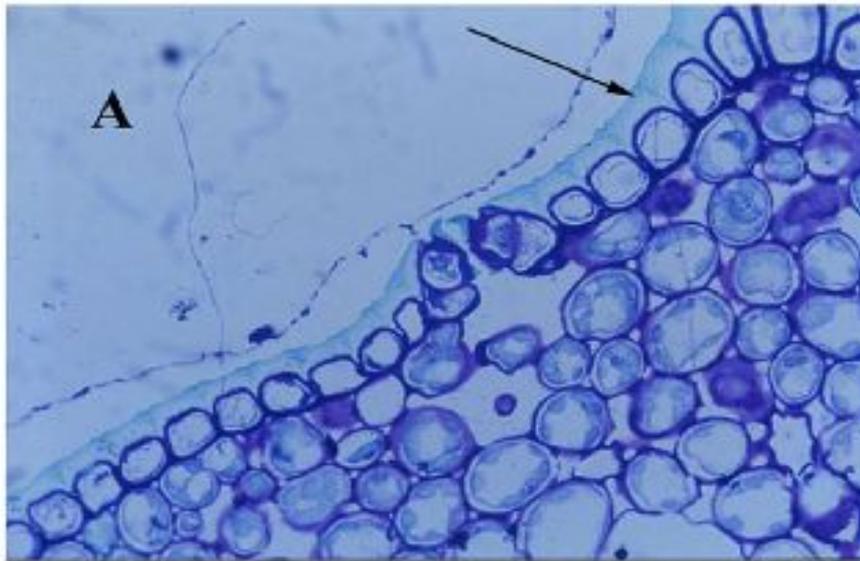
Epidermide (celleste) con bastoncelli di cere (giallo)



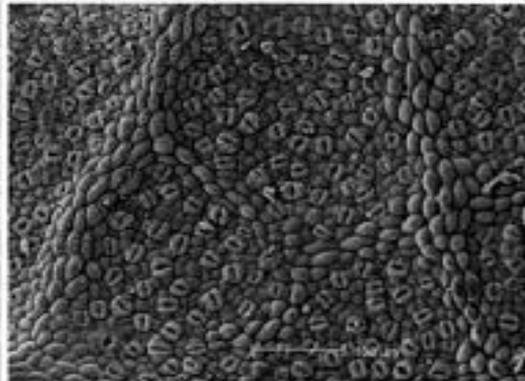
Epidermide e stoma in sezione



Meccanismo di apertura e chiusura degli stomi

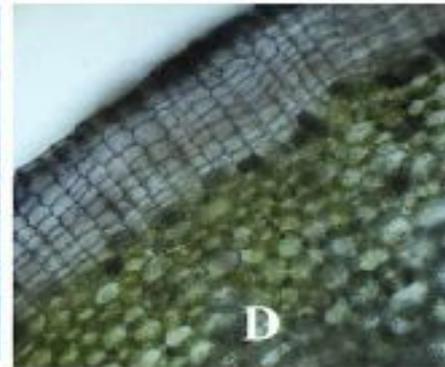
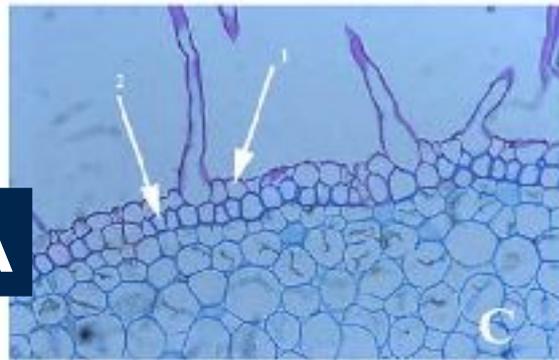
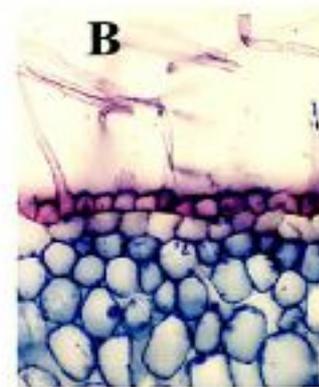
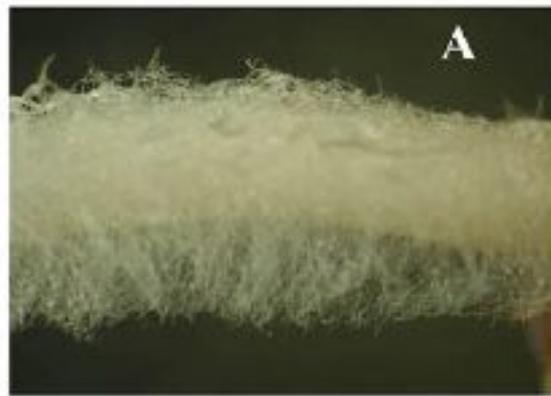


C



B

Tav.17 - Epidermide - A: sezione trasversale di fusto di *Ruscus*. L'epidermide è provvista di una spessa cuticola (freccia). Nell'epidermide è visibile un apparato stomatico; B: epidermide di *Quercus* sp. al microscopio elettronico a scansione (SEM). Riconoscibili le cellule epidermiche e le cellule di guardia dello stoma; C: cere, in forma di bastoncini, che ricoprono l'epidermide



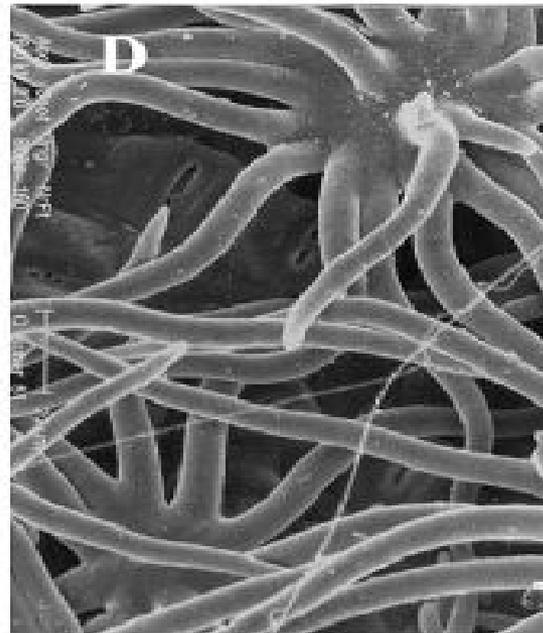
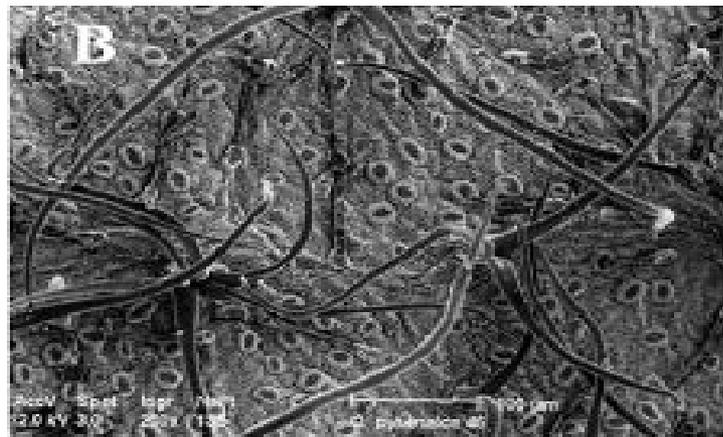
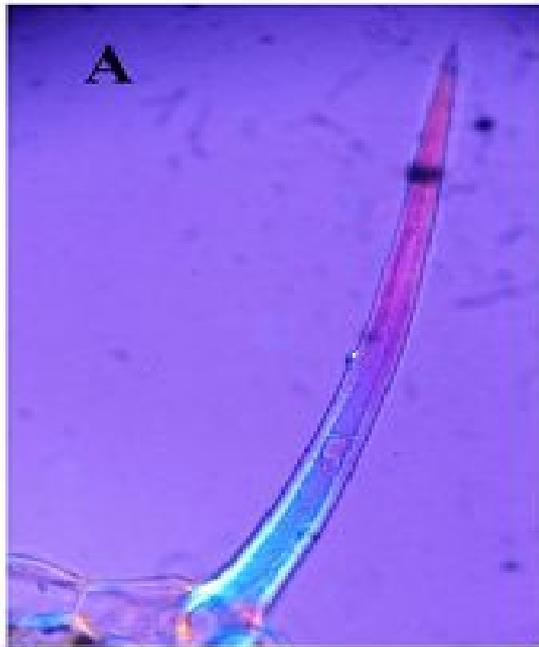
Tav.21 - Rizoderma e sughero . A: Zona pilifera in radice di Mais; B: sezione trasversale di radice di Mais nella zona pilifera; C: sotto il rizoderma (1) in via di degenerazione, si sta differenziando (per suberificazione delle pareti degli strati superficiali del parenchima corticale) un nuovo tessuto tegumentale: l'esoderma (2); D: sezione trasversale di fusto di Geranio nel quale si sta formando, sotto l'epidermide, un sughero pluristratificato

RIZODERMA

tessuto di rivestimento primario della radice con funzione di assorbimento, facilitata dai peli radicali.

Strutture dell'EPIDERMIDE

- **Tricoma:** pelo o altro tipo di appendice epidermica; monocellulare o multicellulare ≠forme e dimensioni
- Funzioni: assorbimento (peli radicali), secrezione, escrezione, protezione (ortiche), riduzione della perdita di acqua



Tav.20 - Peli o tricomi protettivi. A: pelo del fusto di Geranio, esaminato in luce polarizzata; **B e C** epidermidi di *Quercus* sp. con diversa densità di tricomi (SEM); **D:** epidermide di *Quercus suber*, con un fitto intreccio di peli stellati, sotto i quali si intravedono gli stomi

tricomi

PERIDERMA o CORTECCIA

Si forma sotto l'epidermide e la sostituisce nelle piante legnose costituisce la corteccia esterna di radici e fusti vecchi

- **Cellule del sughero:** morte alla maturità, pareti cellulari impregnate di suberina

Funzioni

protezione, riduzione dell'evaporazione e protezione dall'ingresso di patogeni

- **Cellule parenchimatiche del felloderma**

Funzione: immagazzinamento

CORTECCIA

- Copertura esterna delle radici e dei fusti legnosi
- Localizzata all'esterno del cambio cribrovascolare
- **Corteccia interna (vivente):** floema secondario
- **Corteccia esterna (morta):** periderma

I MERISTEMI

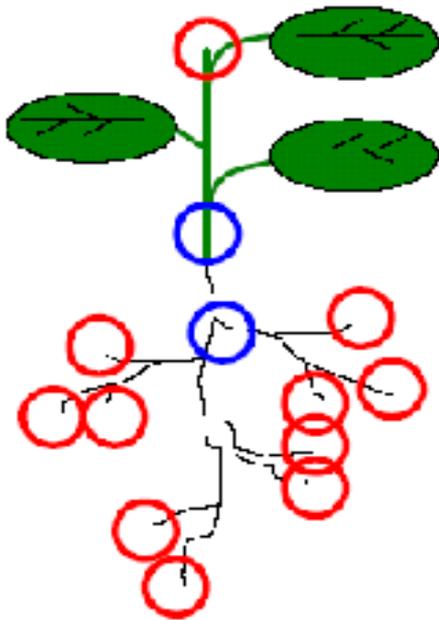
- Zone della pianta in cui le cellule **indifferenziate** si dividono per **mitosi**
- Permettono una **crescita indeterminata** di fusti e radici per tutta la vita della pianta mentre fiori e foglie hanno una **crescita determinata**

TESSUTI MERISTEMATICI

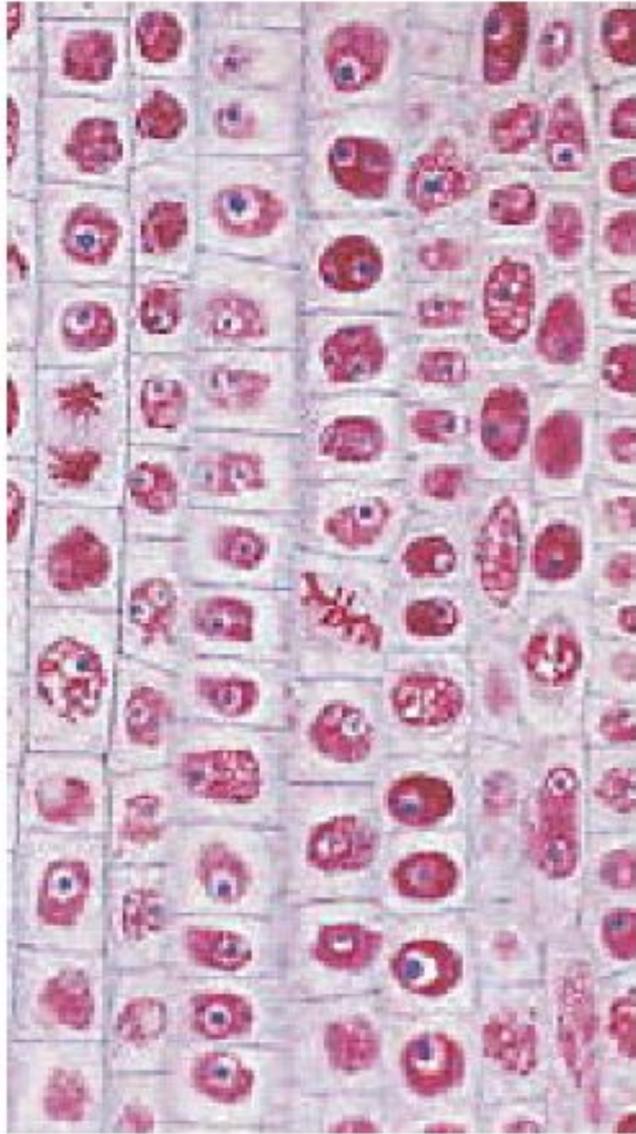
Significato: tessuti embrionali, divisione cellulare

Localizzazione: apici vegetativi e radicali, fusto e radici

Tipi: *Meristema primario* (apici radicali e vegetativi) ○



meristema secondario (fusto e radice, alimenta l'accrescimento secondario) ○



Tessuto meristematico primario.

Dalle cellule meristematiche, con il processo di differenziamento, originano tutti i tipi cellulari.

Le cellule meristematiche sono quasi indifferenziate e a stento si riconoscono cellule animali e vegetali. L'area più evidente è quella del nucleo. Le cellule al microscopio appaiono dense ed opache e costituiscono tessuti molto meno "vuoti" di quelli differenziati.

CRESCITA PRIMARIA(I)

- Si deve ai **meristemi apicali** delle radici e dei germogli
- L'**apice radicale** è protetto dalla **cuffia radicale** che ricopre le **cellule meristematiche** piccole, cubiche con alto indice mitotico (**area di divisione**)

Segue l'**area di allungamento**: cellule che perdono la capacità di dividersi ma aumentano in lunghezza e acquistano un parziale differenziamento

Segue l'**area di maturazione** cellulare con cellule differenziate e peli radicali

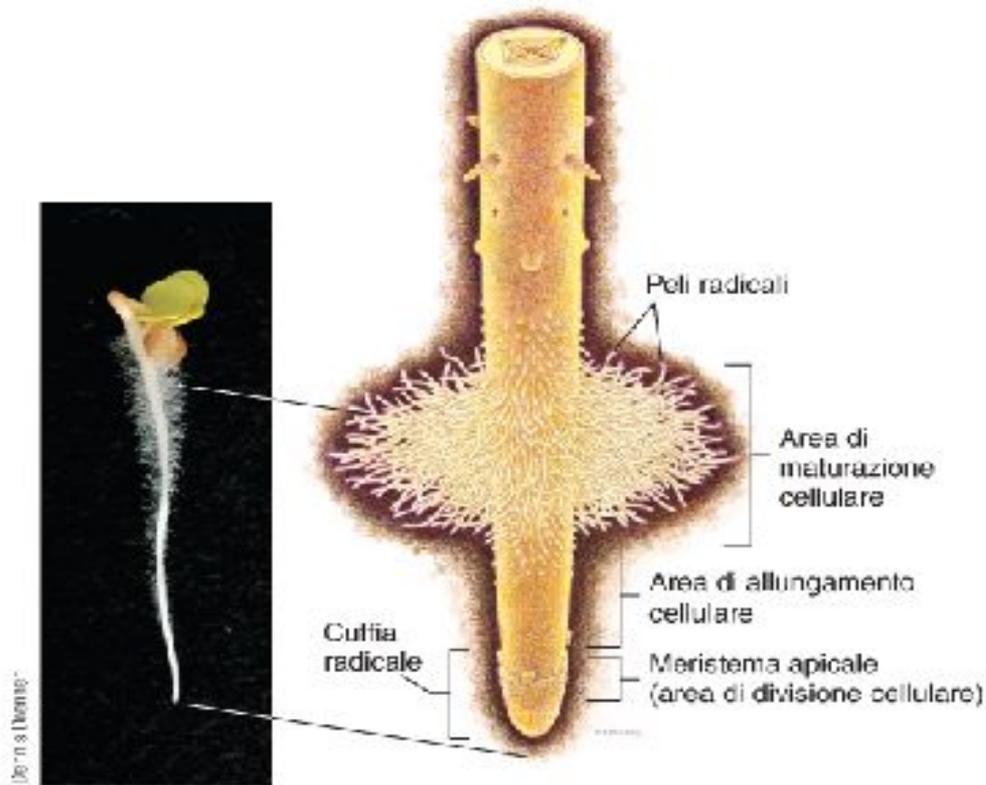
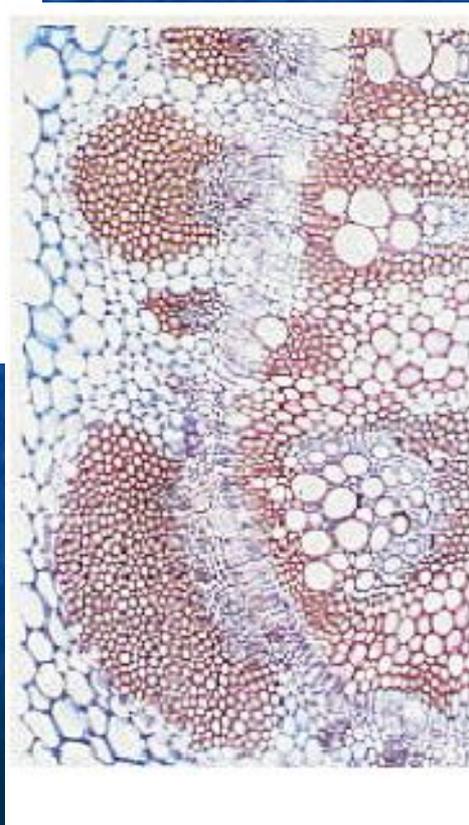
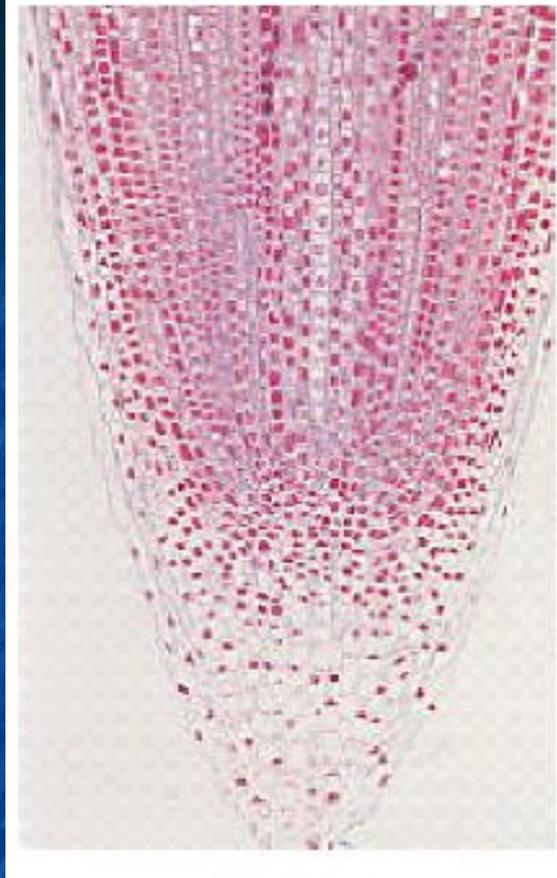


FIGURA 31-7

Un apice radicale.

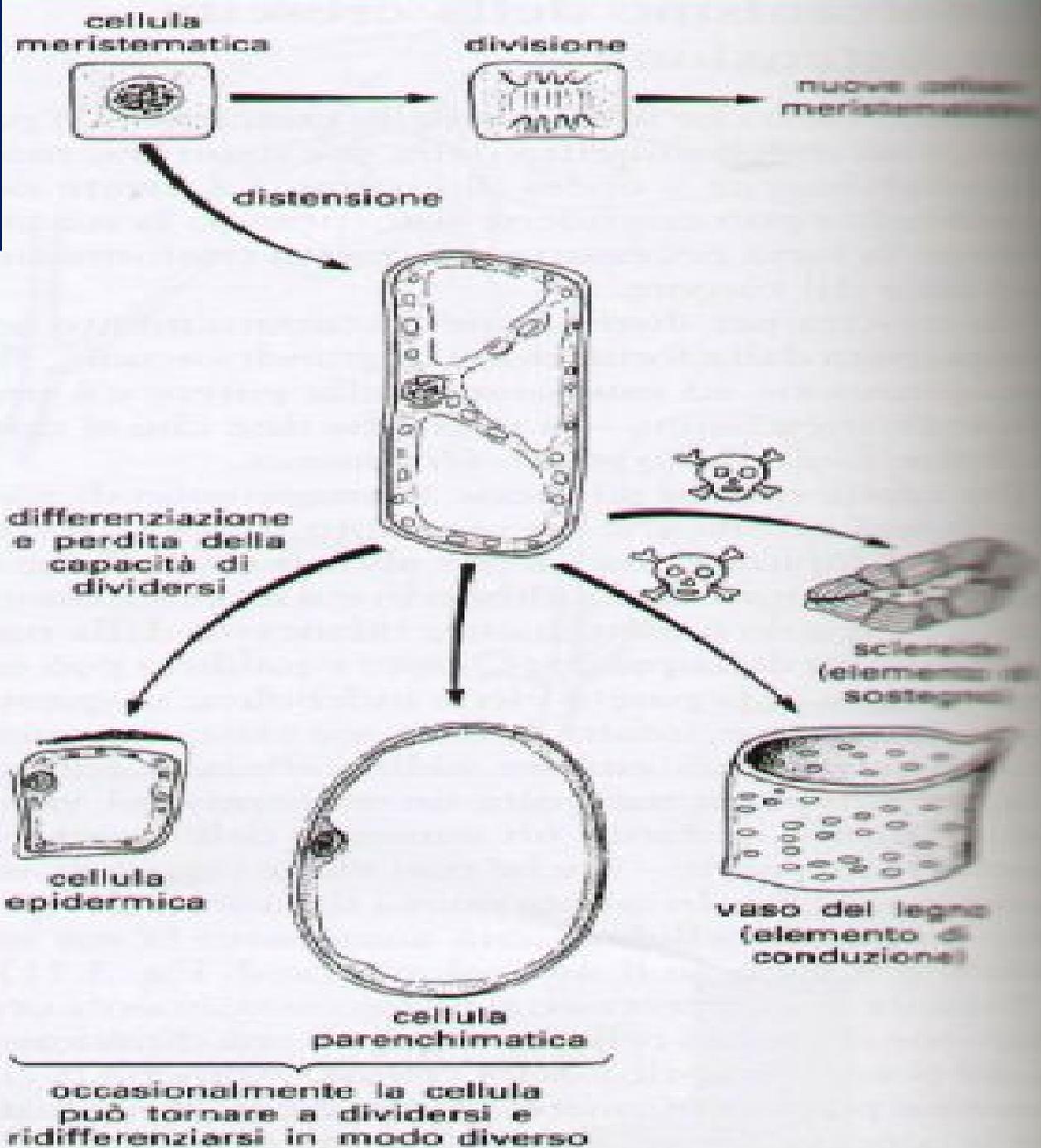
Il meristema apicale della radice (area nella quale le cellule si dividono ed aumentano di numero) è protetto da una cuffia radicale. A monte del meristema apicale della radice si osserva l'area di allungamento cellulare, dove le cellule si ingrandiscono ed iniziano a differenziarsi. L'area di maturazione cellulare presenta cellule completamente mature e differenziate. Si notino i peli radicali in quest'area nella plantula di rafano (*Raphanus sativus*) che è lunga circa 5 cm (a sinistra).

APICE RADICALE



Esempio di meristema secondario: il cambio interfascicolare (o cribro-vascolare).

Cellule meristematiche embrionali



CRESCITA PRIMARIA(II)

I meristemi apicali del fusto hanno la **cupola apicale** del germoglio con **abbozzi delle gemme ed abbozzi fogliari**

A distanza dalla cupola apicale, le cellule si differenziano nei sistemi dei tessuti fondamentali, vascolari e dermici

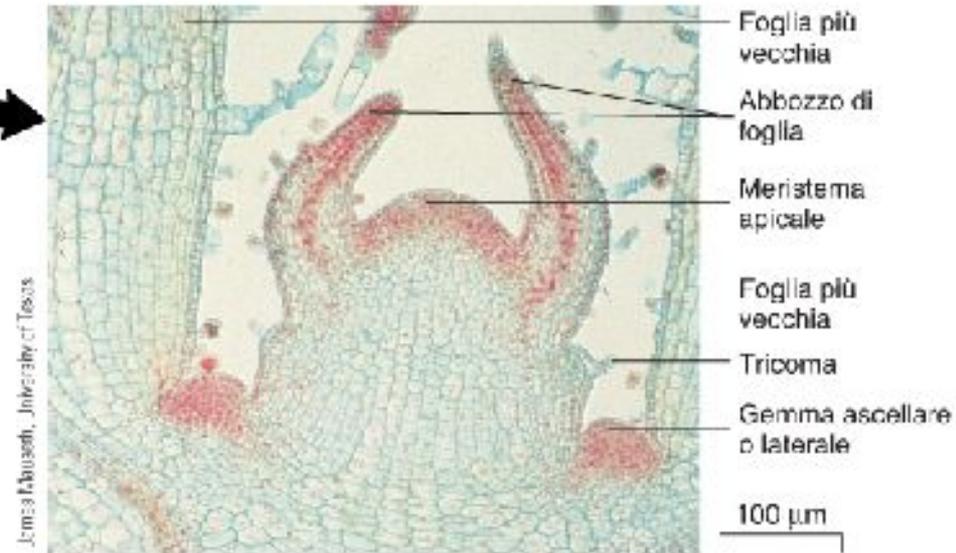
FIGURA 31-8

Un germoglio terminale.

Una sezione longitudinale di un germoglio terminale di *Coleus* (*Coleus* sp.) che mostra il meristema apicale del fusto, gli abbozzi fogliari e le gemme ascellari.



Coleus





Apice vegetativo



CRESCITA SECONDARIA

- Tipica di alberi ed arbusti legnosi, riguarda l'accrescimento in diametro e si deve ai **meristemi secondari**:

CAMBIO CRIBRO-VASCOLARE

o CRIBRO-LEGNOSO:

differenzia **xilema secondario** nella parte interna del fusto e della radice e **floema secondario verso l'esterno**

CAMBIO

SUBERO-FELLODERMICO:

esterno al cambio cribro-vascolare, differenzia **sughero** all'esterno e **parenchima corticale** (della corteccia) all'interno con funzione di riserva

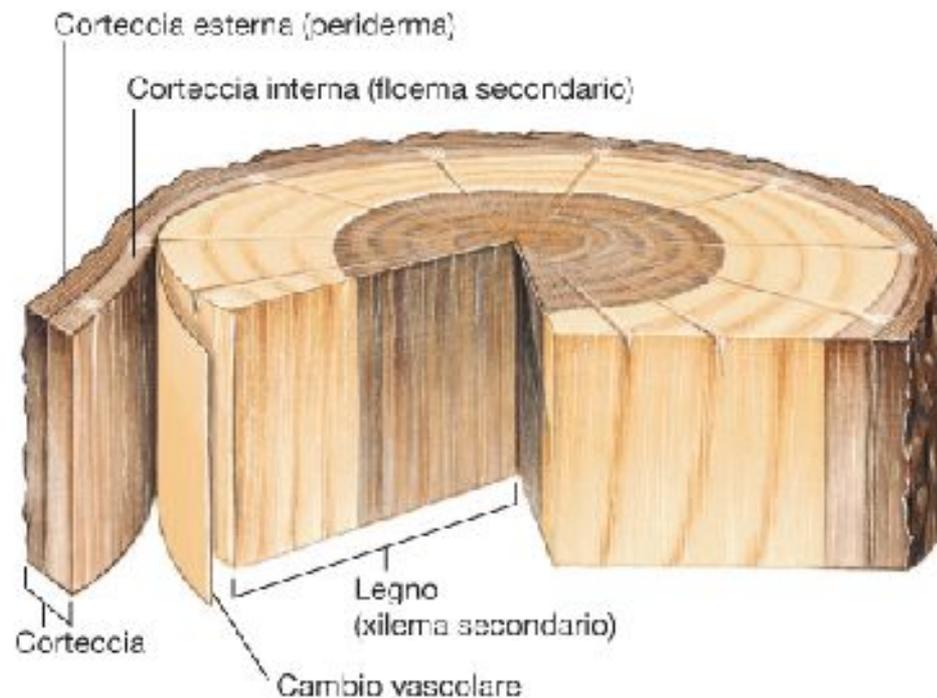


FIGURA 31-9 Crescita secondaria.

Il cambio vascolare o cribrolegnoso (un sottile strato di cellule compreso tra il legno e la corteccia) dà origine ai tessuti vascolari secondari: il legno (xilema secondario) e la corteccia interna (floema secondario). Il cambio del sughero o suberofellodermico dà origine ai tessuti della corteccia esterna (periderma) che sostituiscono l'epidermide nella struttura secondaria di una pianta.