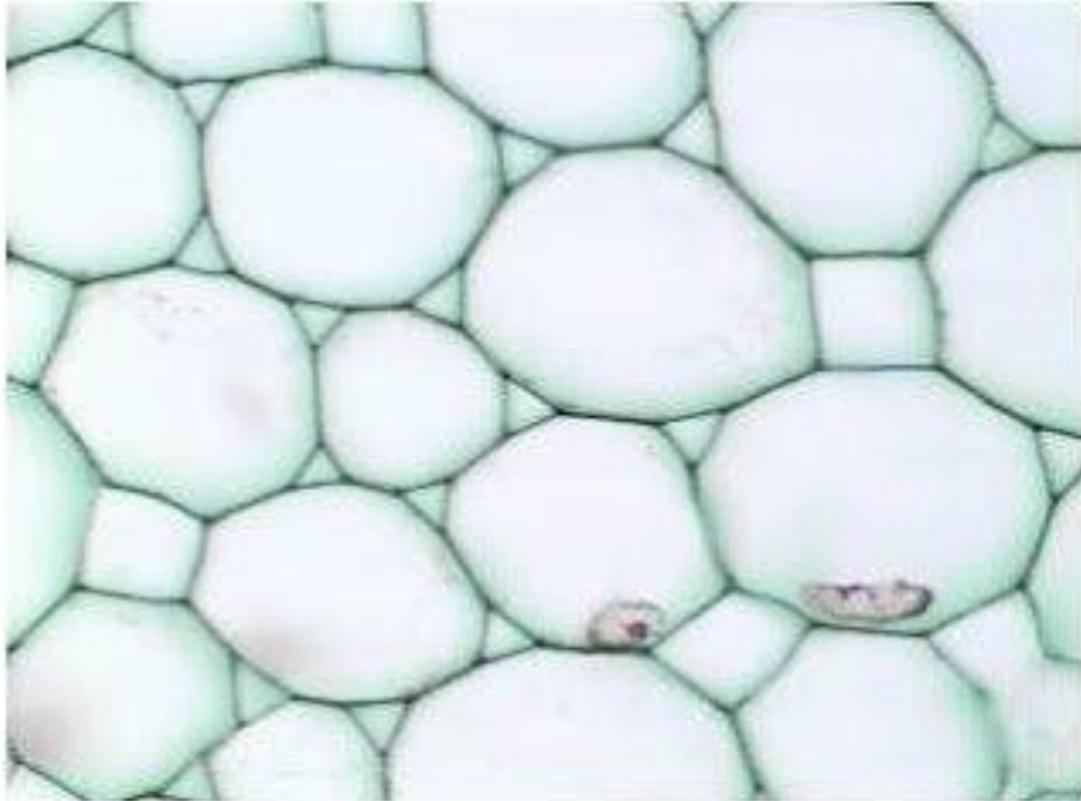


ISTOLOGIA VEGETALE



La crescita in dimensioni di una pianta avviene grazie a:

- Un aumento del numero di cellule a livello dei meristemi (**divisioni** mitotiche)
- Un successivo aumento (notevole) delle dimensioni cellulari, spesso in una direzione prevalente (**distensione**)
- La progressiva **differenziazione** delle singole cellule a formare **tessuti** (talvolta complessi) con specifiche funzioni in seguito ad un processo di **determinazione**.

I tessuti quindi daranno origine ai diversi organi.

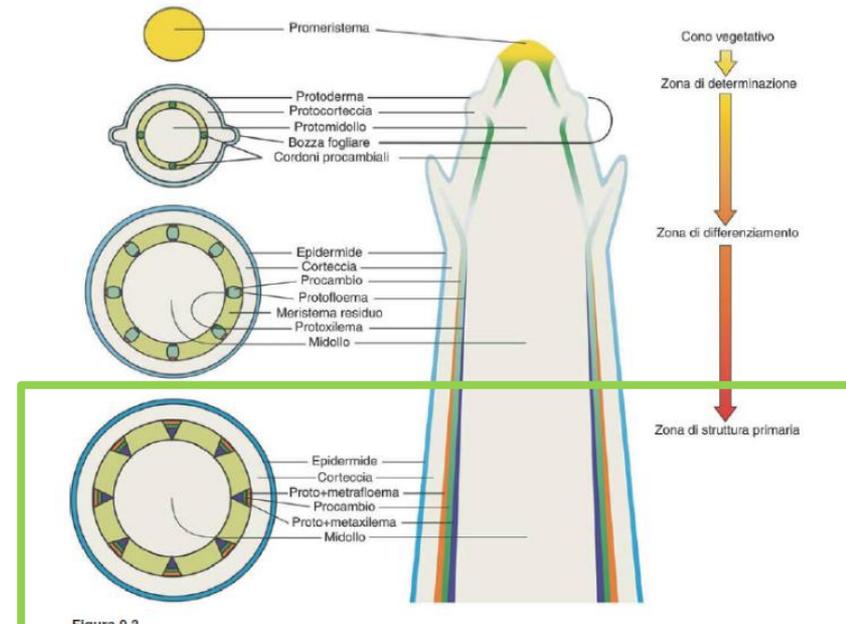
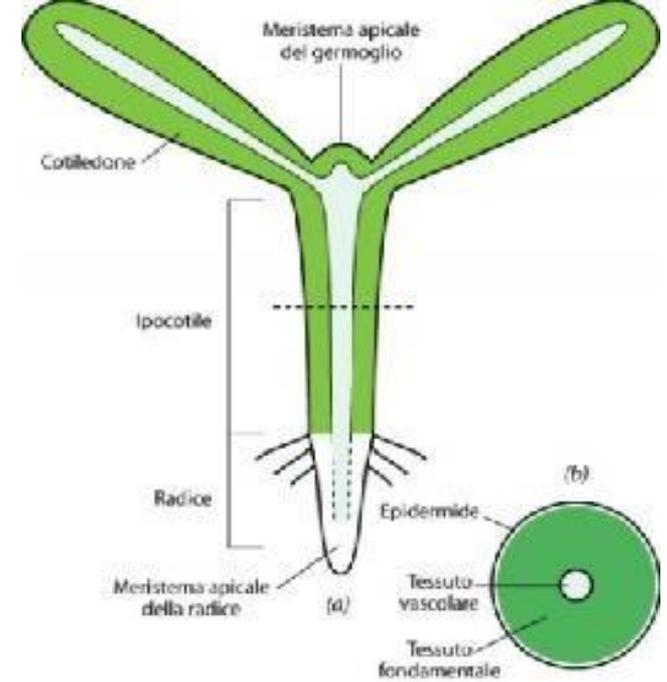
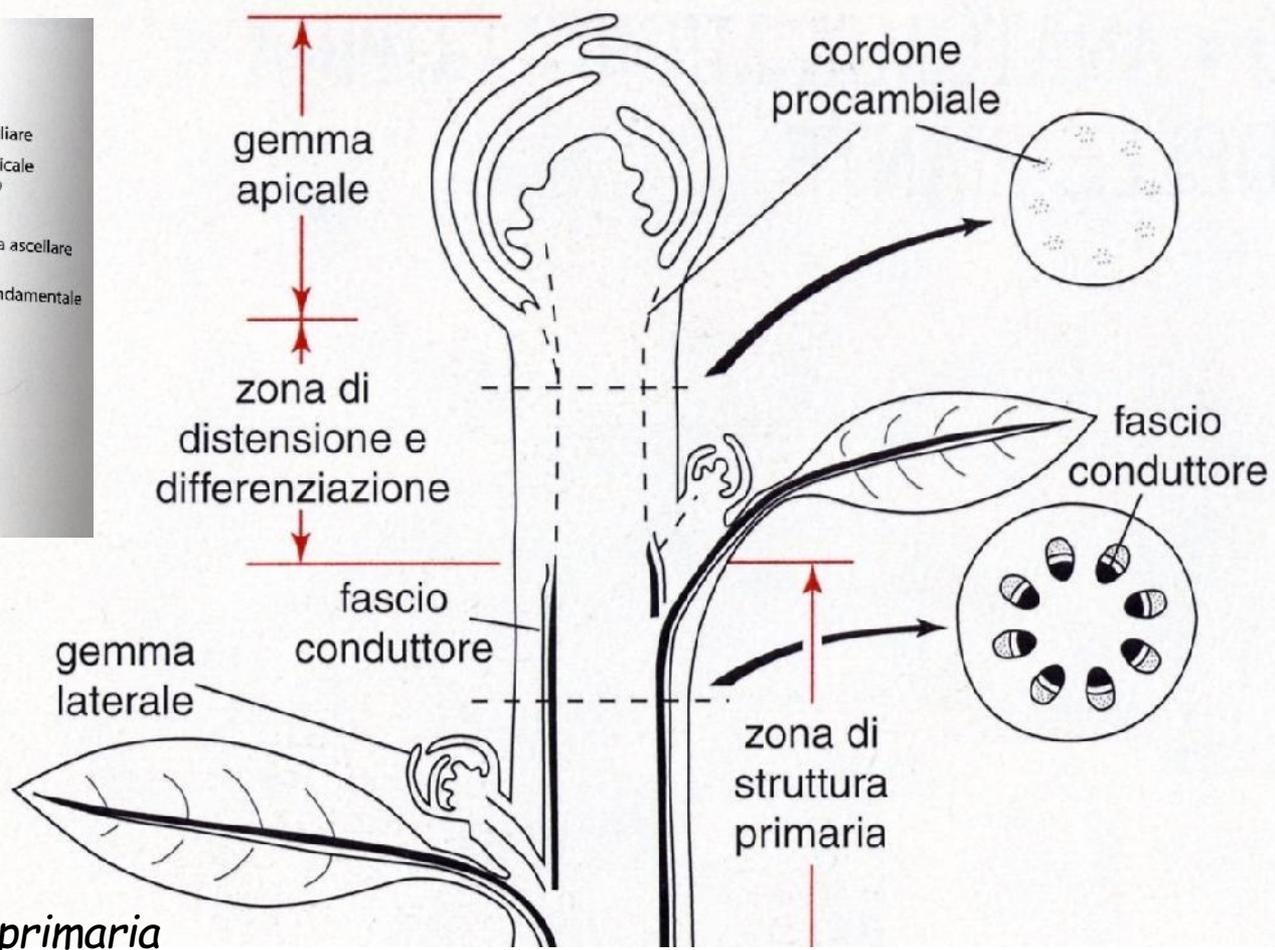
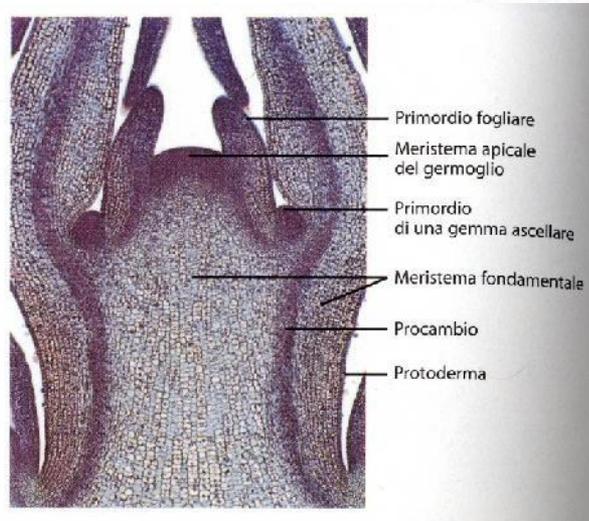
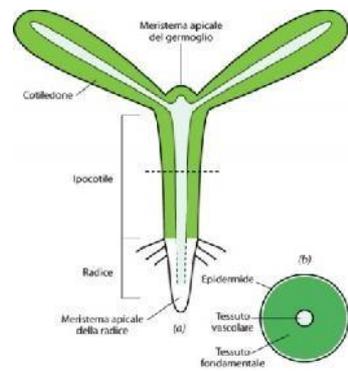


Figura 9.2
Schema del corpo primario del fusto in sezione longitudinale (a destra) e sezioni trasversali a livello del cono vegetativo, della zona di determinazione, della zona di differenziamento e della zona di struttura primaria (a sinistra) (disegno di A. Valletta).



Schema del fusto in struttura primaria

I tessuti vegetali possono essere classificati in:

1.TESSUTI MERISTEMATICI

Costituiti da cellule che conservano la capacità di dividersi attivamente per mitosi.

Da esse traggono origine tutti gli altri tipi di tessuti

2.TESSUTI ADULTI (O DEFINITIVI)

Costituiti da cellule completamente differenziate, che (salvo rare eccezioni) non si dividono.

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

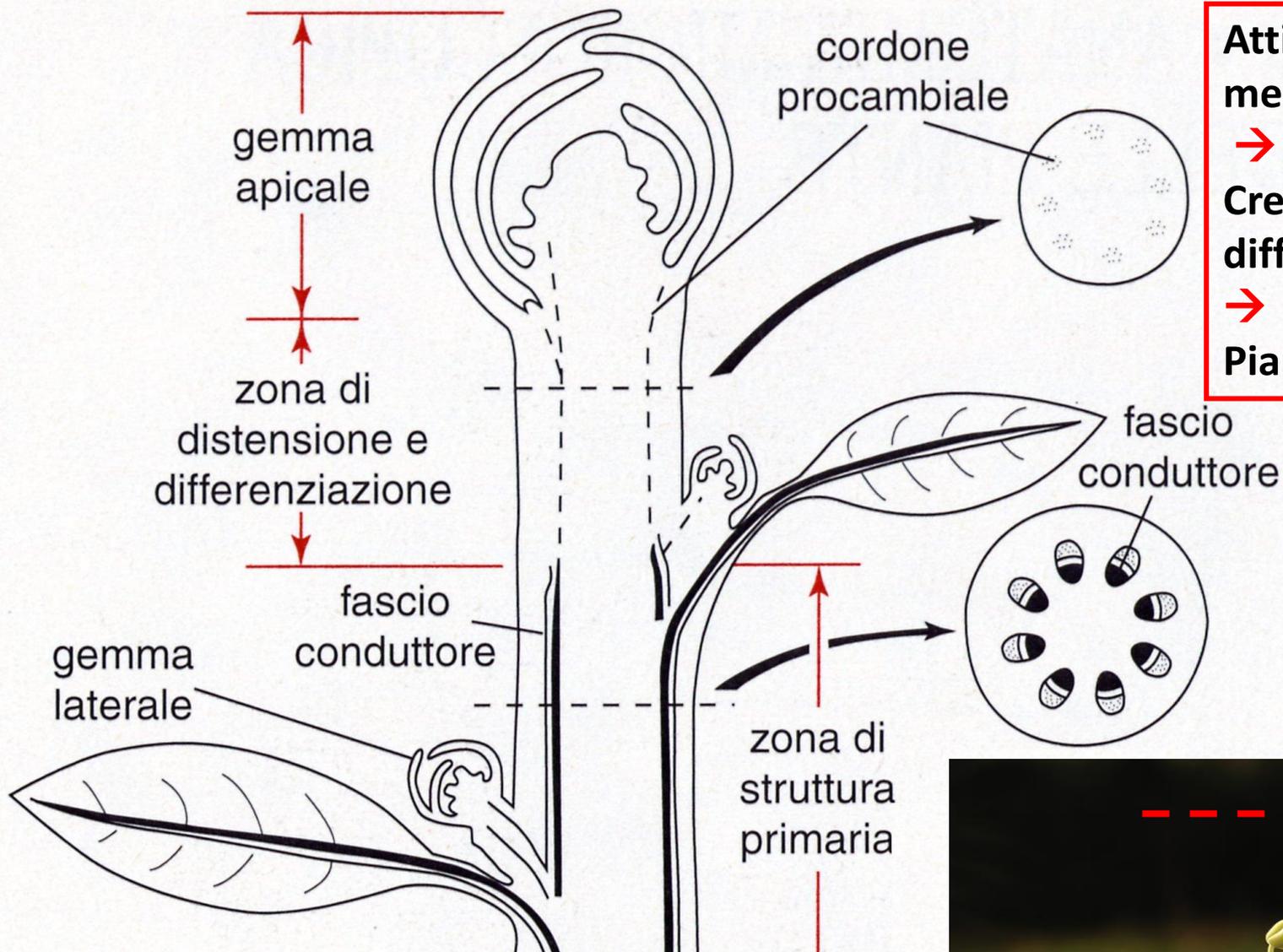
CONDUTTORI

COMPLESSITA'

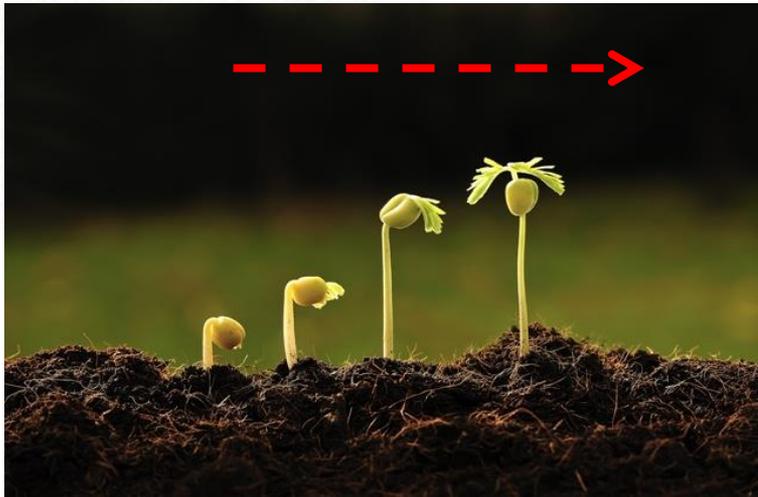
SEMPLICI

COMPOSTI

Meristemi avventizi: si originano per *de-differenziamento* in seguito a ferita → tessuto di cicatrizzazione.



Attività meristemica
 →
Crescita e differenziamento
 →
Pianta adulta



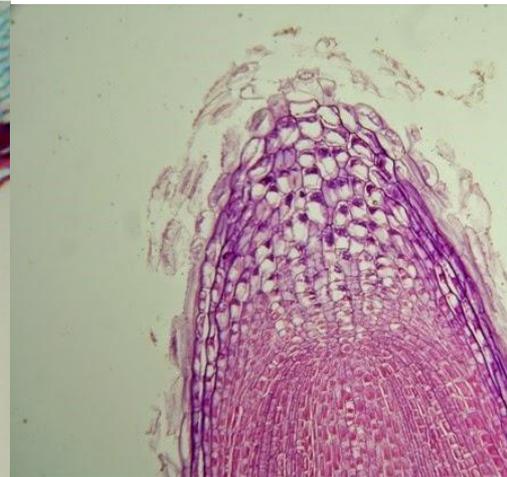
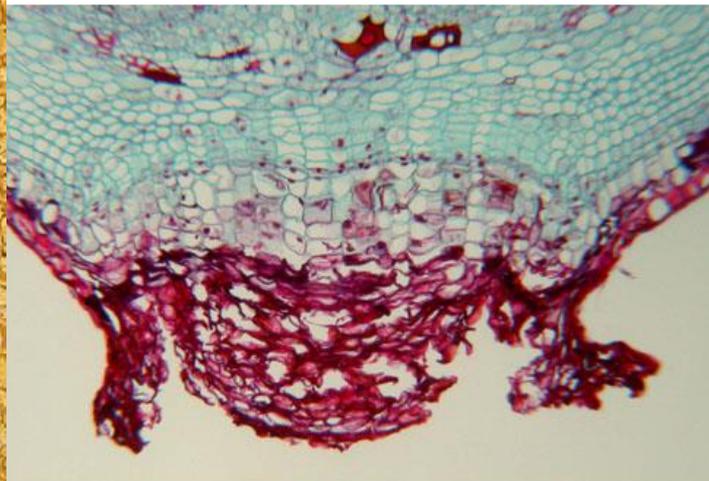
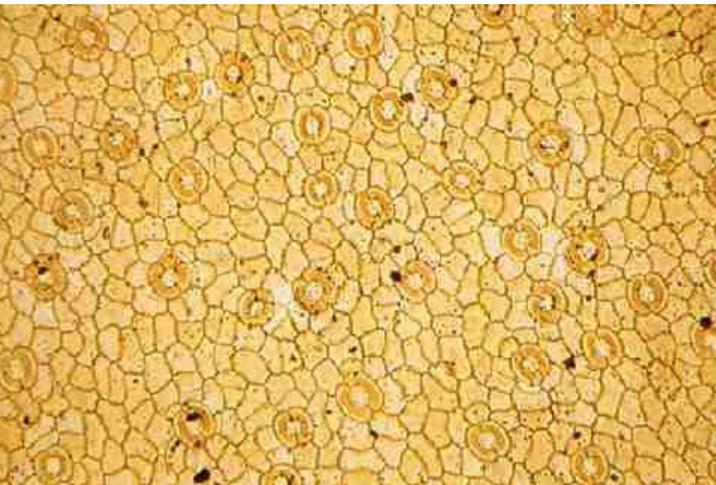
TESSUTI TEGUMENTALI (primari e secondari)

Formati da strati (uno o più) di cellule periferiche che ricoprono tutti gli organi di una pianta

F(x) antitetiche:

1) assunzione di acqua e soluti: **TESSUTI di ASSORBIMENTO;**

2) protezione e limitazione della perdita di acqua: **TESSUTI di RIVESTIMENTO.**



TESSUTO di ASSORBIMENTO (RIZODERMIDE)

La parte terminale (più prossima all'apice radicale) di ogni radice è l'unica parte della pianta specificatamente deputata **all'assorbimento dell'acqua e dei soluti** (eccezioni!).



EPIDERMIDE RADICALE o RIZODERMIDE:

- strato più esterno di cellule addossate e con parete fortemente igroscopica che ricopre l'apice radicale;
- tessuto effimero le cui cellule muoiono presto → formazione dell'**esoderma**.

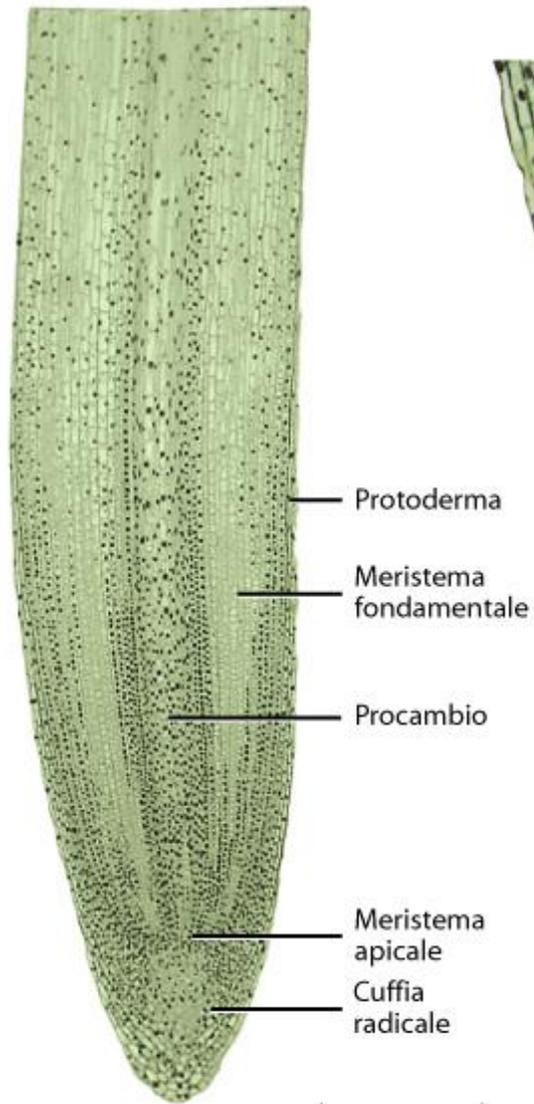
Epidermidi multiseriate

Velamen radicale: in radici aeree di orchidee ed altre piante epifite (e.g. Orchidaceae, Araceae), privo di spazi cellulari, multistratificato.



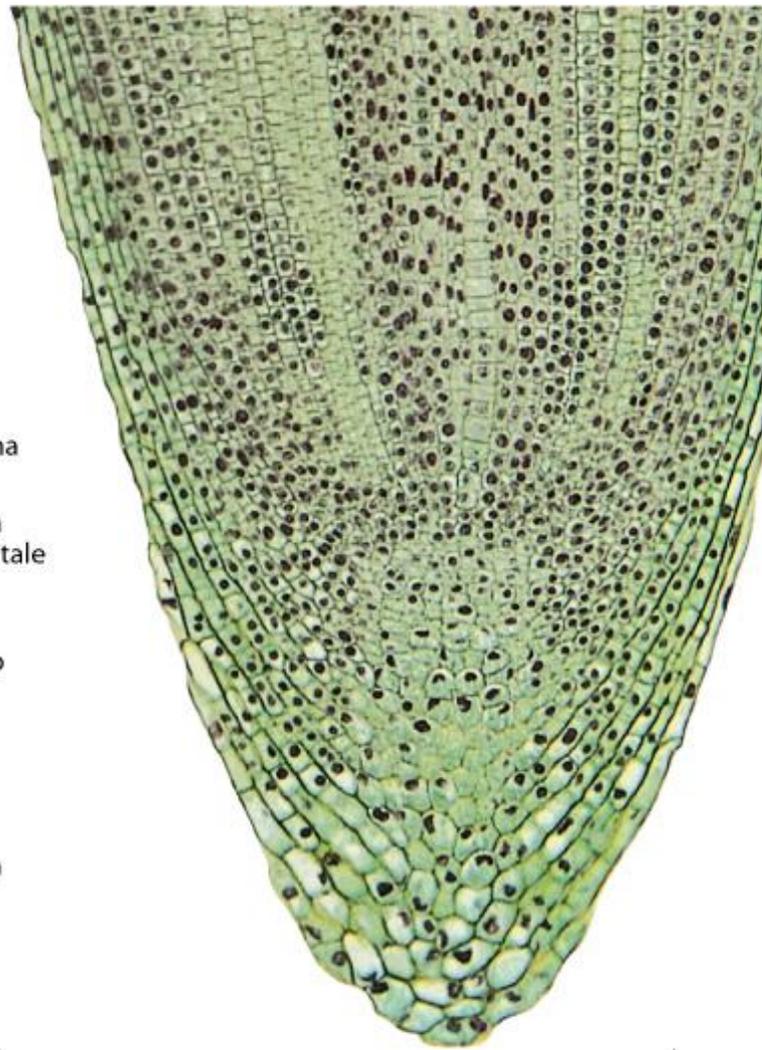
F(x): rapido assorbimento e riduzione della perdita dell' H_2O ; protezione osmotica e meccanica.





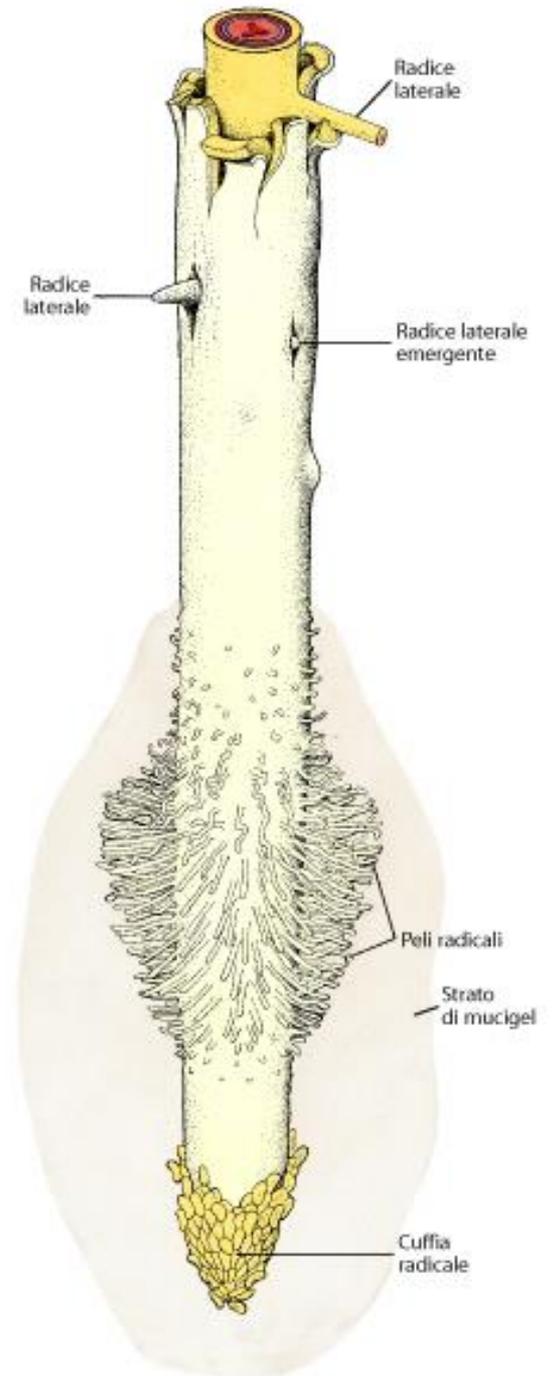
(a)

500 μ m

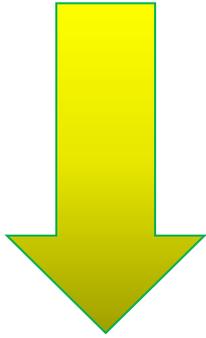


(b)

200 μ

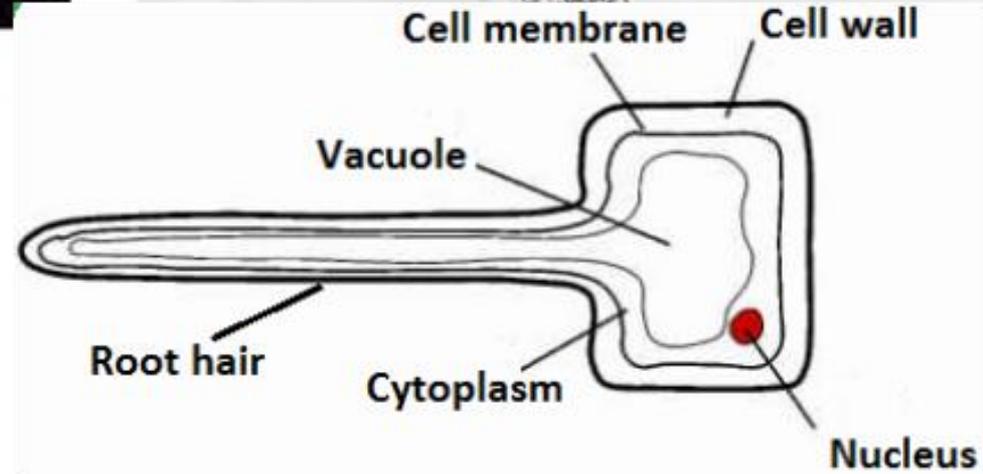
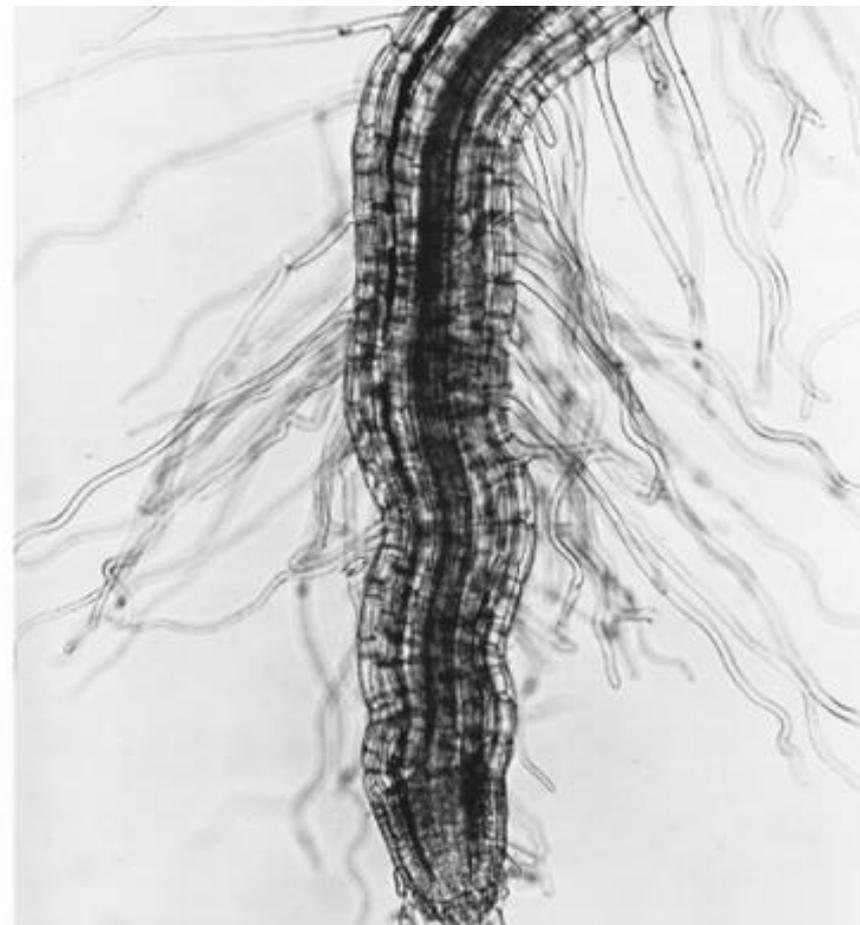


A breve distanza dall'apice radicale il rizoderme **aumenta** fortemente la propria **superficie di assorbimento**.



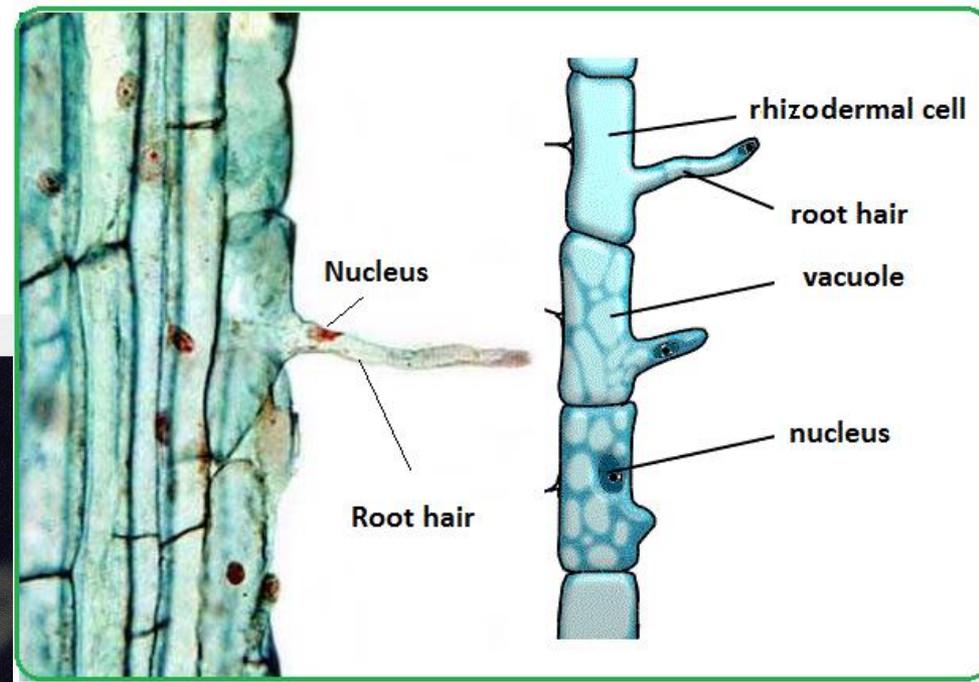
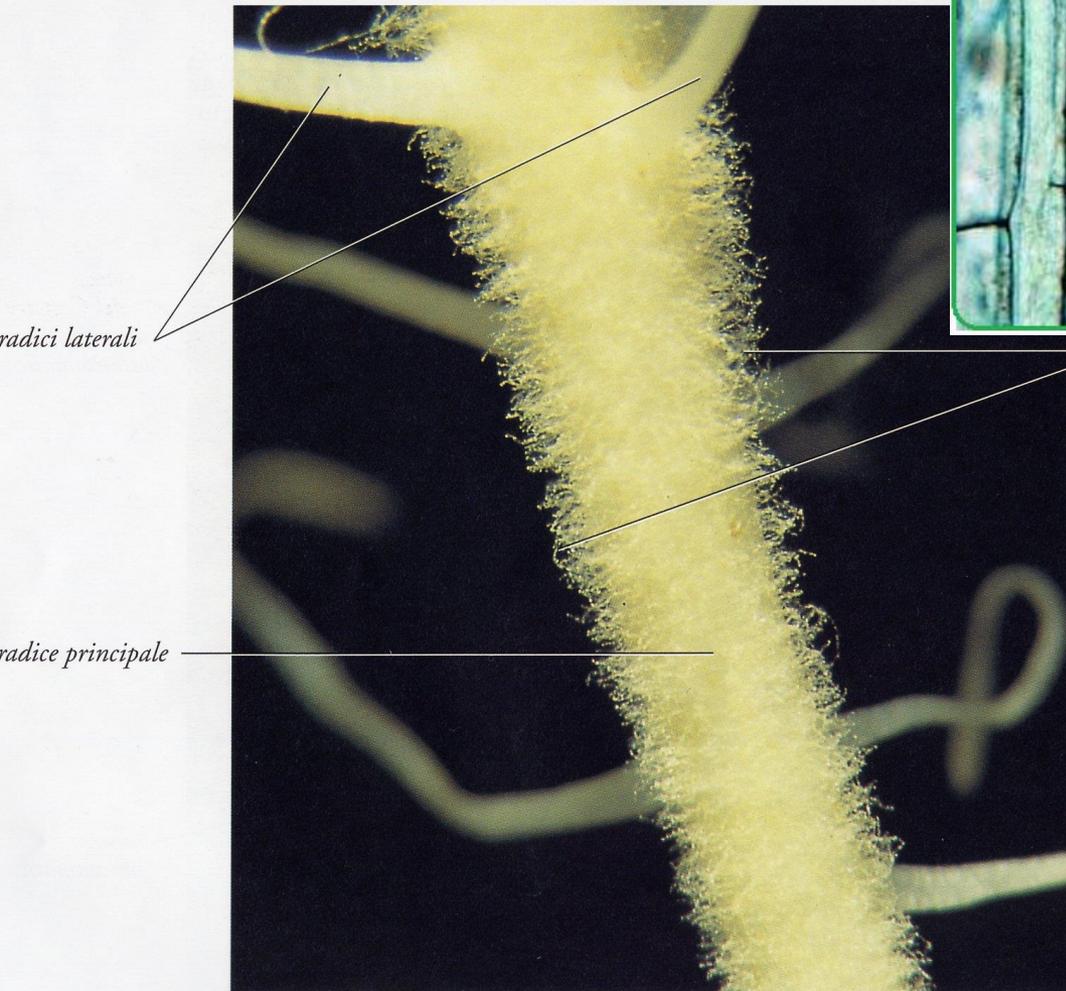
(a)

→ **peli radicali unicellulari** dalla vita molto breve, particolarmente evidenti negli apparati radicali di giovani plantule.





I peli radicali non vengono prodotti quando:



- non è necessario aumentare una superficie di assorbimento (es. *piante acquatiche*; *piante micorrizate*),
- non è opportuno (es. alcune *piante epifite* aventi altri meccanismi di assorbimento dell'acqua).

Zona pilifera della radice di fagiolo (*Phaseolus vulgaris* L., fam. Leguminosae).

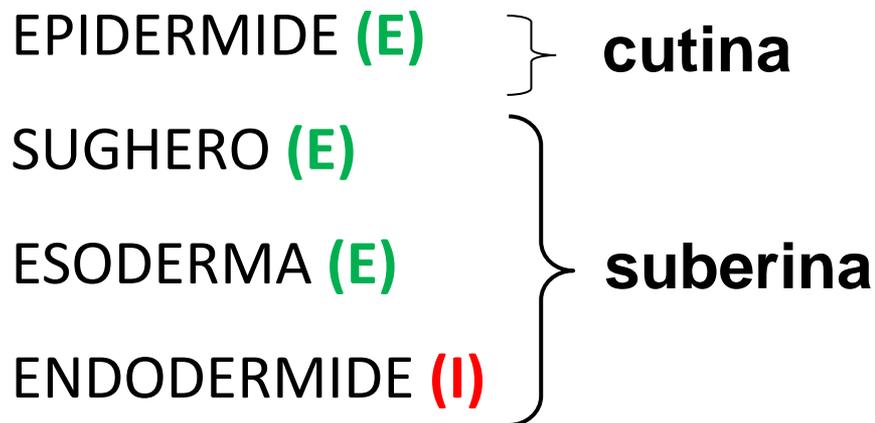
x 16 (17)

TESSUTI di RIVESTIMENTO

Si distinguono in **ESTERNI (e)** ed **INTERNI (i)** in base alla loro posizione nel corpo della pianta.

ESTERNI: costituiscono una barriera di protezione per l'intero organo rispetto all'ambiente esterno (es.: epidermide).

INTERNI: (es.: endodermide) fungono da barriera selettiva più o meno completa tra i tessuti in cui essi sono situati.



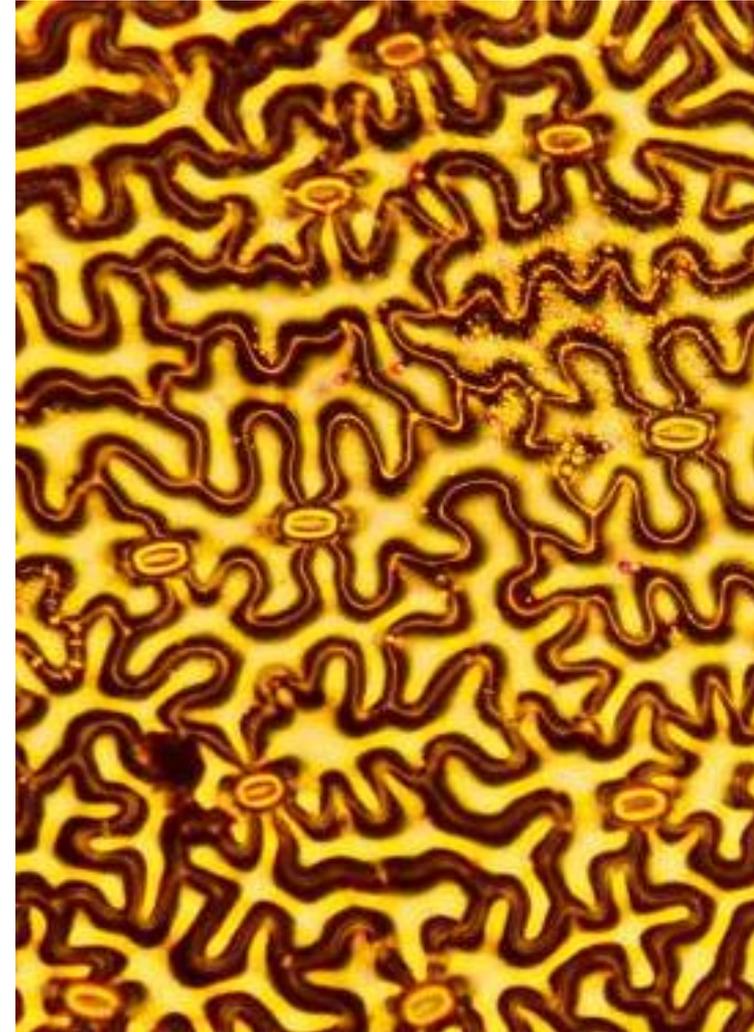
EPIDERMIDE

E' il tessuto di rivestimento del caule in struttura primaria e delle foglie, “dall’ipocotile in su”.

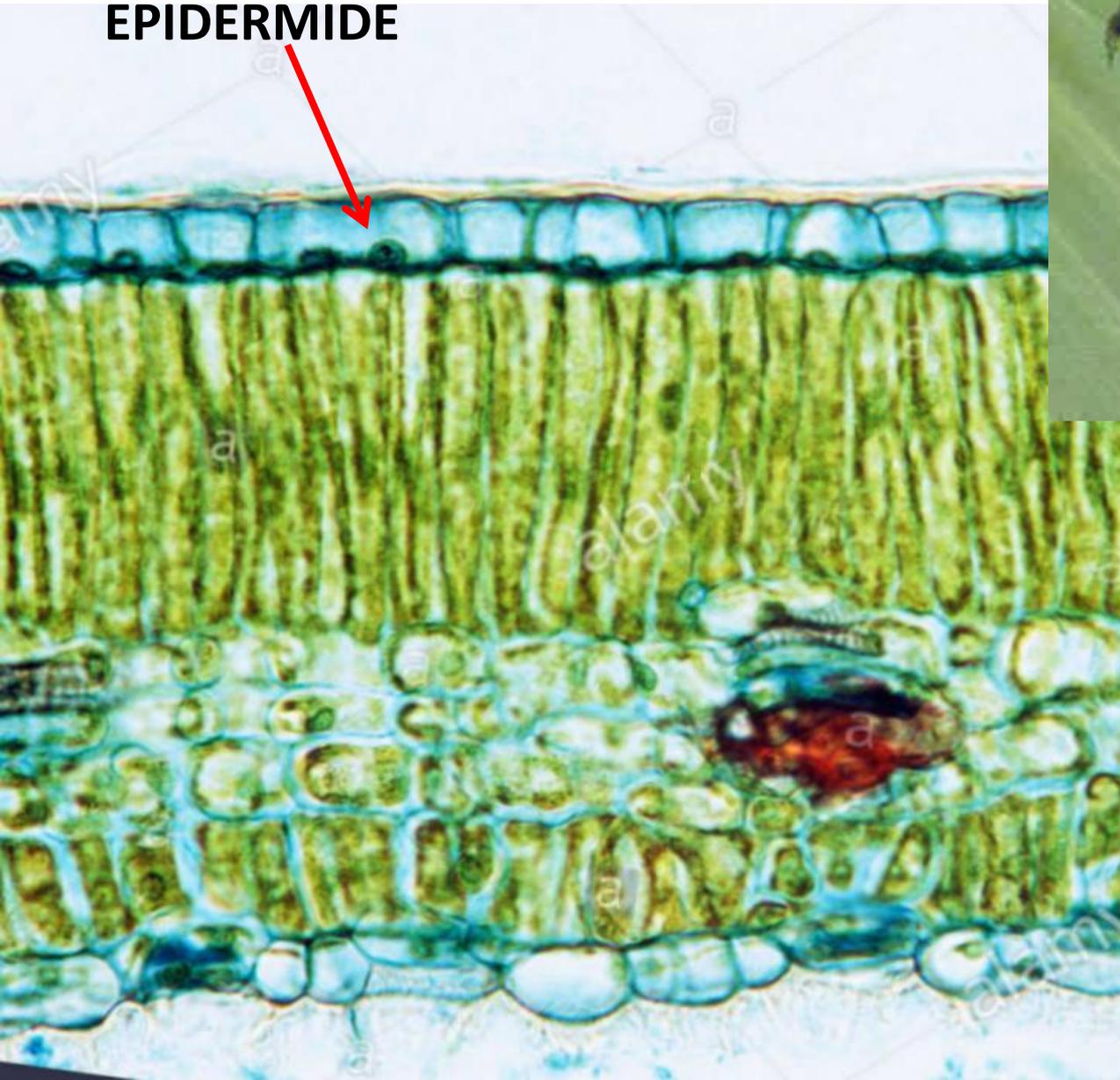
E' il tessuto che costituisce il primo rivestimento di tutti gli organi aerei della pianta prendendo origine direttamente dal **protoderma** dell’apice vegetativo del caule.

L’epidermide è costituita **in genere** da un **unico strato di cellule vive**, vacuolate, a volte colorate per la presenza di pigmenti (antociani) accumulati a livello del vacuolo, per cui il tessuto risulta colorato di rosso, rosa o violetto.

Tranne che nelle felci e in alcune piante di ambienti ombrosi e umidi, l’epidermide è priva di cloroplasti, gli organuli deputati allo svolgimento della fotosintesi. Solo gli stomi (v. sotto) ne sono provvisti.



EPIDERMIDE



Varie funzioni. Funzioni fondamentali dell'epidermide:

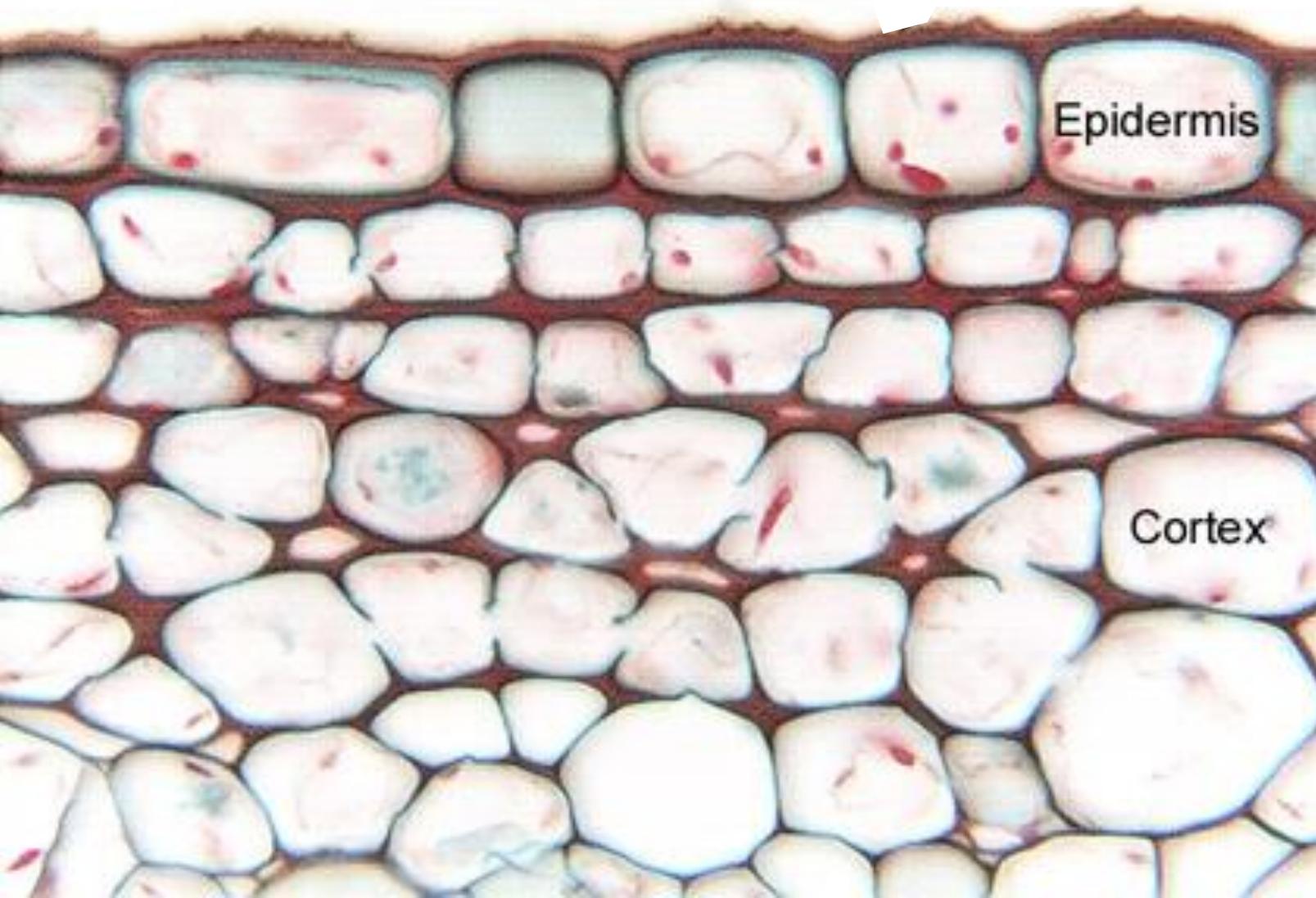
- protezione
 - limitazione della perdita di acqua
 - regolazione scambi gassosi
 - protezione meccanica (moderata)
 - difesa da patogeni

Per svolgere queste molteplici funzioni, l'epidermide è molto variabile: può differire da specie a specie, da organo ad organo di una stessa pianta.

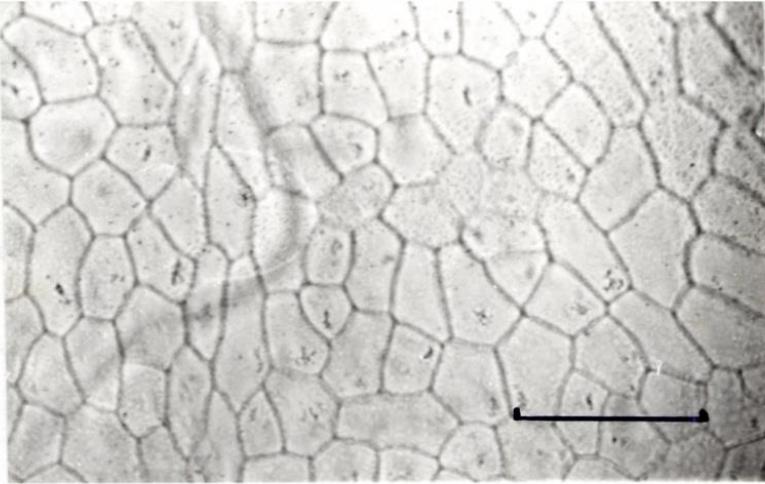
Formata da diversi tipi di cellule:

- cellule epidermiche
- cellule di guardia degli **stomi** e cellule annesse
- **tricomi** (peli), che secernono sostanze, proteggono, schermano ...

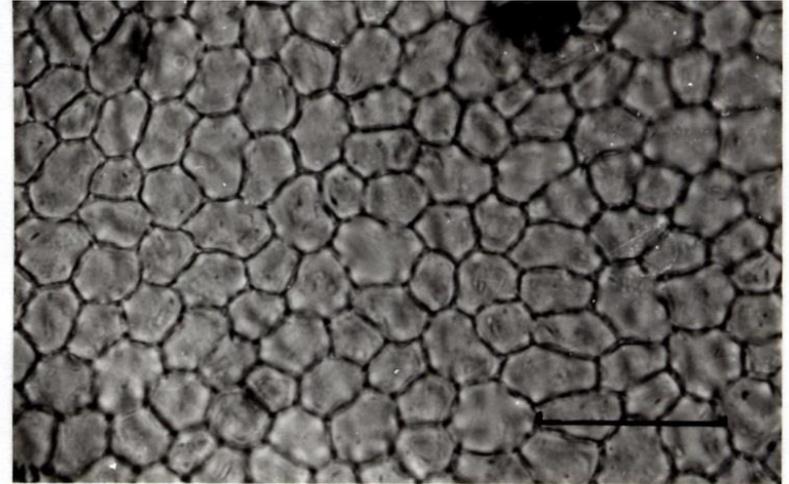
Sezione trasversale: le cellule epidermiche hanno forma regolare, in genere rettangolare, sono appressate l'una all'altra senza lasciare spazi intercellulari.



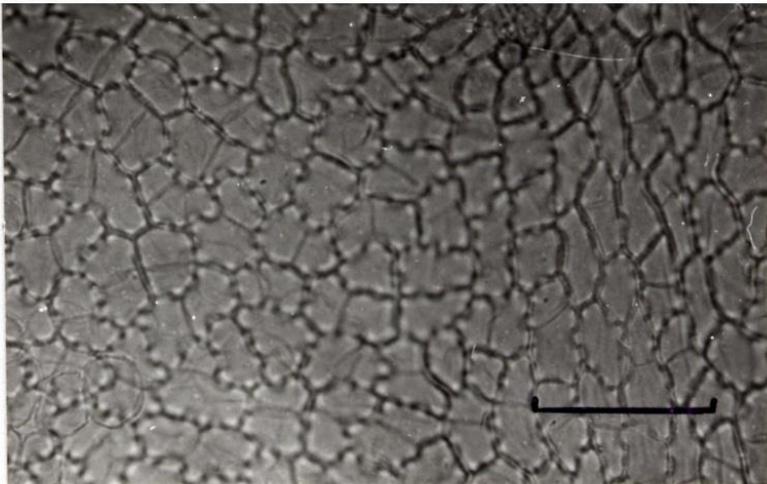
Visione adassiale: forme molto diverse delle cellule dell' epidermide
($\leftarrow\rightarrow$ igrotropismo, intensità luminosa= condizioni ambientali di crescita della pianta)



1) Erica arborea, specie xero- ed eliofitica.



2) Hypericum reflexum, specie xero- ed eliofitica.



4) Hedera canariensis, specie igrofitica.



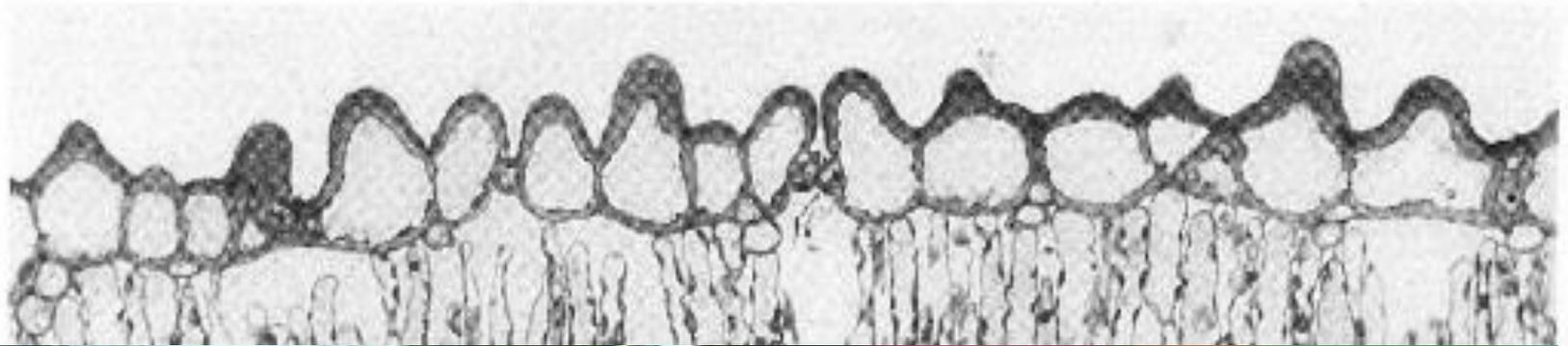
6) Pteridium aquilinum, specie scio- ed igrofitica.



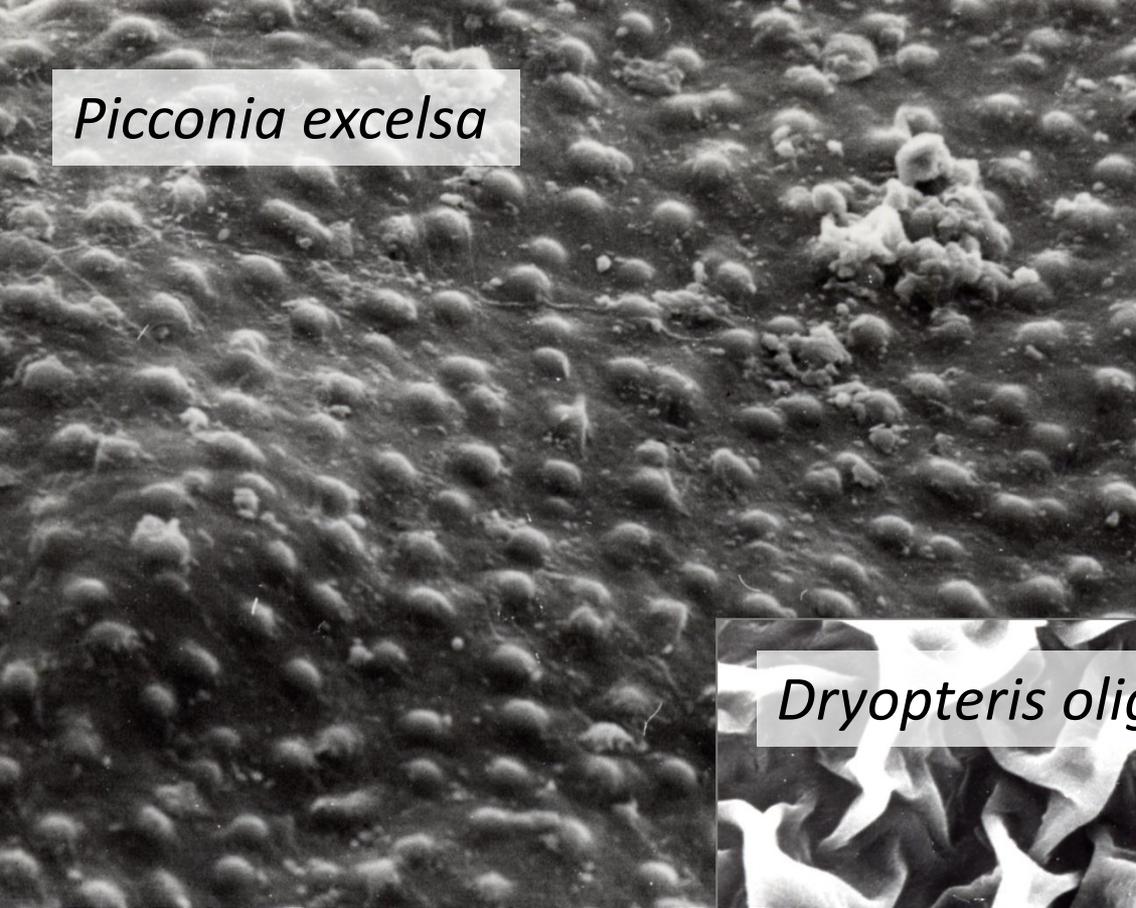
Urginea maritima



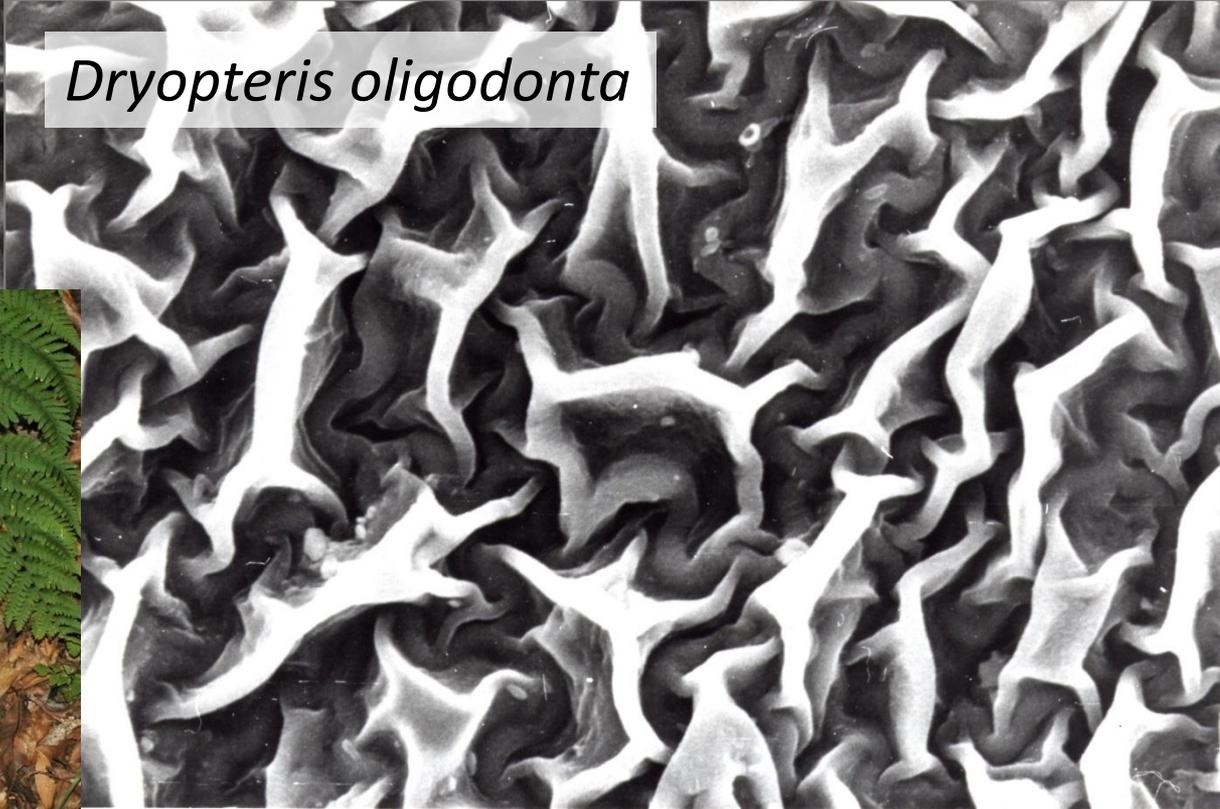
Sezione trasversale, talvolta le cellule epidermiche presentano una caratteristica estroflessione, la **papilla epidermica**. La luce incidente si rifrange sulla superficie scabra che ne deriva, facendo assumere alla struttura un aspetto particolare, “vellutato”.



Picconia excelsa



Dryopteris oligodonta

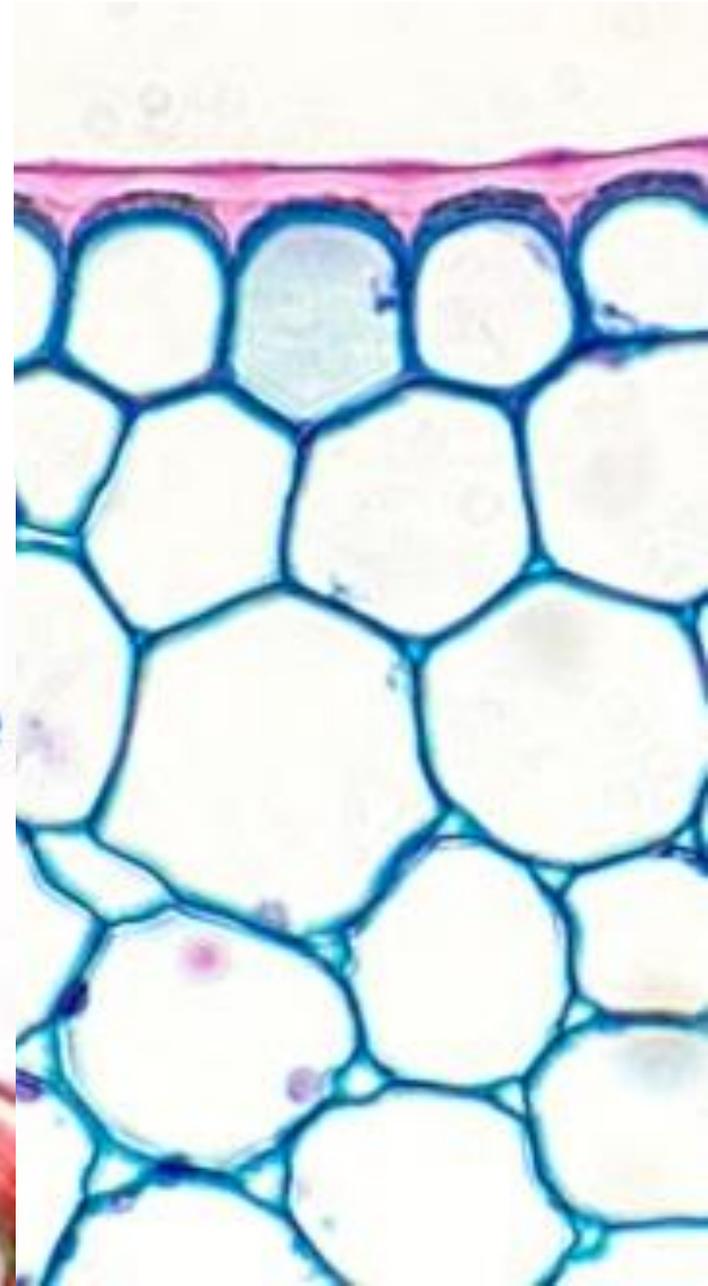
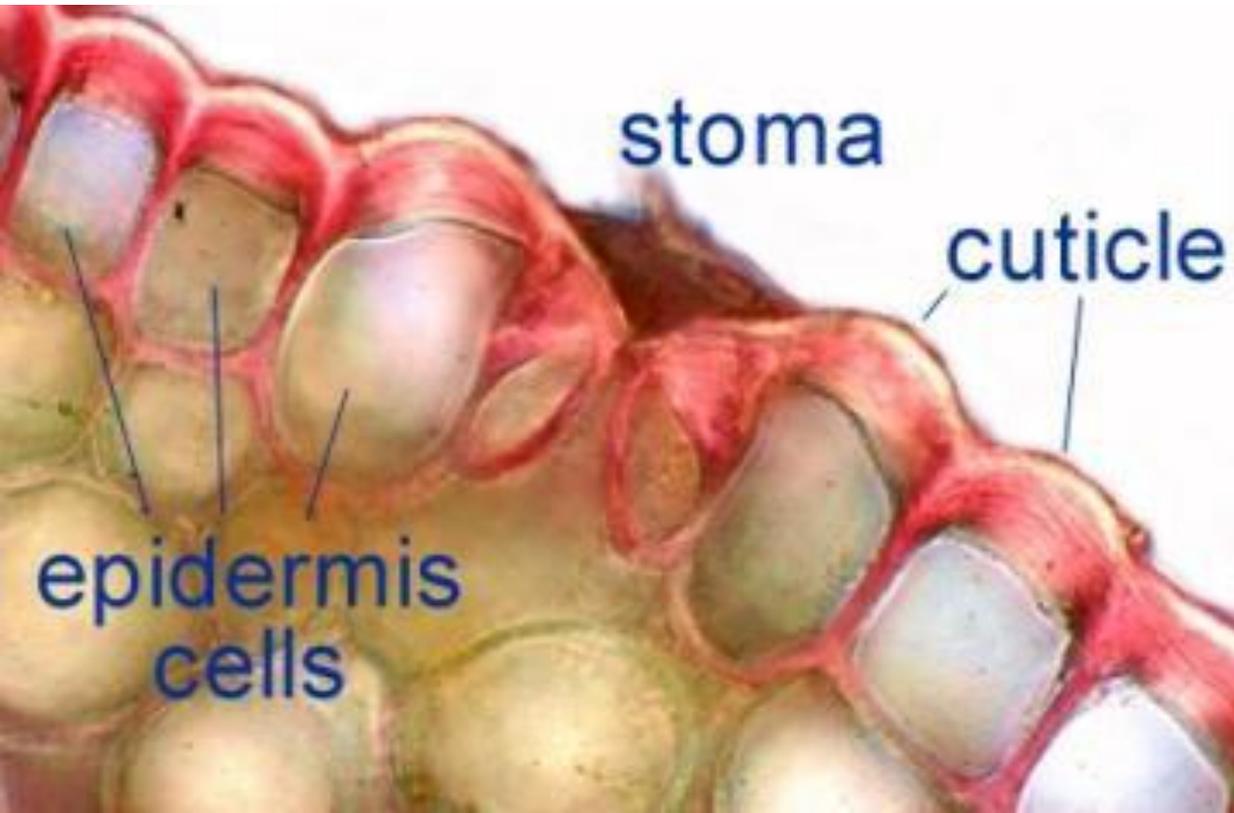


L'epidermide svolge due compiti antitetici apparentemente inconciliabili: da un lato deve **limitare la perdita dell'acqua** degli organi aerei della pianta, dall'altra deve **permettere** comunque **lo scambio dei gas**, soprattutto della CO_2 , che è fondamentale per lo svolgimento della fotosintesi.

Il primo obiettivo viene svolto grazie alla formazione di uno strato impermeabilizzante prodotto dalle cellule epidermiche sulla loro faccia tangenziale esterna (solo in parte anche in quelle radiali), costituito da strati sovrapposti di cutina e cristalli di cera, la **CUTICOLA**.

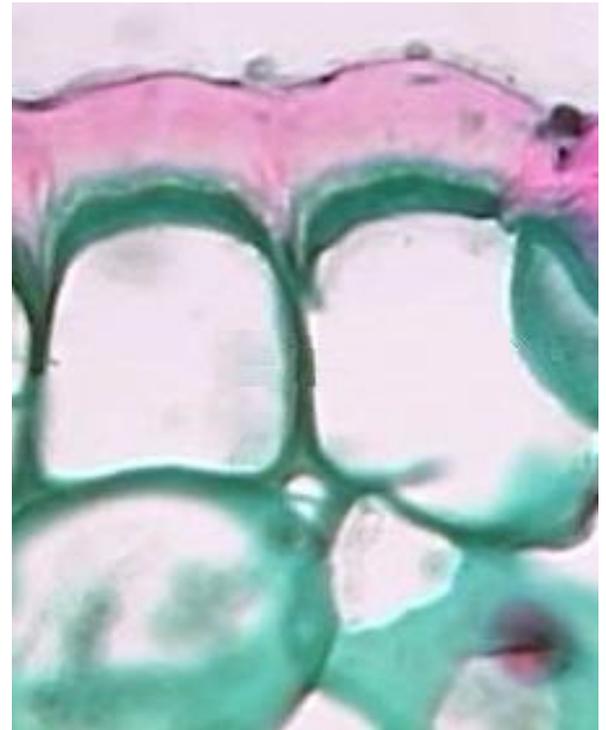
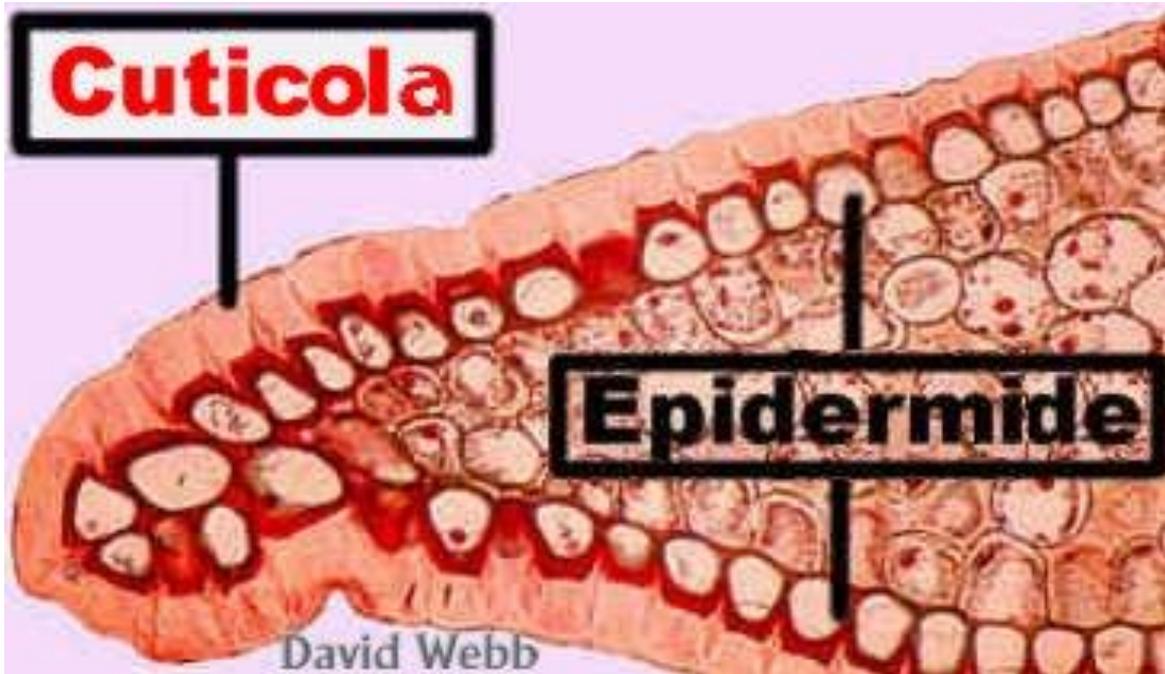
Il secondo sarà ottenuto grazie alla formazione di aperture regolabili formate da due cellule, gli **STOMI**.

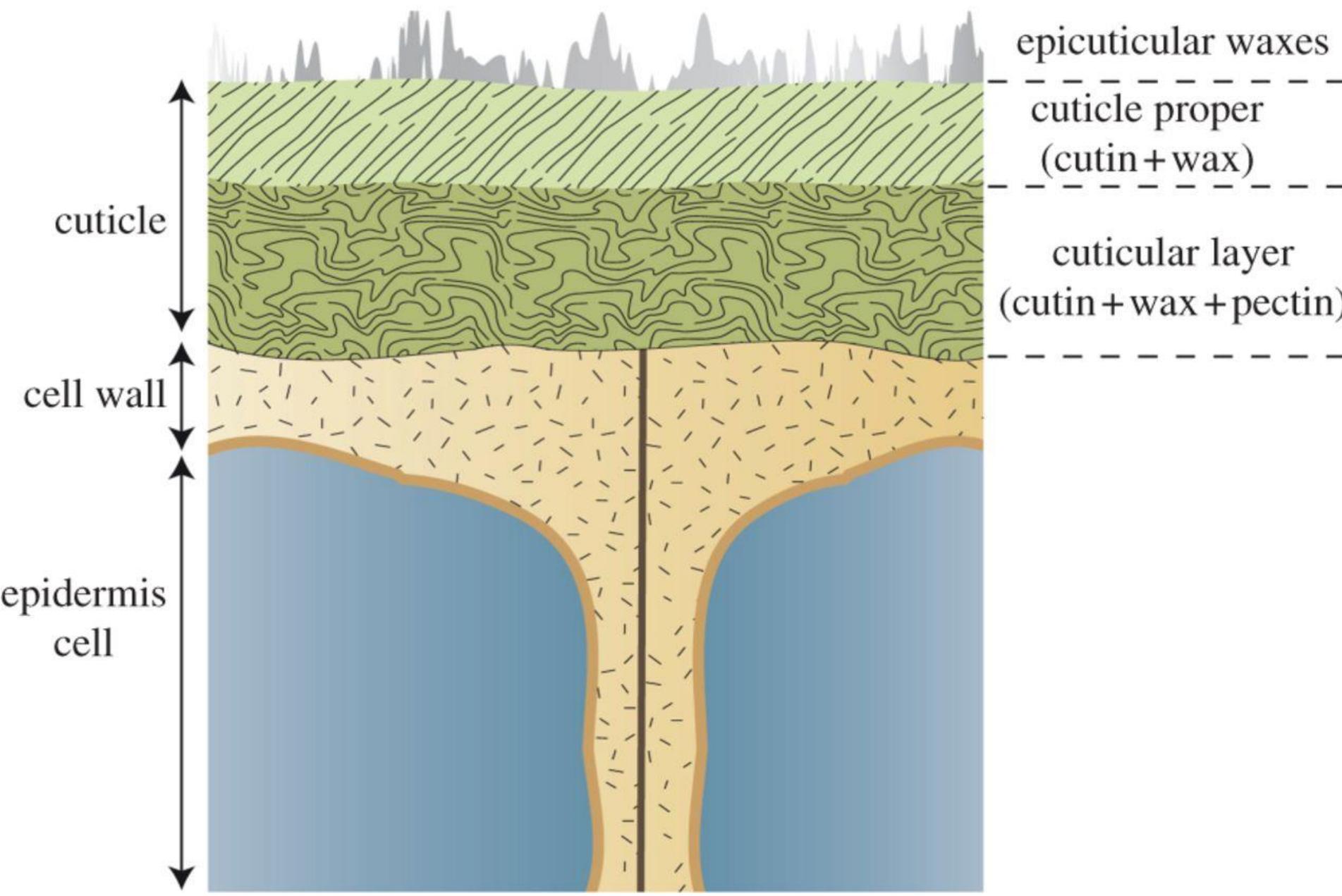
CUTICOLA: particolarmente evidente in sezione trasversale = l'insieme della parte più esterna delle pareti secondarie specializzate rivolte verso lo spazio esterno.

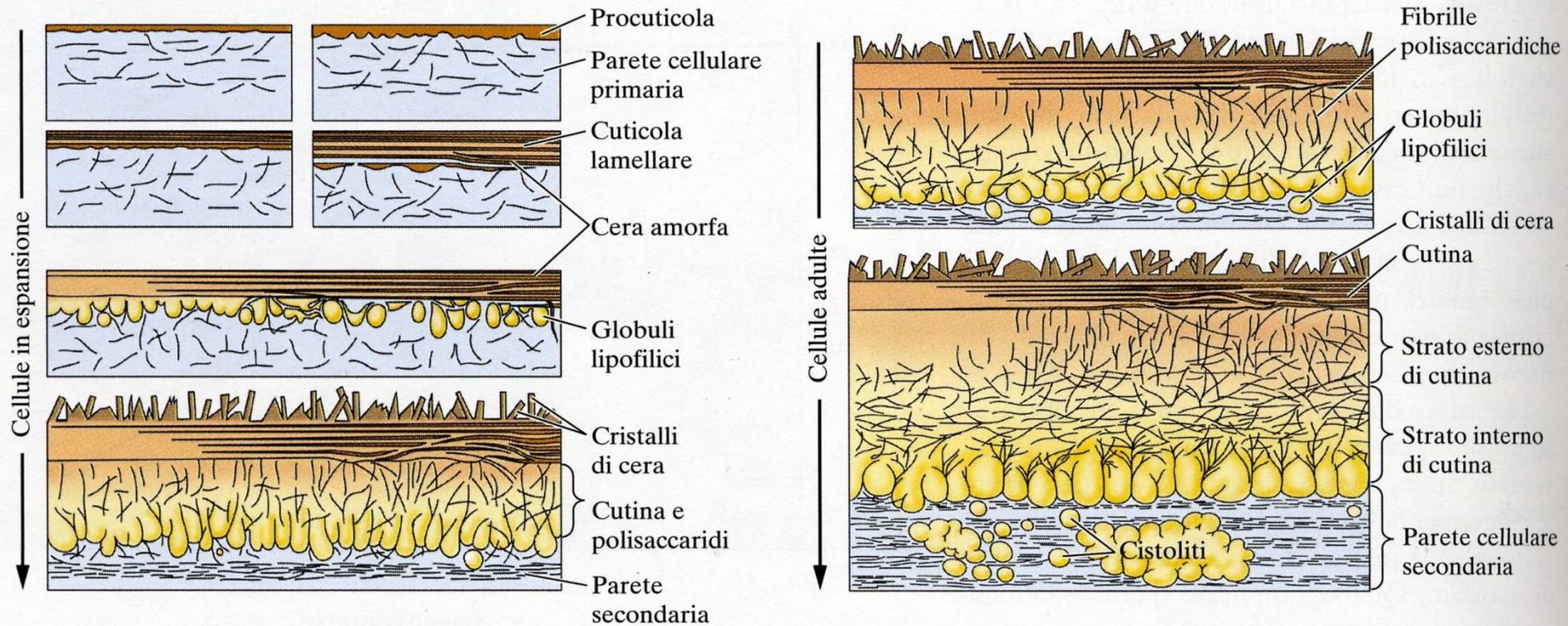


CUTICOLA:

- viene evidenziata applicando di coloranti **lipofili**,
- lo spessore varia da specie a specie,
- dipende, entro certi limiti dal grado di aridità ambientale al quale la pianta è esposta,
- strato più esterno con forma irregolare per la presenza di **cere epicuticolari** → **idrorepellenza!**

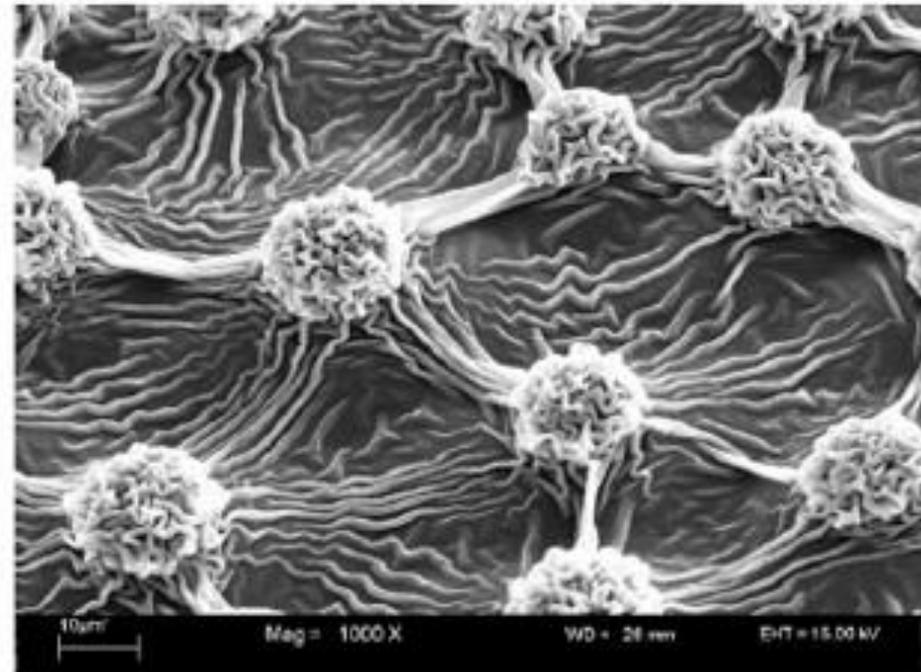
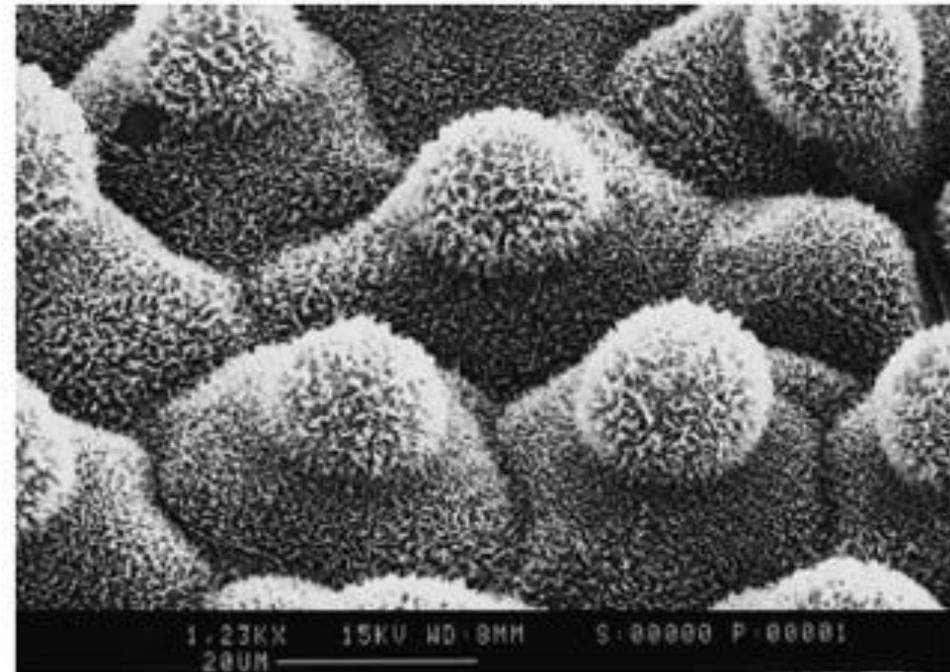




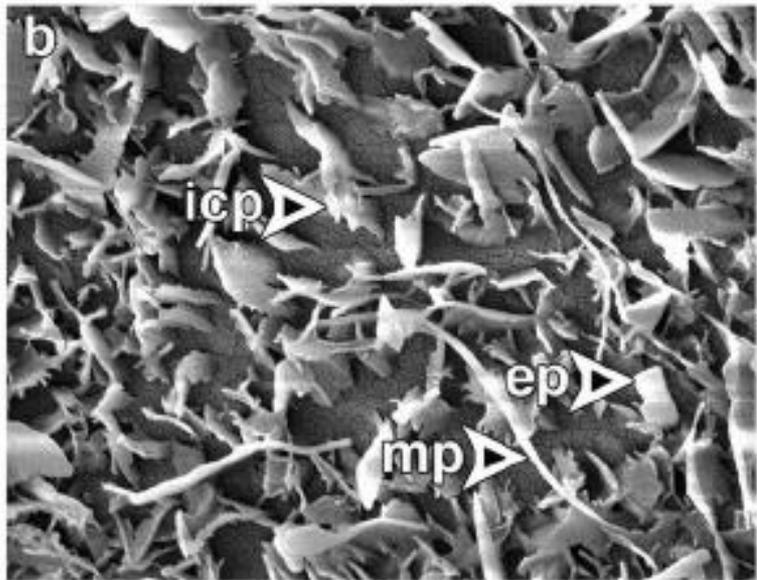


Stadi di sviluppo di una cuticola vegetale. Negli stadi precoci la parete cellulare primaria è coperta con uno strato sottile di cera amorfa. Quando la foglia si espande, il quantitativo di cera aumenta per agglomerazione di globuli secreti. In prossimità della fine dell'espansione fogliare cominciano ad apparire cristalli di cera sulla superficie e comincia la deposizione della cutina. Lo strato di cutina può prendere un aspetto fibrillare, che si pensa rifletta la codeposizione di cutina e di materiali secondari della parete cellulare come l'emicellulosa. Nella foglia matura completamente espansa possono essere visibili zone distinte: lo strato esterno della cutina e lo strato interno della cutina. Alcuni studi indicano che questi strati si differenziano per la composizione chimica. In alcune specie i globuli lipofilici chiamati cistoliti sono osservati negli ultimi stadi dello sviluppo della cuticola e si pensa contengano precursori che sono stati secreti dalla cellula epidermica.

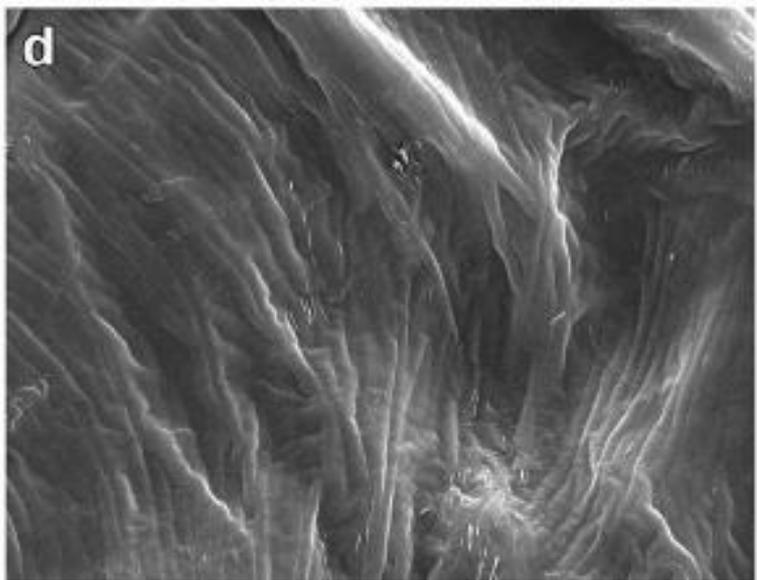
Le **CERE EPICUTICOLARI**, che rendono le superfici particolarmente idrorepellenti, conferiscono un caratteristico colore azzurrognolo alle superfici.



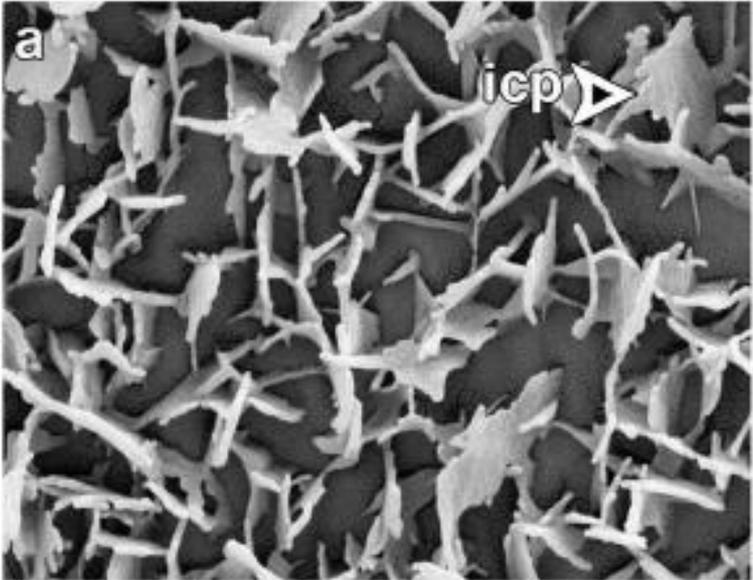
Z. mays



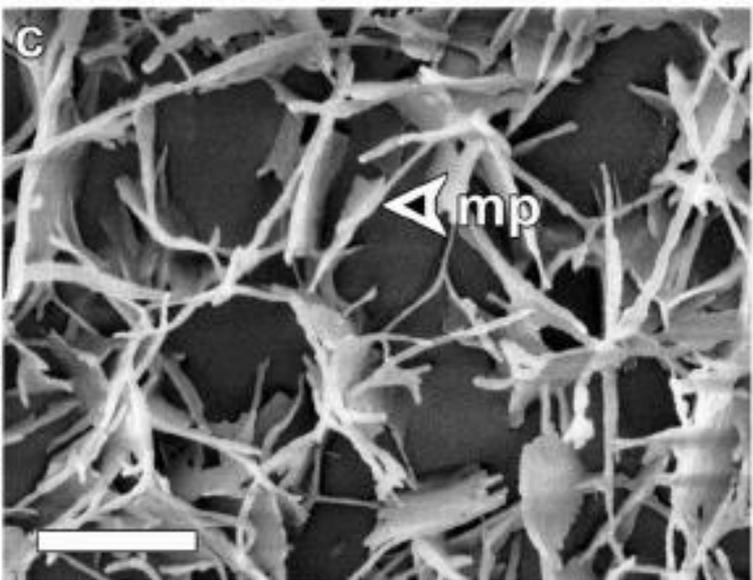
A. thaliana



T. aestivum



L. angustifolius





Vantaggi (evolutivi) conferiti dalla presenza di cuticola:

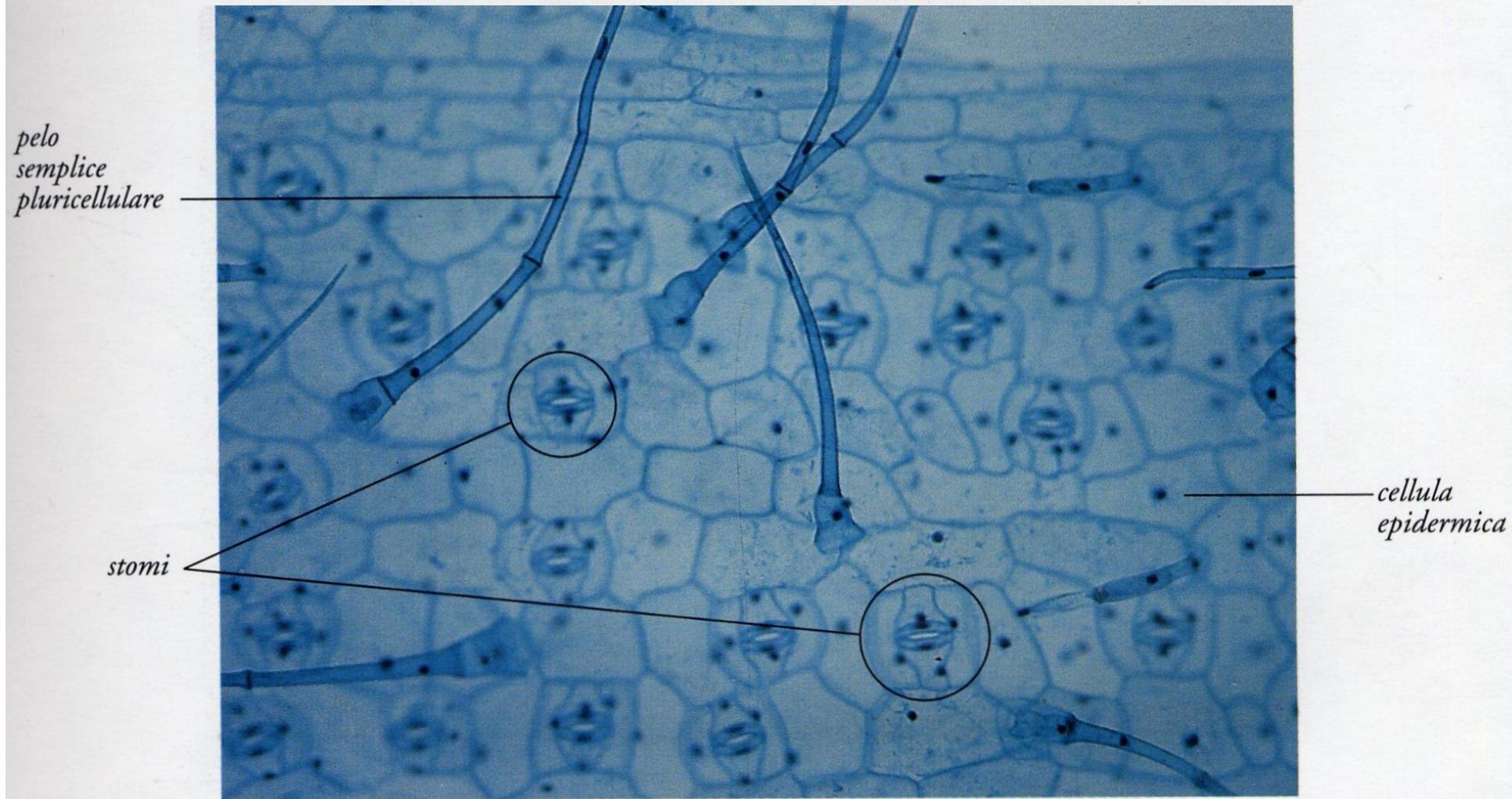
- riduce drasticamente la perdita di acqua dall'organo
- la traspirazione cuticolare delle sottili foglie delle specie di ambienti umidi (con cuticola sottile) non raggiunge neppure il **10%** della velocità di evaporazione di una uguale superficie libera d'acqua.
- Nelle foglie di conifere e sclerofille mediterranee (es. leccio = *Quercus ilex*) la traspirazione ammonta solo allo **0,5%**.
- Nelle piante grasse (es. in alcune *Cactaceae*) la cuticola ha spessori ragguardevoli, la traspirazione ammonta appena allo **0,05%**.
- “must” per le piante omoioide terrestri
- cuticola \leftrightarrow conquista evolutiva fondamentale per assicurare la sopravvivenza della pianta negli ambienti delle terre emerse.

Strutture cellulari presenti sulle epidermidi, con forme e F(x) diverse:

- **pelì** (detti anche TRICOMI)
- **ghiandole**
- **stomi**

Derivano da singole cellule (**MERISTEMOIDI**) epidermiche che si differenziano per funzione= **idioblasti**.





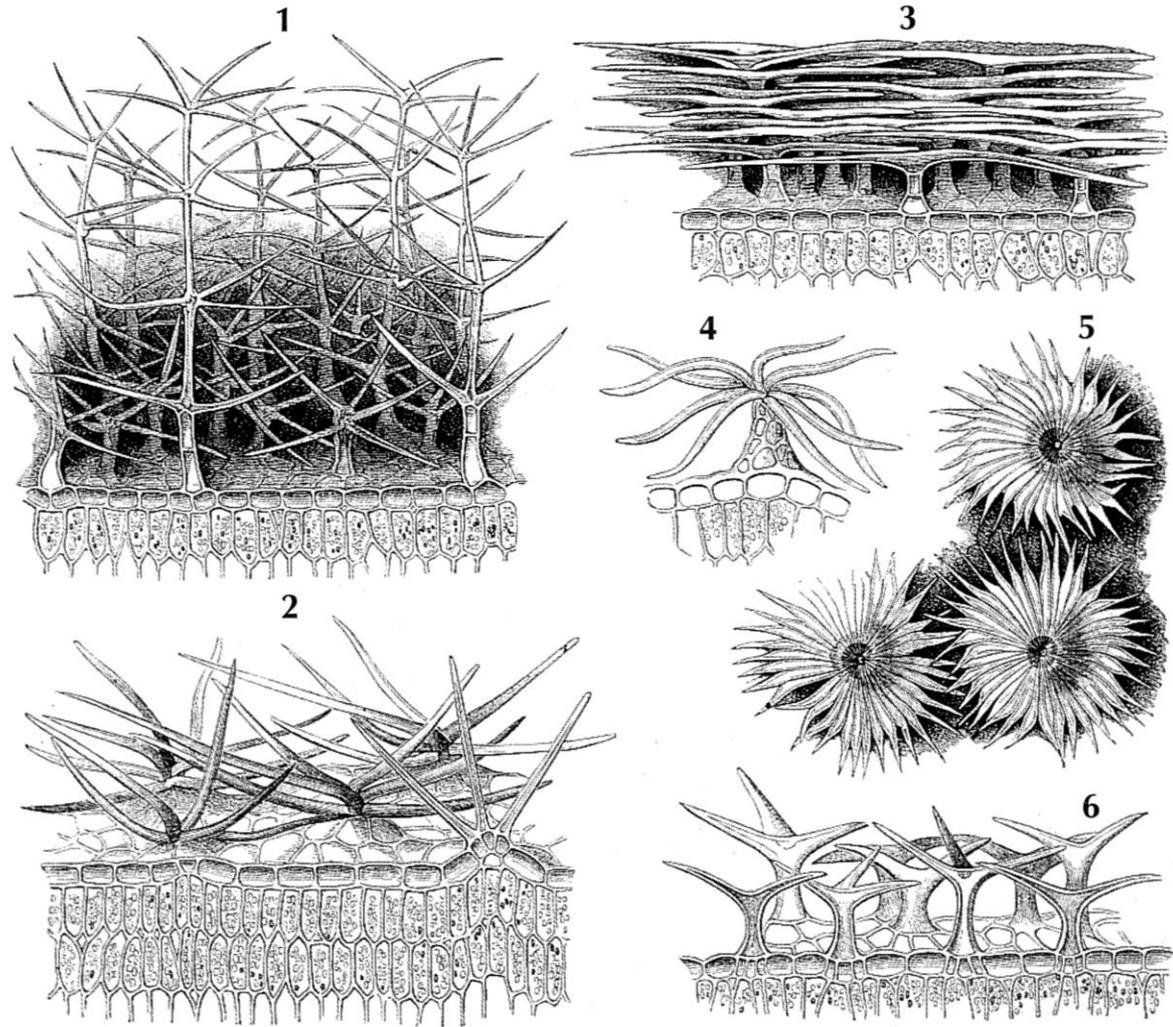
Peli e stomi nell'epidermide di tradescanzia (*Tradescantia* L., fam. Commelinaceae).

Osservazione di fronte. x 100 (90)

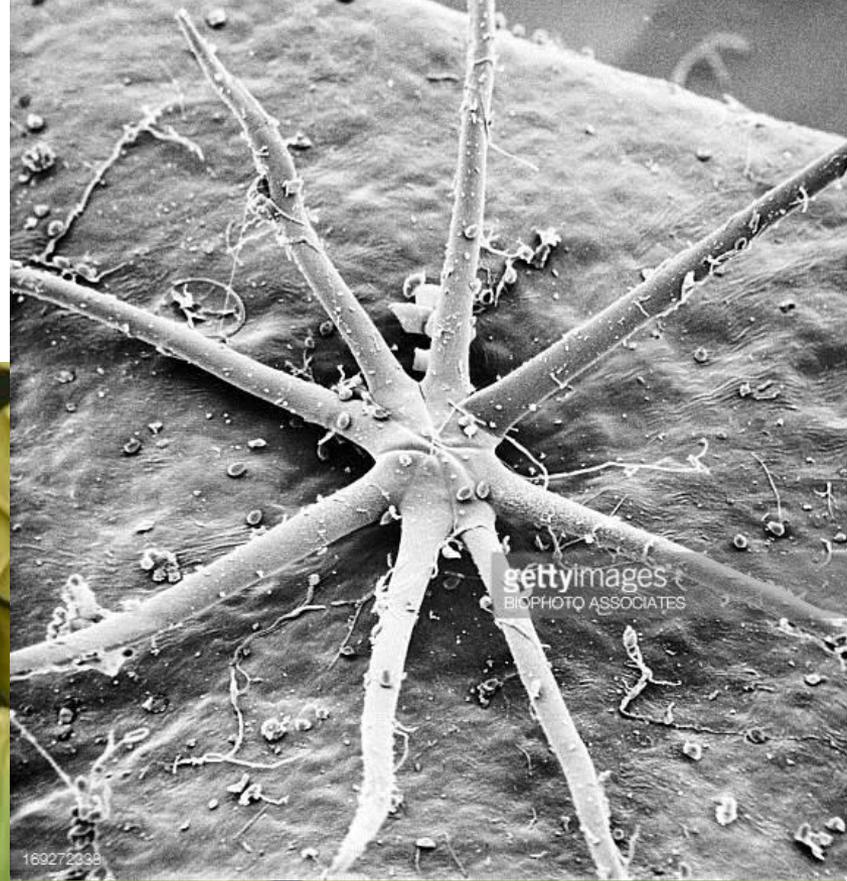
I peli semplici, se pluricellulari, sono composti da cellule allineate in un'unica fila.

TRICOMI (o peli)

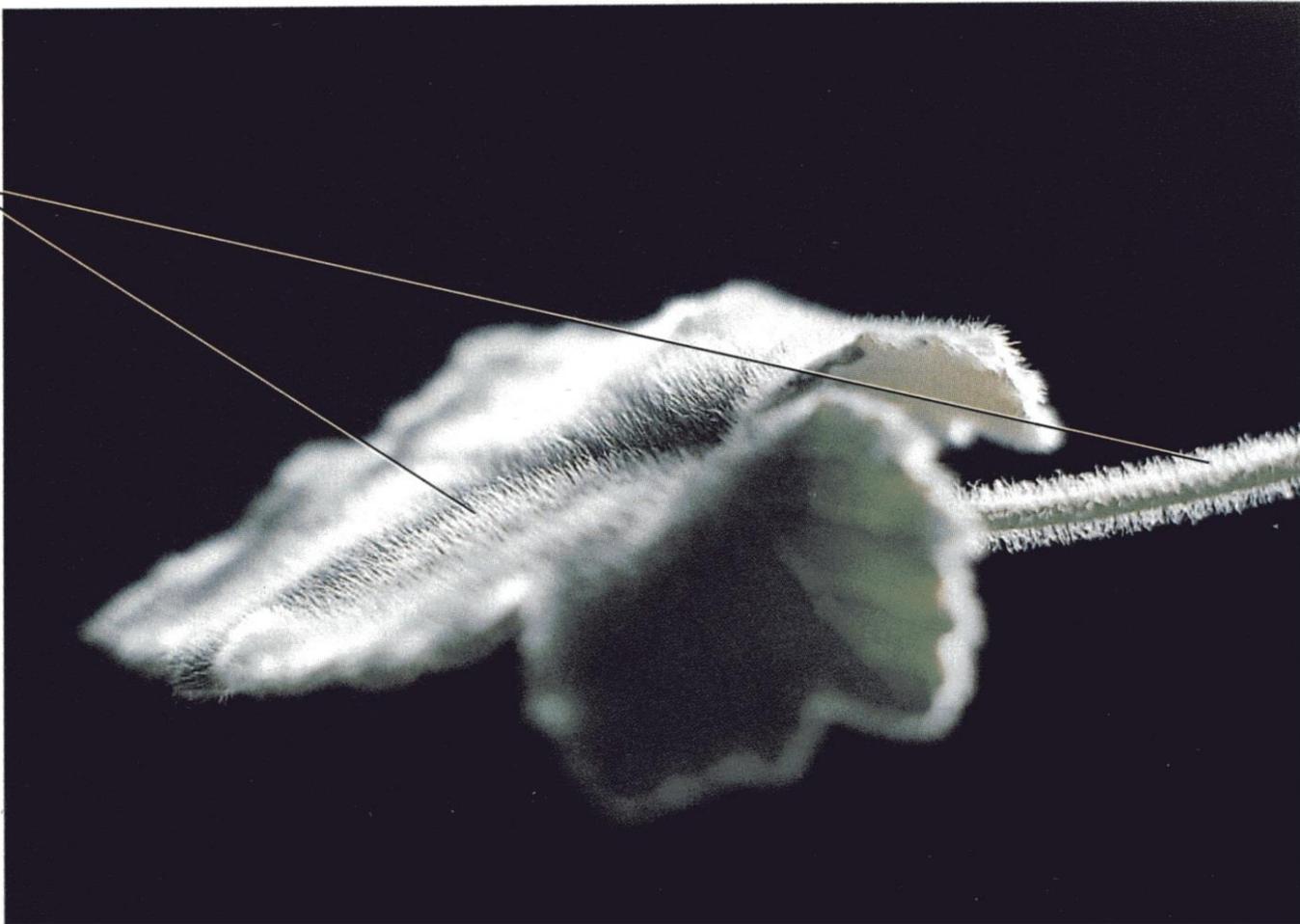
- unicellulari vs. pluricellulari
- semplici vs. ramificati
- morti vs. vivi



Peli di 1) verbasco (*Verbascum densiflorum* Bertol.), **2) potentilla** (*Potentilla cinerea* Chaix), **3) artemisia** (*Artemisia umbelliformis* Lam), **4) correa** (*Correa speciosa* Ait.), **5) oliagnone** (*Elaeagnus angustifolia* L.), **6) aubrezia** (*Aubrietia deltoidea* DC).



peli protettivi



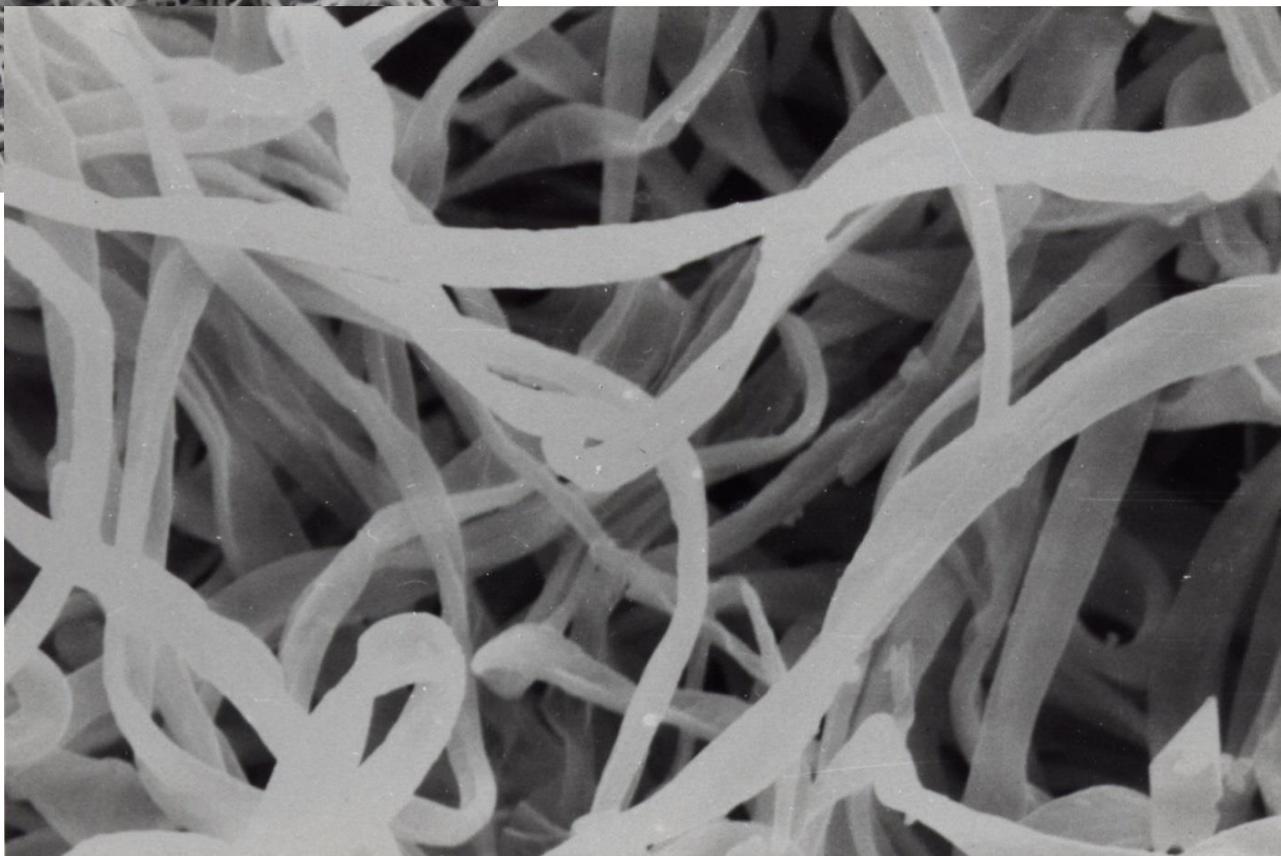
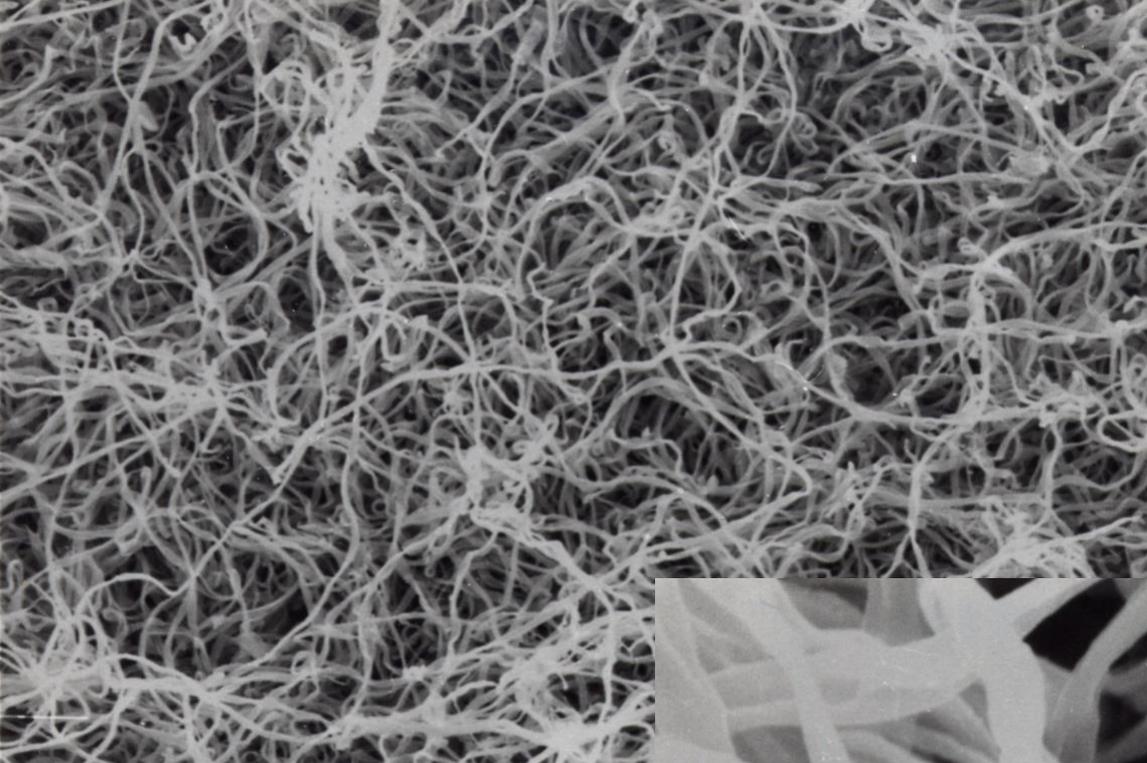
Peli formati da cellule morte, piene d'aria → riflessione della radiazioni solari, trattenuta di uno stato d'aria saturo di umidità

unico
intri-
nte di



*peli
ad alberello*

Peli della foglia di tasso barbasso (*Verbascum thapsus* L., fam. Scrophulariaceae).
× 25 (25); × 100 (120)



Peli specializzati: strutture fiorali per essere esplorate da visitatori “utili” (per es. insetti pronubi), facilitare l’atterraggio, impedire l’accesso a certe parti della struttura florale o per indirizzarli in una certa direzione invece che verso un’altra.

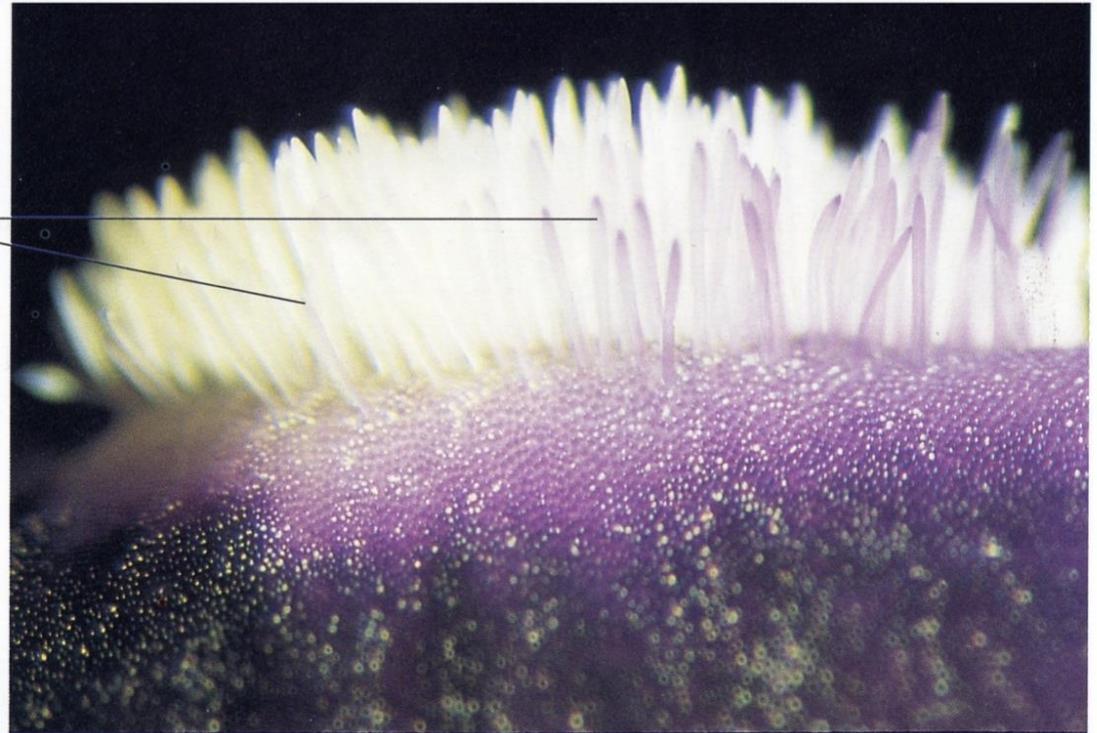
Peli nel petalo di viola del pensiero (*Viola x hortensis* Wittroch, fam. Violaceae).

x 32 (30); x 50 (57)

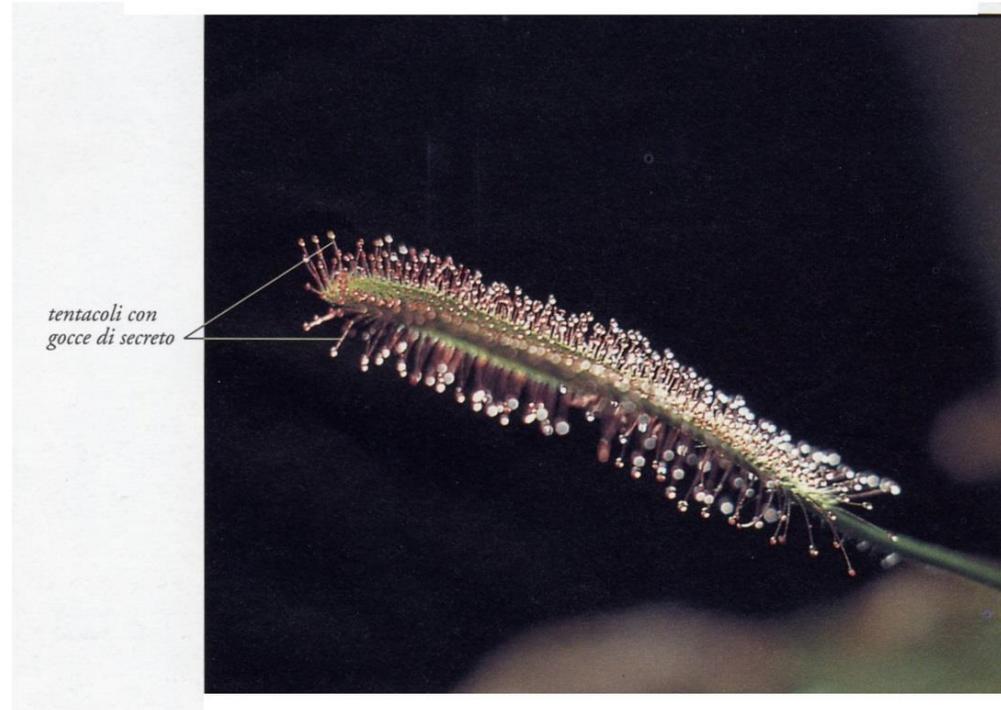
Un fitto cuscino di peli, alla base del petalo, funge da organo di ancoraggio per le api nel caso delle viole nettarifere.

Altri peli specializzati, particolarmente carnosì e ricchi in sostanze lipidiche possono essere offerti come premio al visitatore, che si nutre, dopo essersi sporcato di polline.

peli



Peli ghiandolari specializzati: e.g. in piante carnivore (*Drosera* spp.)



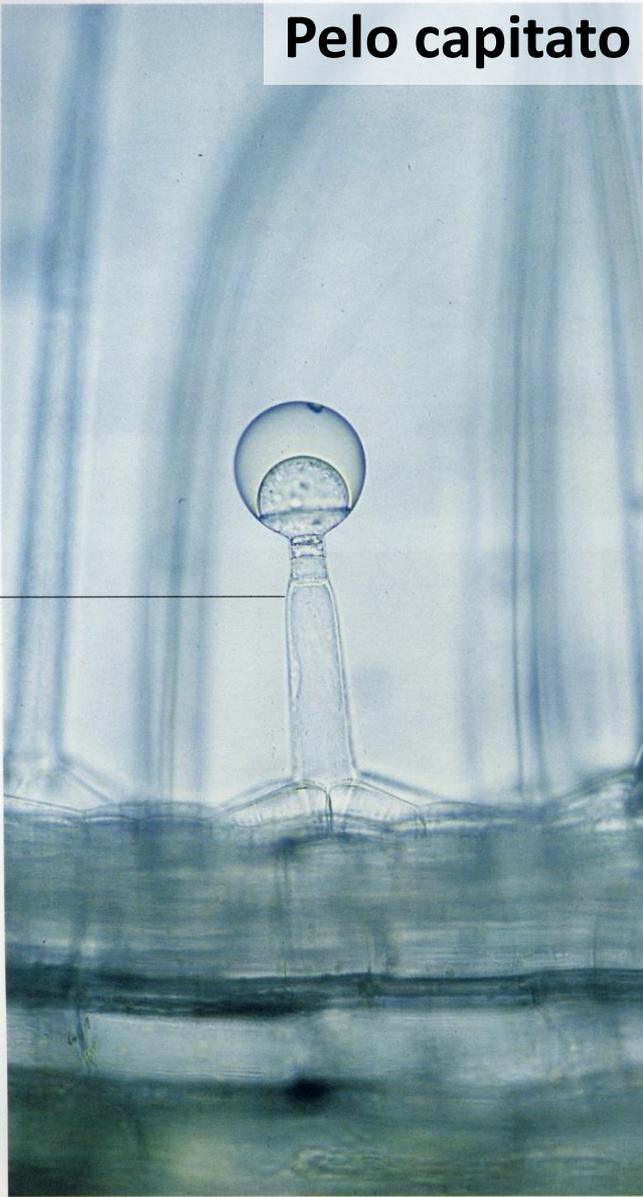
tentacoli con
gocce di secreto

Tentacoli delle foglie di drosera (*Drosera capensis* L., fam. Droseraceae).

I tentacoli delle foglie di questa pianta carnivora rappresentano, come gli aculei delle rose, un esempio di *emergenze*, cioè di prodotti dell'attività meristemica dell'epidermide in collaborazione con l'attività di altri tessuti. Nell'immagine è evidente il secreto vischioso, ricco di enzimi proteolitici, prodotto dalle cellule ghiandolari poste alla sommità dei tentacoli.

Pelo capitato (*Geranium* spp.)

pelo capitato



Pelo ghiandolare della foglia di geranio (*Pelargonium* L'Hér., fam. Geraniaceae).
x 200 (300)

Peli di questo tipo, costituiti da una o più cellule secretrici sorrette, come la capocchia di un fiammifero, da una porzione assile (un peduncolo pluricellulare), sono definiti *capitati*. Ai lati, sfocati, vi sono peli di protezione.



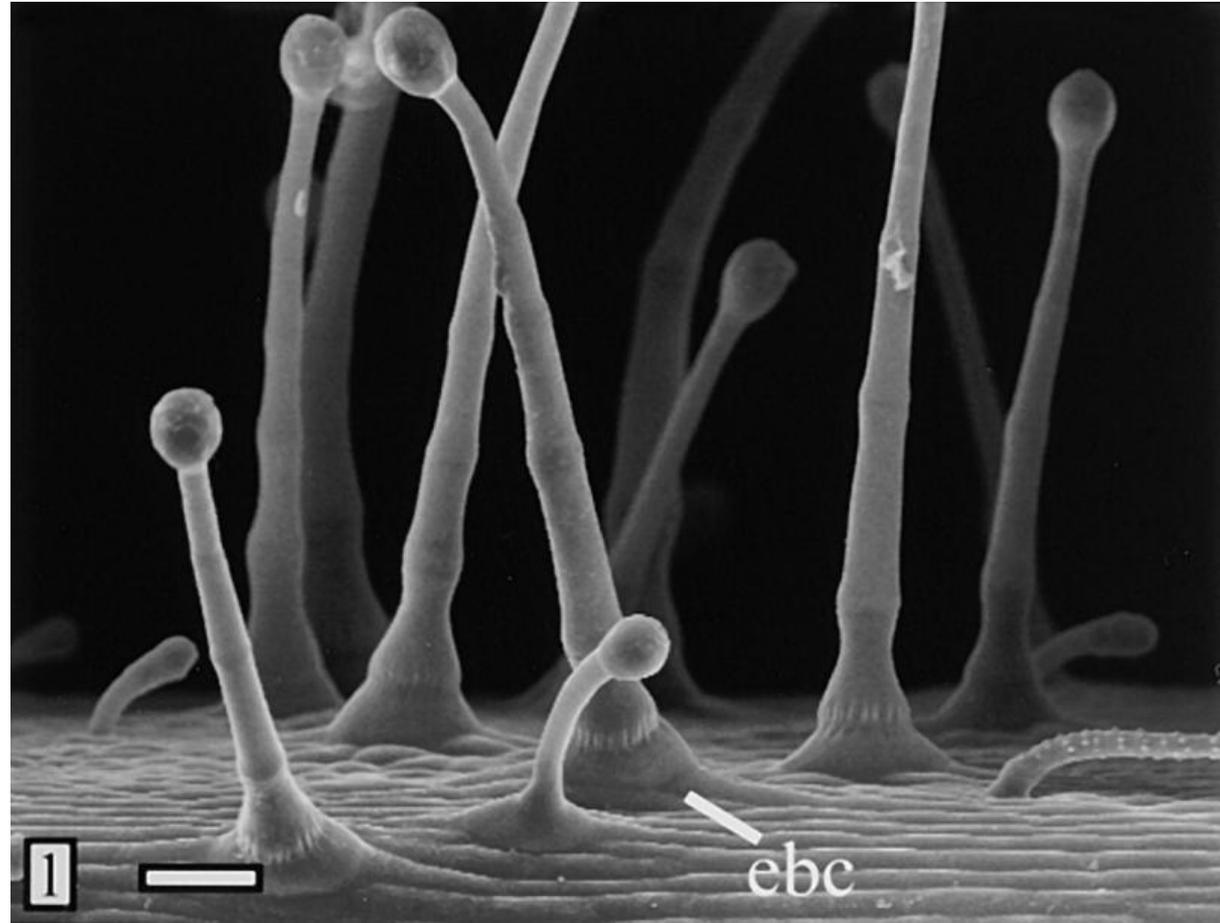


Peli (tricomi) ghiandolari

Sono presenti sulla superficie di foglie, fusti e fiori, coperti da epidermide.

Producono sostanze importanti per l'interazione con gli animali erbivori e pronubi.

Nei **peli capitati** le cellule secernenti formano una testa, anche multicellulare, e diffondono il secreto nell'ambiente.



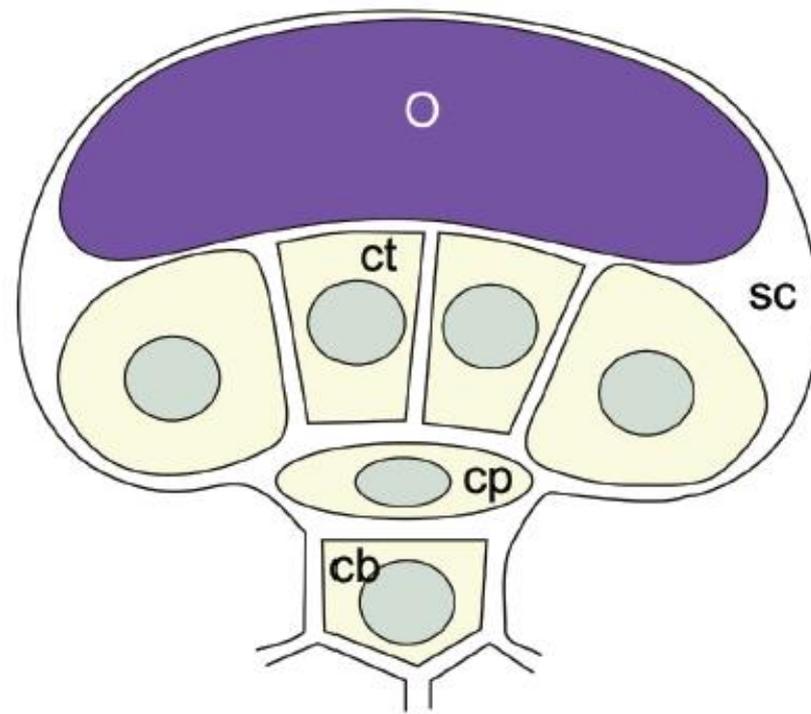
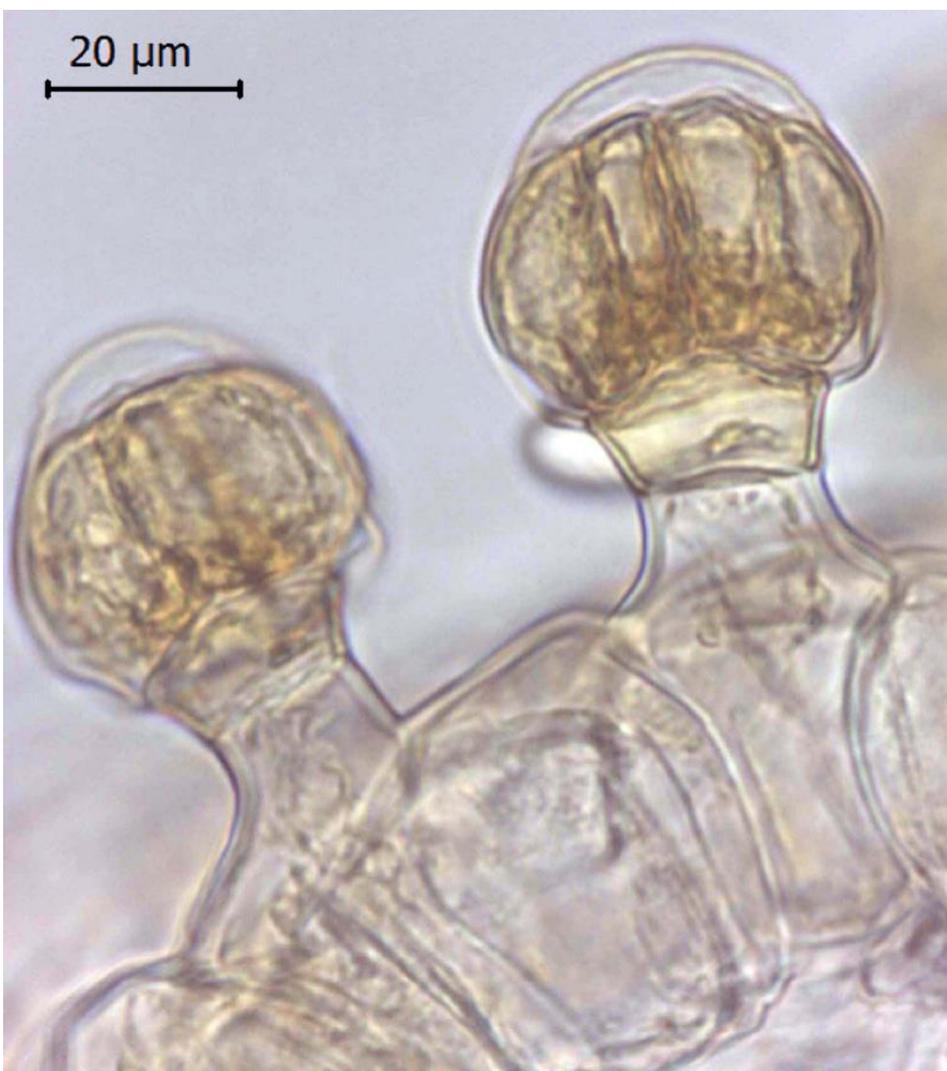


Figure 8.31
Tricomi ghiandolari nelle Lamiaceae. O: goccia d'olio, sc: cavità subcuticolare, ct: cellule della testa (sito di biosintesi dei terpeni), cp: cellula peduncolare, cb: cellula basale (disegno di A. Valletta).



- Tricomi bulbosi
- Tricomi capitati sessili
- Tricomi capitati pedunculati (CBD, terapeutico)

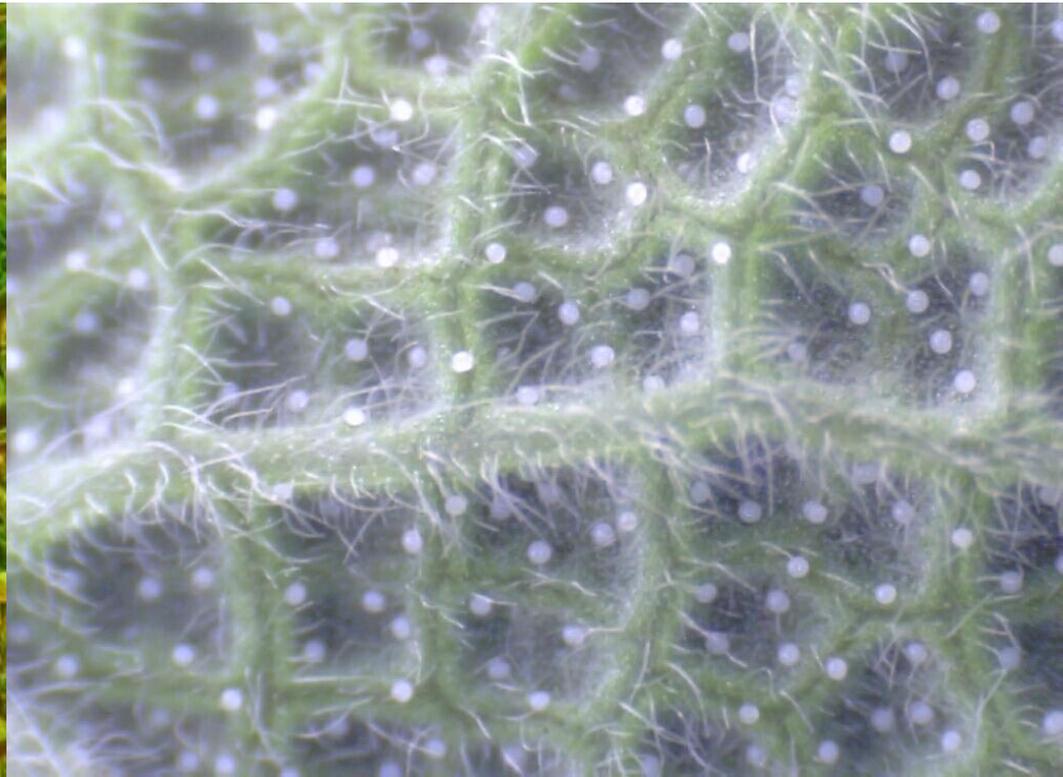
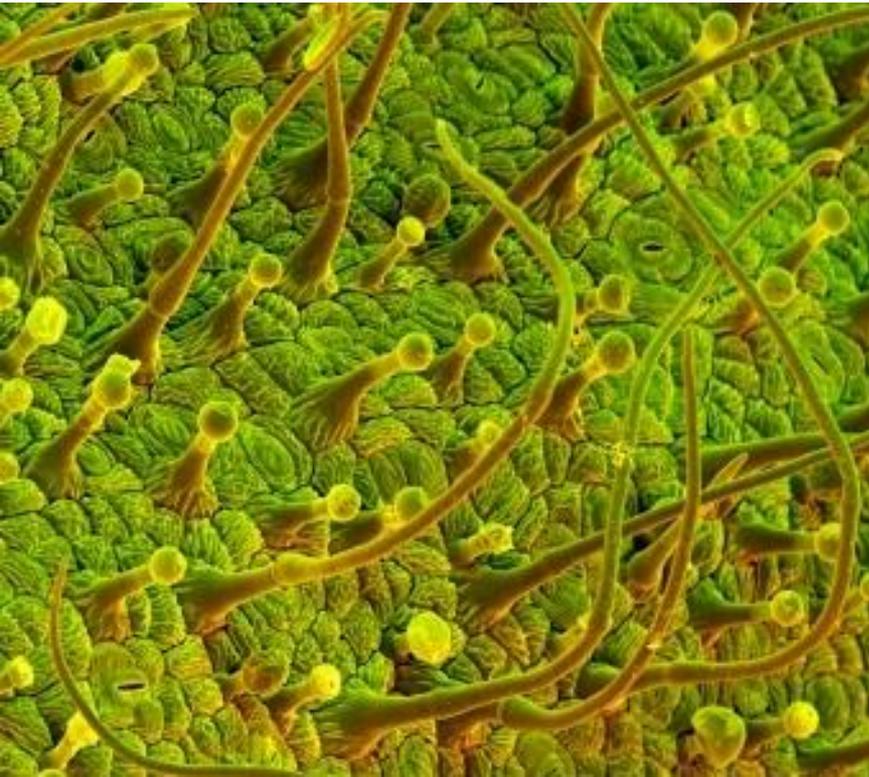
Cannabis sativa

- Tricomi = piccole fabbriche per la produzione di cannabinoidi e terpeni, CBD (cannabidiol) vs. THC (tetrahydrocannabinol).
- Luce, UV (→ trasparenti... color latte... ambrati)
- hashish



Peli peltati: una testa globulare è formata da una o più cellule secernitrici, le cui pareti si differenziano in uno strato cuticolare, uno strato pectico e uno cellulosico (il più interno).

Il materiale secreto viene riversato in uno spazio che si crea per allontanamento dello strato pectico da quello, più esterno, cuticolare; es. *Salvia*, *Thymus*, *Origanum*.



Pelo urticante di *Urtica dioica*

Serotonina, istamina,
acetilcolina, acido acetico,
acido butirrico, acido
forminco, leucotreni,



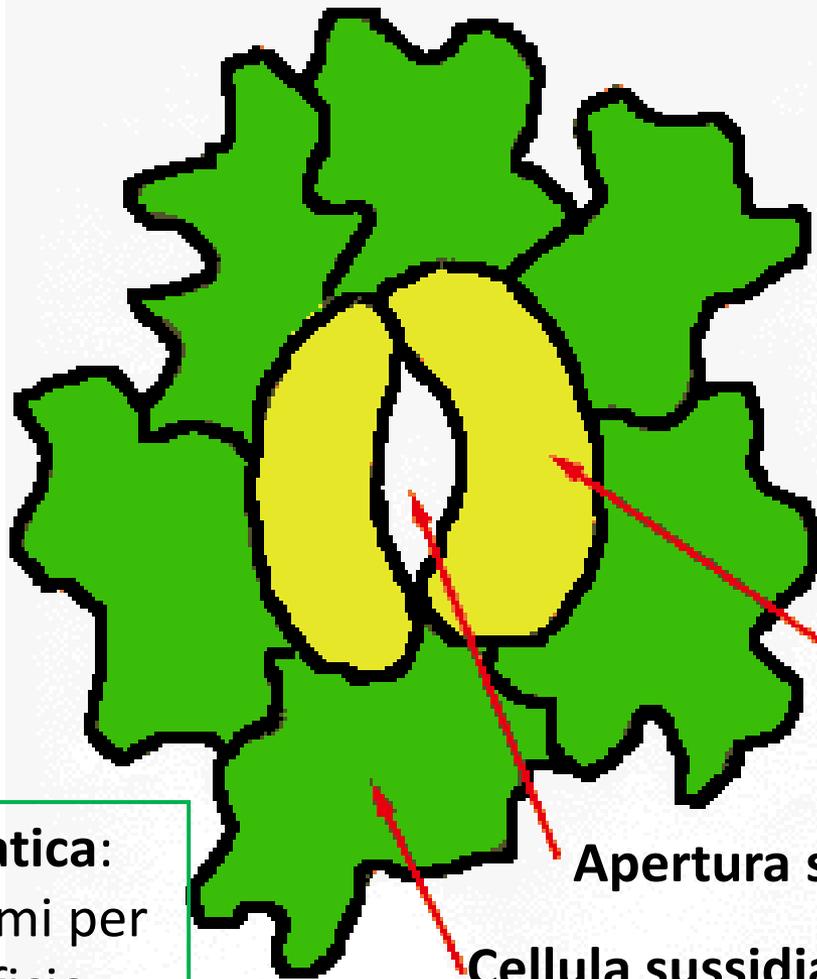
F(x) dell'epidermide:

1. limita la perdita dell'acqua degli organi aerei della pianta → formazione della CUTICOLA = strato impermeabilizzante di cutina e cere cuticolari che riveste la faccia tangenziale esterna delle cellule epidermiche
2. **permette lo scambio dei gas, soprattutto della CO₂, fondamentale per lo svolgimento della fotosintesi, tra esterno e tessuti interni (0, stomi tutti chiusi; X, somma di tutte le aperture stomatiche aperte)**
3. funge da tessuto assorbente nelle piante epifite.

STOMI, aperture regolabili



STOMA



Cellula di guardia:
delimitano l'apertura
della rima, contengono
cloroplasti ricchi di
amido, vacuolo
sviluppato e pareti
irregolarmente
inspessite

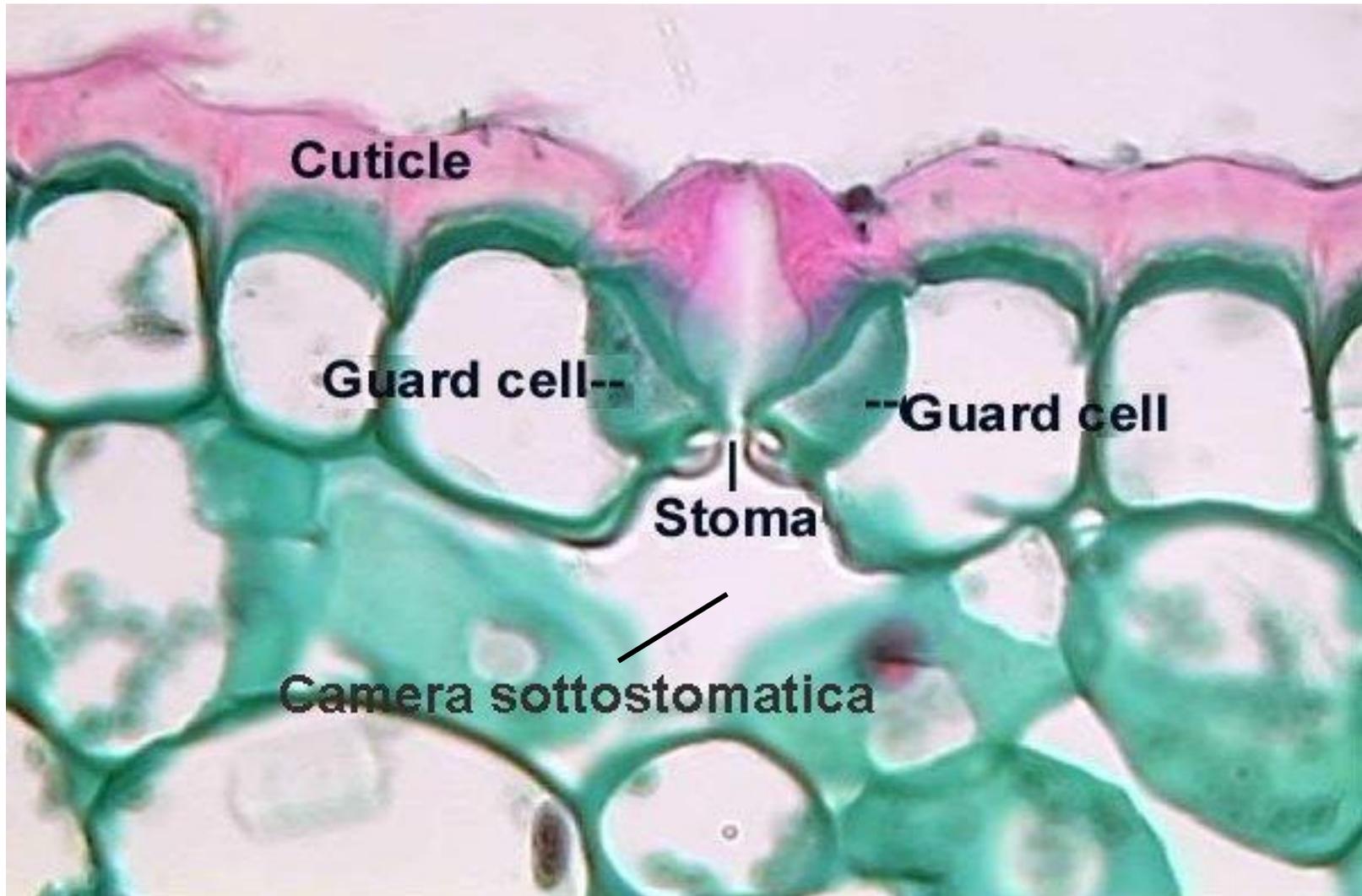
Densità stomatica:
numero di stomi per
unità di superficie.

Apertura stomatica o rima

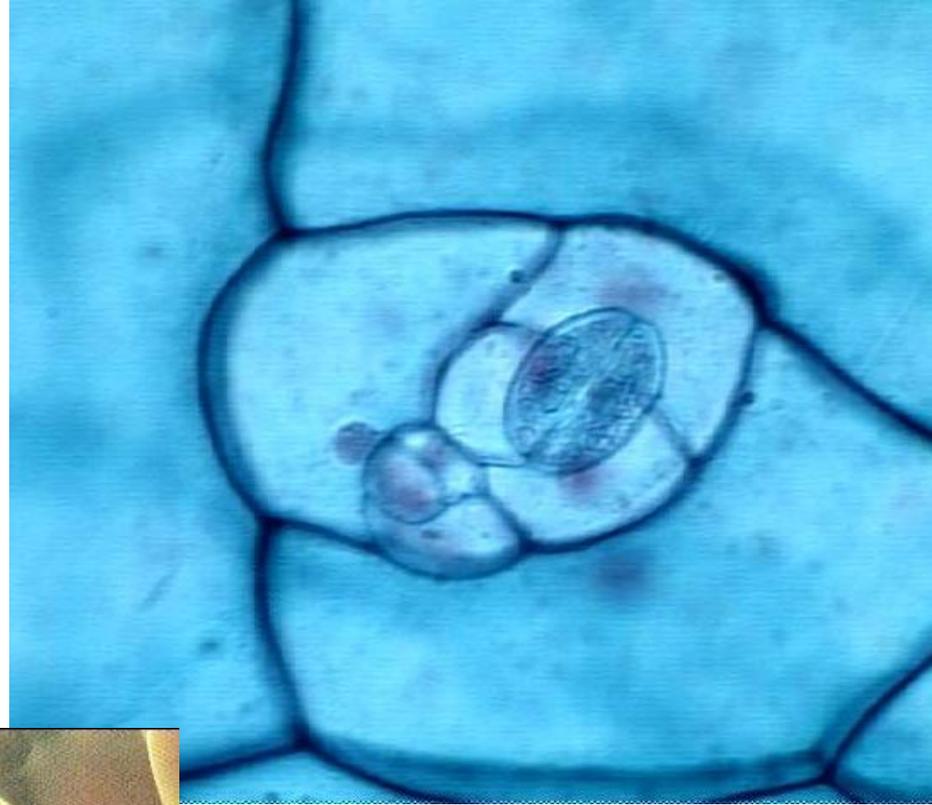
Cellula sussidiaria: cellule circostanti
coinvolte nel processo di apertura

OBIETTIVI: garantire la traspirazione fogliare → flusso di acqua in risalita lungo il sistema vascolare di trasporto → approvvigionamento di ioni assorbiti dal sistema radicale.

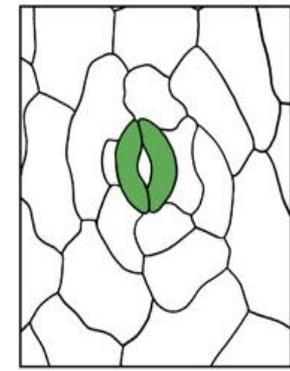
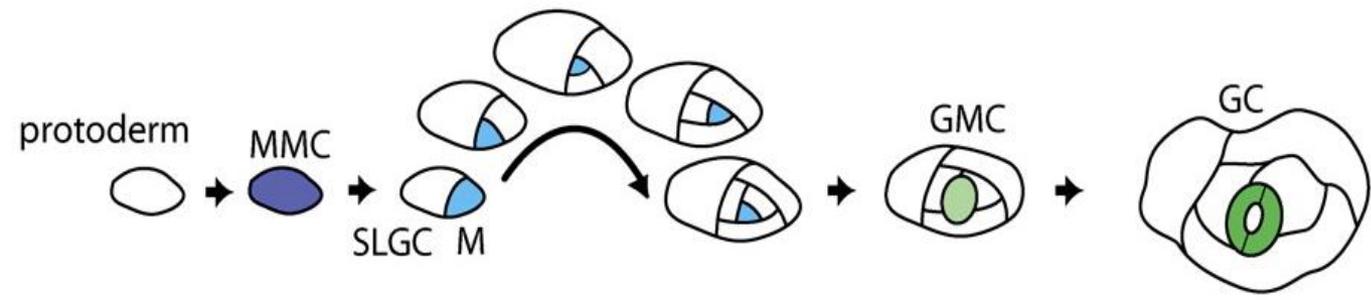
Camera sottostomatica: spazio sotto lo stoma in comunicazione con gli spazi intercellulari dei tessuti fotosintetici.



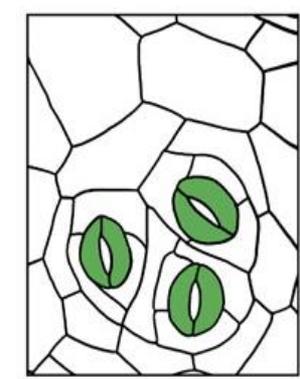
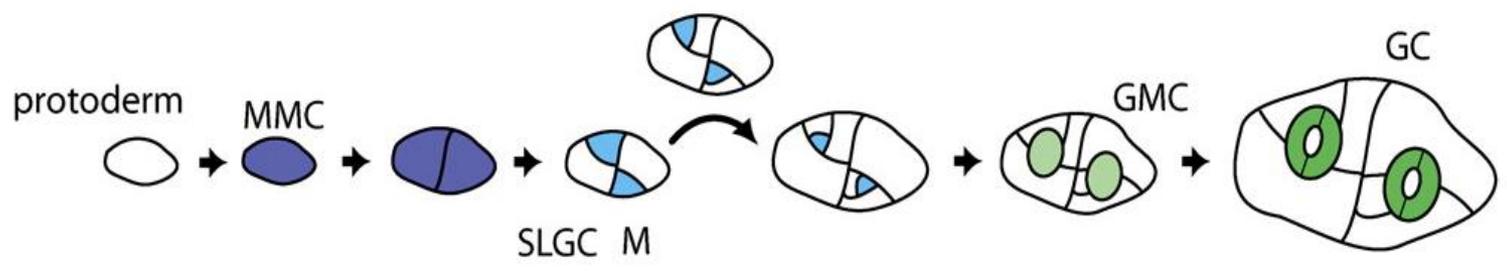
Come tricomi e ghiandole, gli stomi derivano da singole cellule dell'epidermide che mantengono più a lungo la capacità di dividersi, ma che daranno tutte origine poi a delle cellule adulte (sono cioè dei **MERISTEMOIDI**).



Poiché le strutture generate si differenziano nettamente per forma e funzione dalle cellule del tessuto circostante, vengono definite **IDIOBLASTI**.



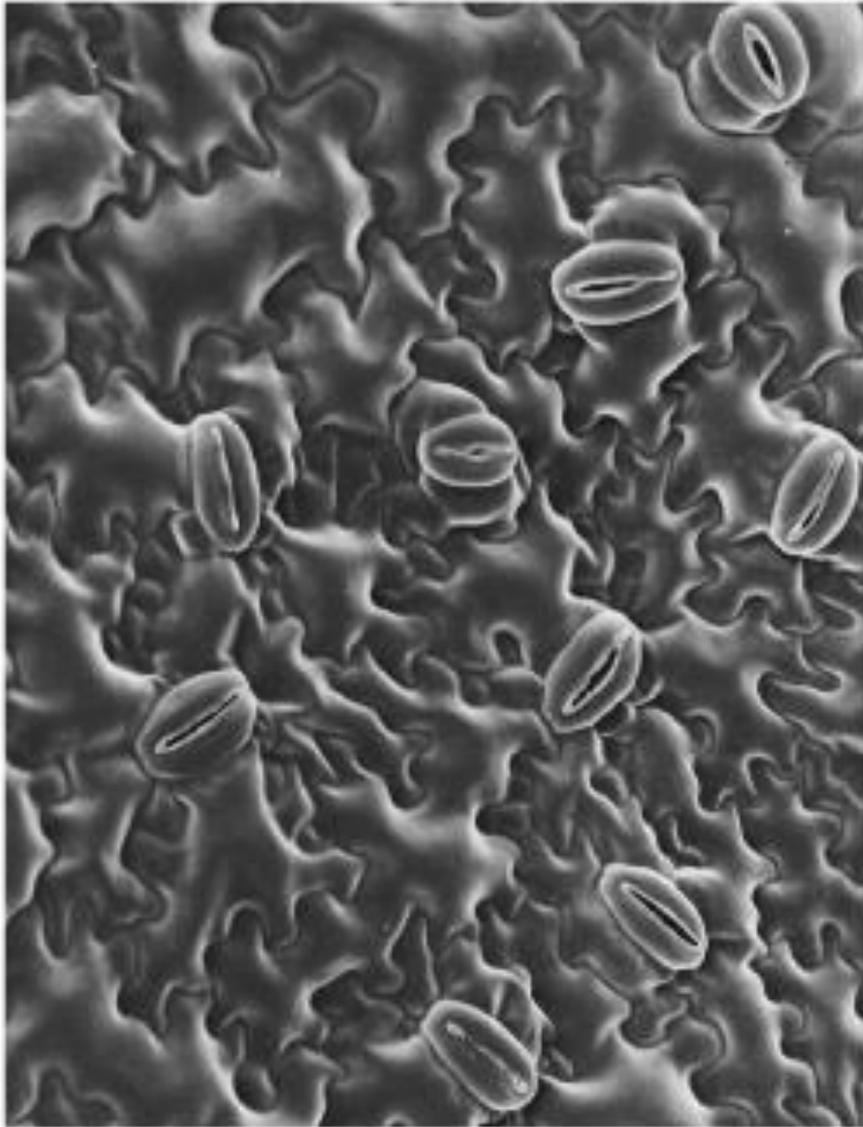
Houttuynia



Begonia



Dicotyledoni



(a)

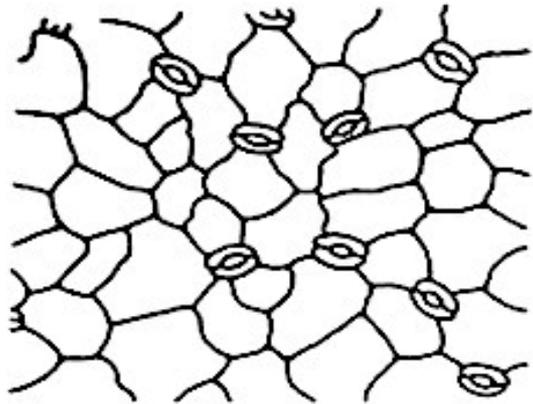
50 μm

Monocotyledoni



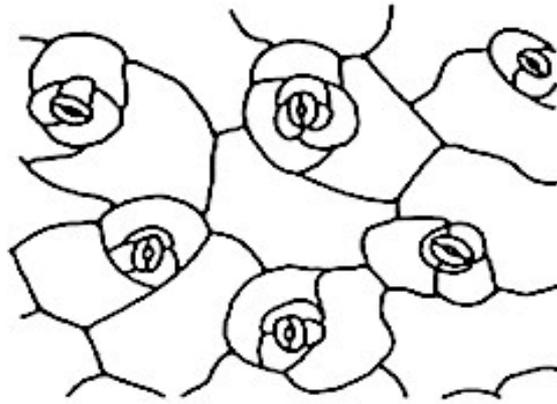
(b)

25 μm



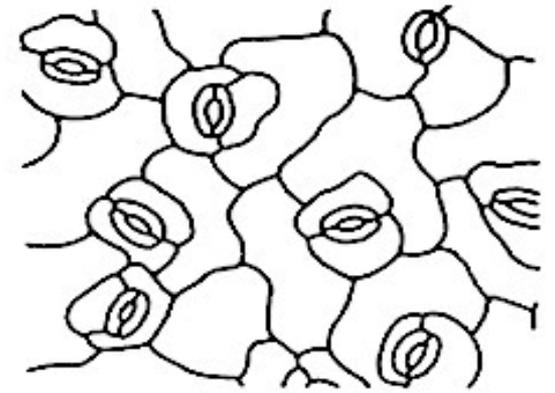
Citrullus – anomocytic

A



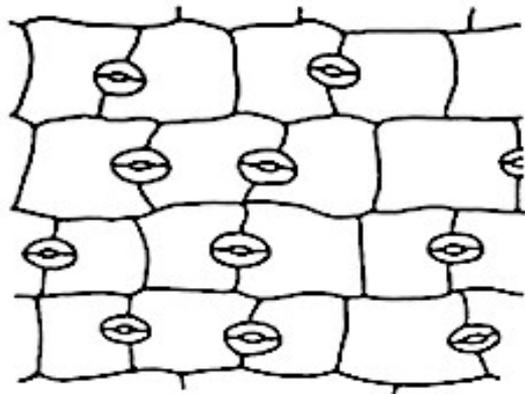
Sedum – anisocytic

B



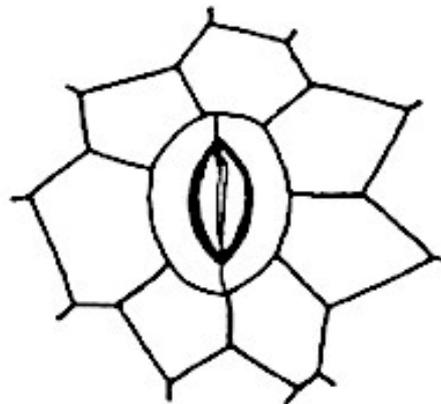
Vigna – paracytic

C



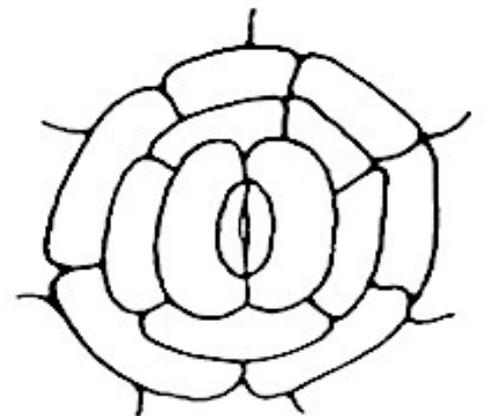
Dianthus – diacytic

D



Lannea – actinocytic

E



Schinopsis – cyclocytic

F

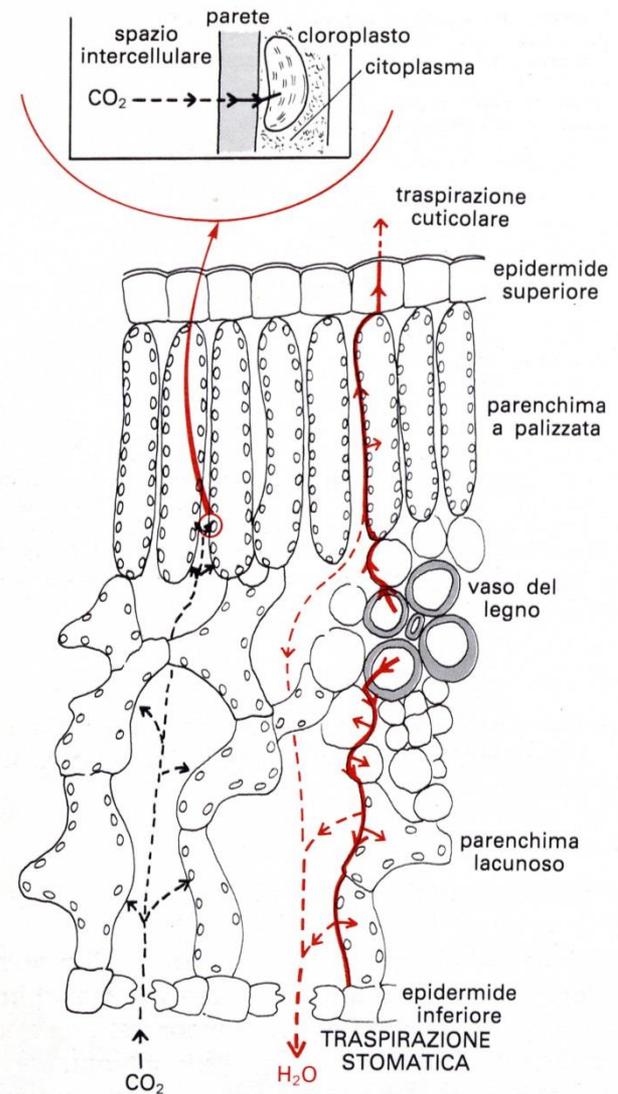
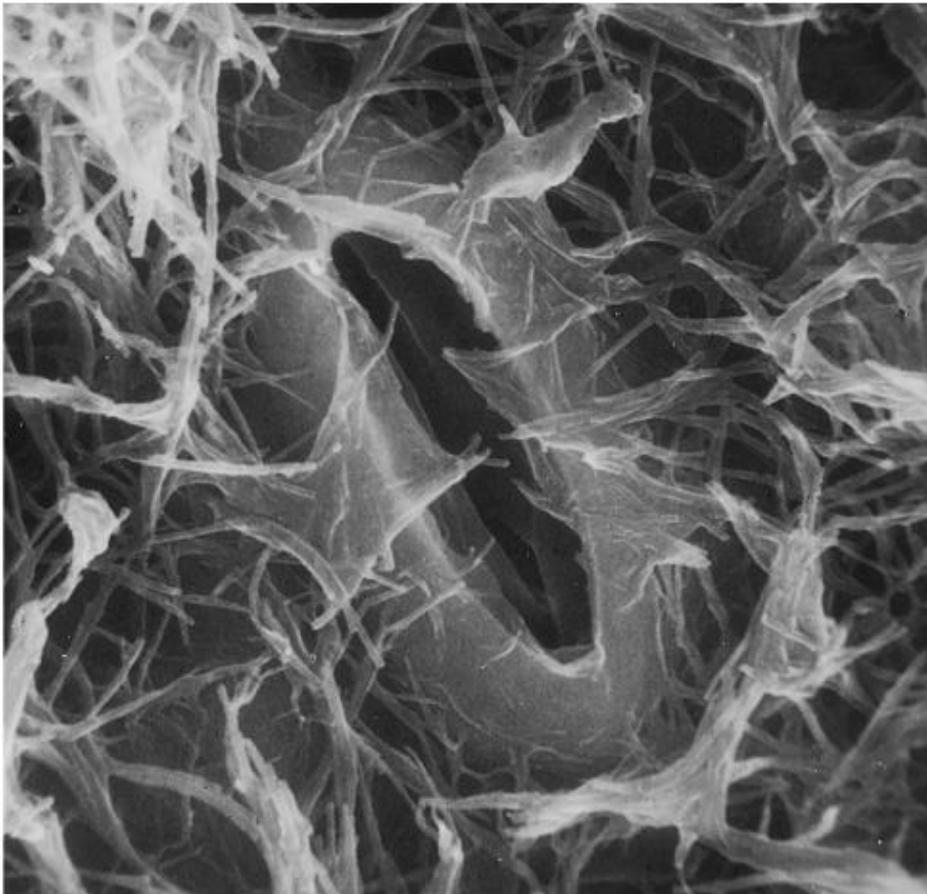
Perché la pianta deve regolare in qualche modo gli scambi gassosi?

- Non sempre le è possibile far fronte alla notevole perdita d'acqua ← determinata dal forte gradiente tra il suo corpo (ricco d'acqua) e l'atmosfera, che registra valori di potenziale idrico talvolta molto bassi, e in genere lontano dalla saturazione ($RH = 100\%$).
- Risparmiare acqua, avendo comunque a disposizione la CO_2 necessaria per il processo fotosintetico → necessità → competitività nei confronti di altre piante → sopravvivenza!

La pianta scambia con l'ambiente circostante:

- CO_2
- O_2
- H_2O , sotto forma di vapor acqueo; l'acqua liquida comunque non entra, né esce dagli stomi.

Gli scambi gassosi avvengono sempre e soltanto in base al fenomeno della diffusione, **secondo gradienti di concentrazione**, attraverso le aperture stomatiche (ampiezza variabile).



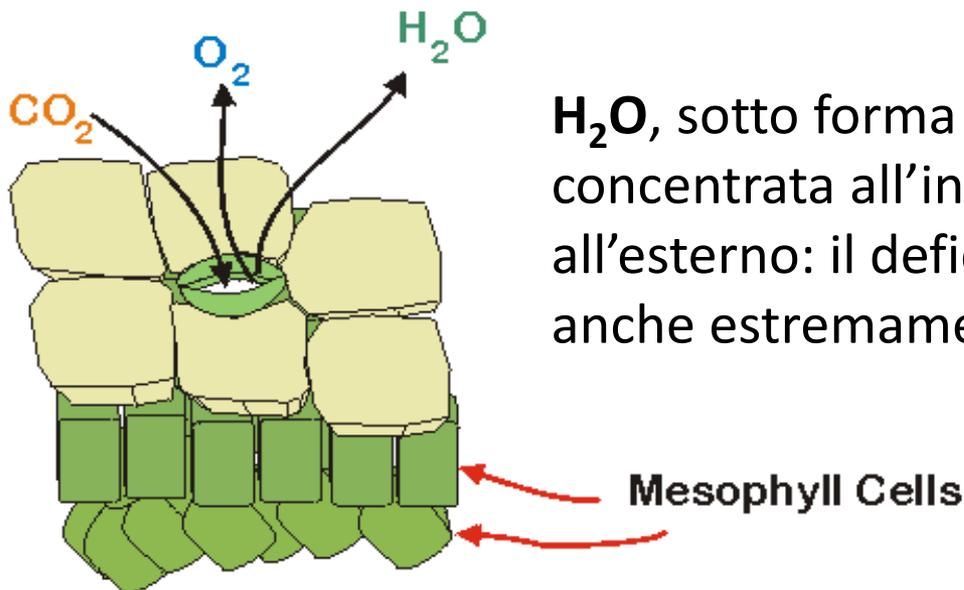
Il cammino dell'acqua (in rosso) e della CO_2 (in nero) in una foglia di dicotiledone. Le frecce intere indicano il cammino in fase acquosa, quelle tratteggiate il cammino in fase gassosa. La freccia rossa in alto a sinistra indica un particolare di una cellula per far vedere più in dettaglio il cammino dell'anidride carbonica dallo spazio intercellulare al cloroplasto.

**0,04% in
atmosfera**

CO₂: è più concentrata all'interno della struttura rispetto all'atmosfera di notte (perché i tessuti respirano → liberando CO₂) mentre di giorno è molto meno concentrata (i tessuti fotosintetizzano → consumando CO₂).

**21% in
atmosfera**

O₂: è meno concentrato all'interno della struttura rispetto all'atmosfera di notte (i tessuti respirano → consumando O₂) piuttosto che di giorno (i tessuti fotosintetizzano → liberando O₂).

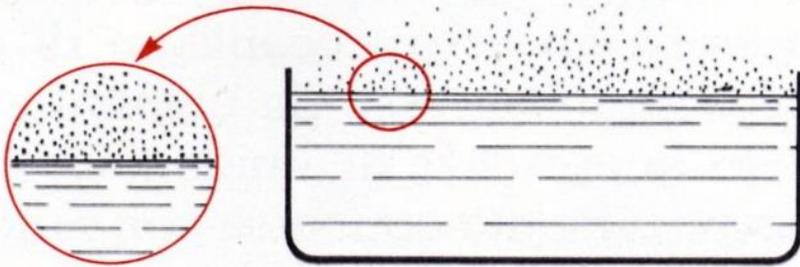


H₂O, sotto forma di vapor acqueo: è quasi sempre più concentrata all'interno della struttura che non all'esterno: il deficit di saturazione dell'aria può essere anche estremamente elevato.

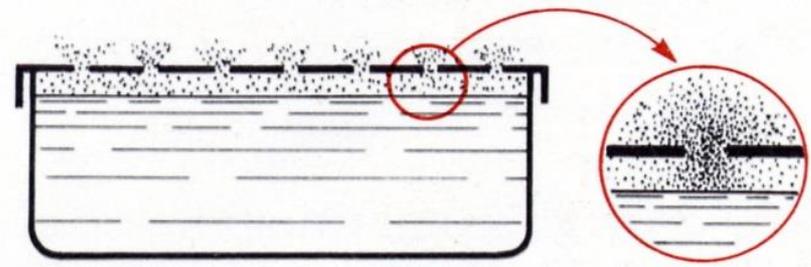
Il paradosso dei pori

- Superficie del liquido = 400 mm^2
- superficie evaporante = 400 mm^2
- acqua evaporata = $2,46 \text{ g}$
- acqua evaporata per mm^2 di superficie evaporante = $6,1 \text{ mg}$.

- Superficie del liquido = 400 mm^2
- superficie evaporante (superficie totale delle perforazioni) = $18,2 \text{ mm}^2$
- acqua evaporata = $0,92 \text{ g}$
- acqua evaporata per mm^2 di superficie evaporante = $50,6 \text{ mg}$.



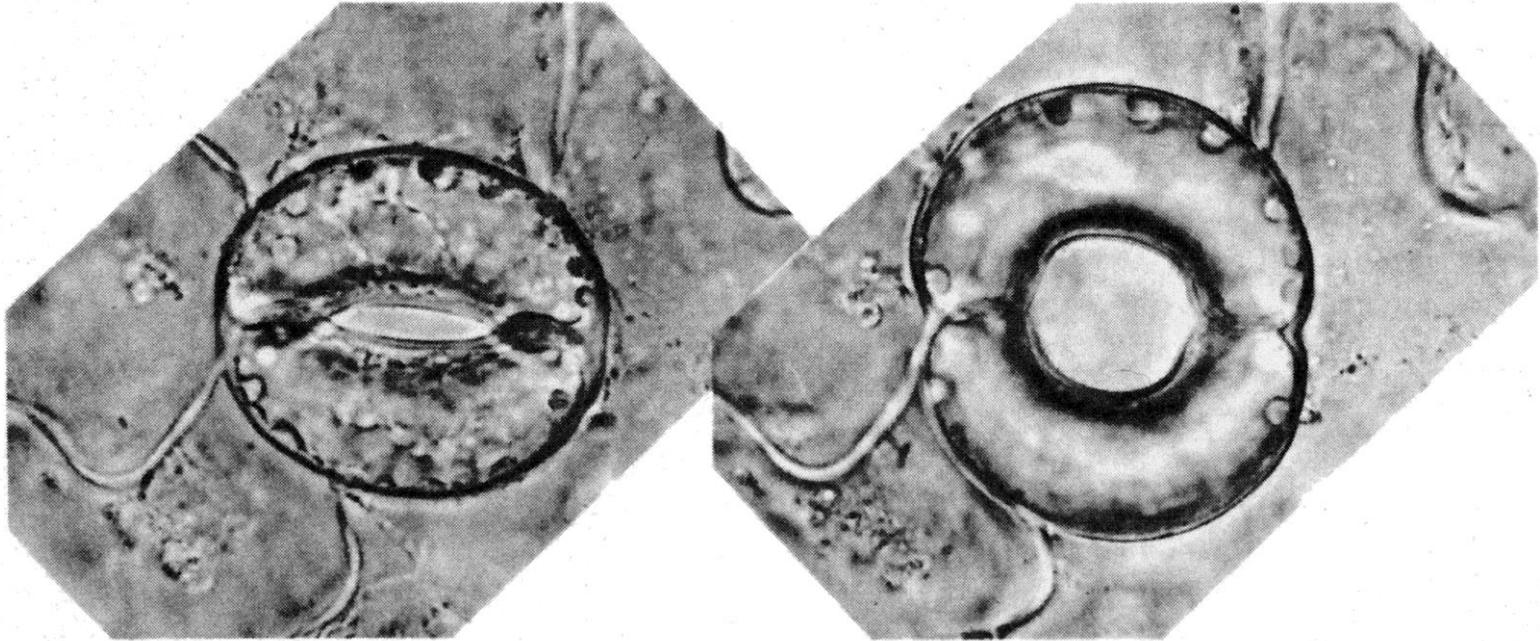
**Bacinella piena d'acqua.
La superficie del liquido è scoperta.**



**Bacinella piena d'acqua
coperta da un foglio di
stagnola con perforazioni.**

Fig. 12.5 • Il paradosso dei pori. Una superficie d'acqua coperta da uno strato di stagnola con perforazioni evapora proporzionalmente di più della stessa superficie libera. L'evaporazione totale è minore rispetto alla superficie libera, ma diventa assai maggiore se calcolata per unità di superficie traspirante. Questo paradosso si applica anche alle piante. Una foglia a stomi aperti traspira una quantità d'acqua pari al 50% di quella che si avrebbe se l'epidermide non esistesse nonostante che le aperture stomatiche occupino solo l'1% della sua superficie. Questo fenomeno è dovuto alla diversa direzione della diffusione delle molecole d'acqua in fase gassosa. Se la superficie del liquido è libera le molecole d'acqua tendono a diffondere perpendicolarmente alla superficie, in file parallele, mentre uscendo da un poro tendono a espandersi a ventaglio. In quest'ultimo caso il gradiente di concentrazione tra superficie evaporante e aria esterna è più ripido e quindi l'evaporazione è accelerata. (Dati da Salisbury & Ross, «Plant Physiology», 1ª edizione, 1969).

Meccanismo di apertura/chiusura della rima \leftrightarrow 1) variazioni del turgore cellulare, 2) particolare disposizione degli ispessimenti di parete, 3) contatti con le cellule più vicine.



Stoma di Vicia faba, a sinistra quasi chiuso dopo immersione dell'epidermide in soluzione di saccarosio 200 mM, a destra aperto al massimo dopo immersione in acqua distillata. In materiale intatto, l'acqua viene sottratta dalle cellule di guardia alle cellule sussidiarie contigue.

Stomi del tipo *Mnium*

(dal nome di un muschio sulle cui capsule sono particolarmente frequenti), **le cellule di guardia sono reniformi**, e gli **ispessimenti**, piuttosto limitati, sono **presenti solo sulla parete esterna alla rima** (dorsale). Questo tipo di stoma è presente anche nelle felci, che hanno in genere stomi di cospicue dimensioni.

cellula di guardia

rima stomatica

cellula di guardia

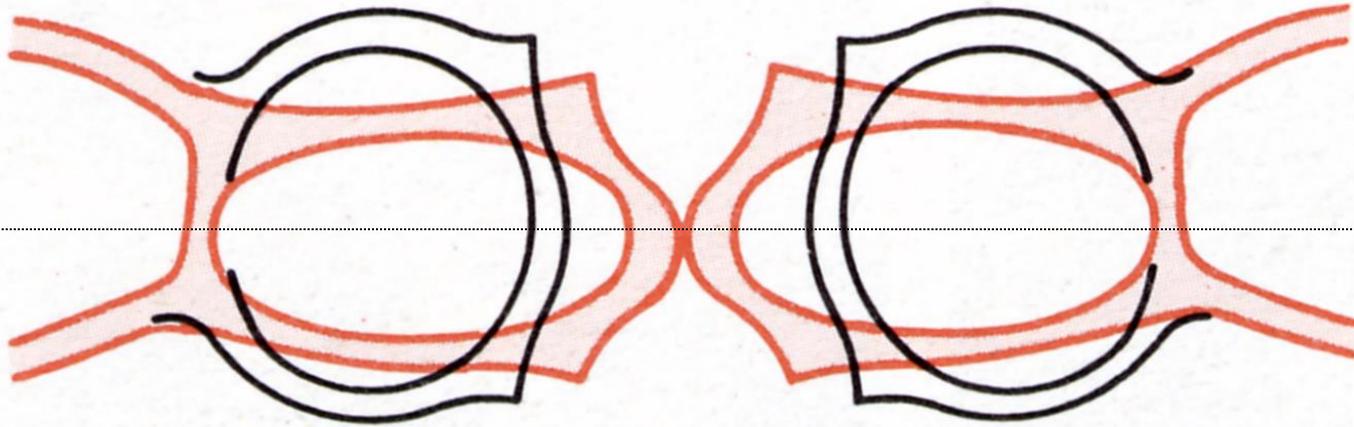
cloroplasti delle cellule di guardia



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

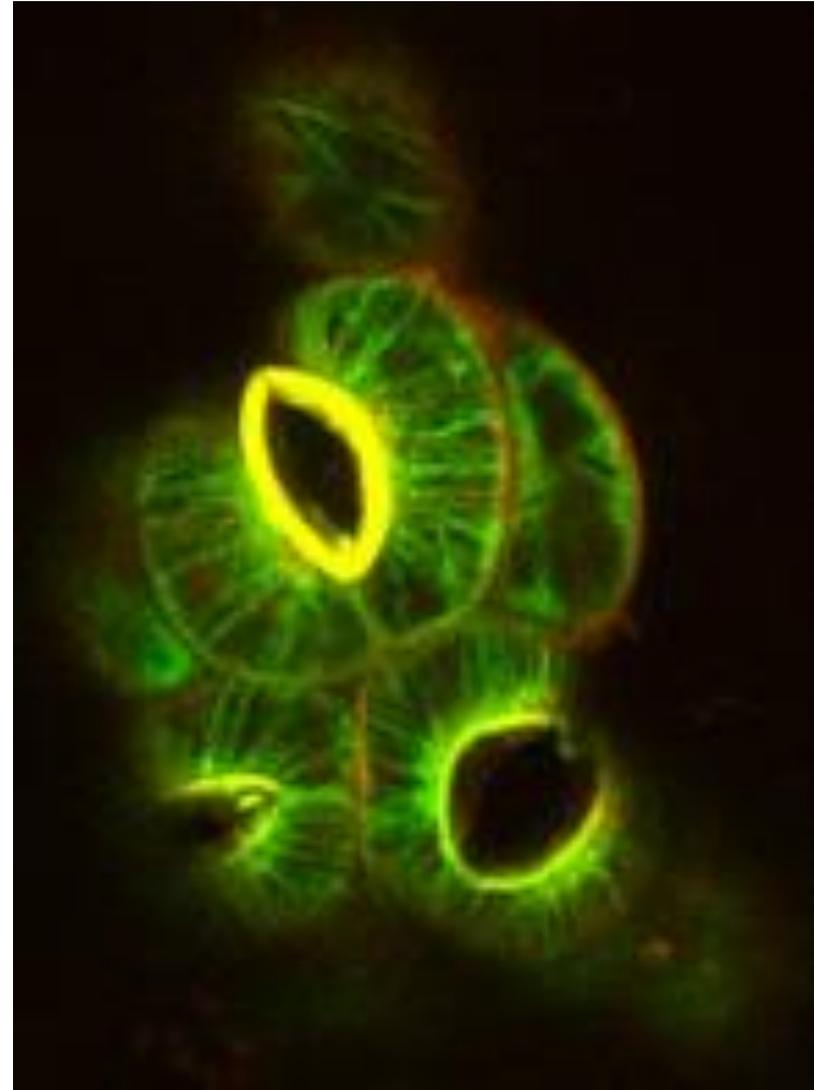
Osservazione di fronte; in luce polarizzata, x 400 (330), e normale, x 1000 (1350)

Il tipo di stoma più diffuso è quello amarillidaceo: visto di faccia presenta le cellule di guardia di aspetto reniforme.

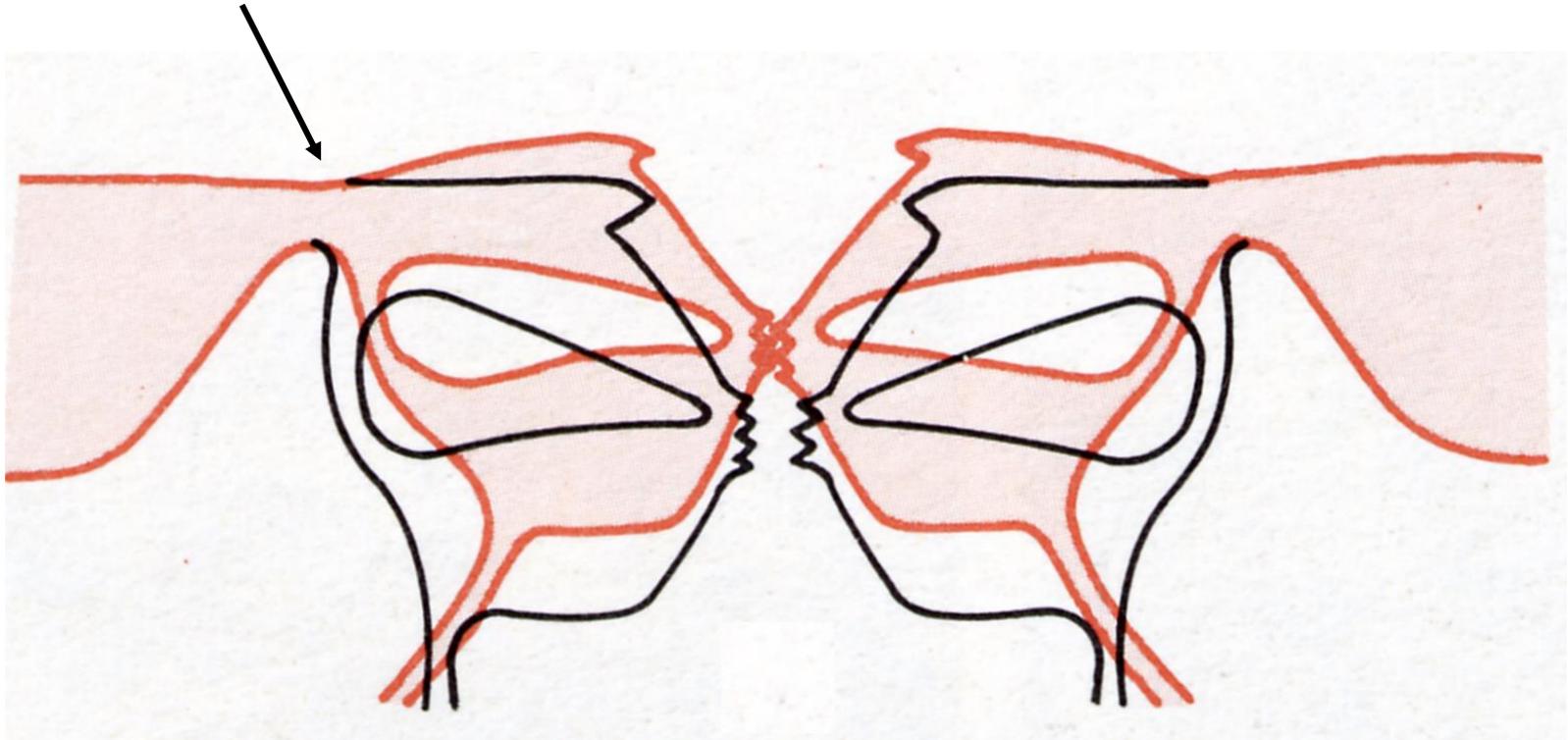


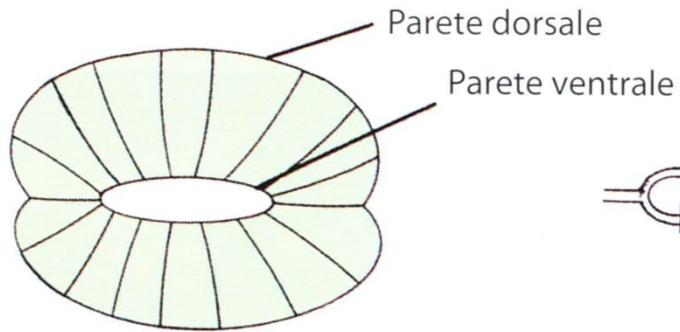
Aumento del turgore cellulare → allontanamento delle due cellule di guardia, che rimangono però sullo stesso piano (linea tratteggiata).

Stoma tipo *Amaryllis* o *Helleborus* (dal nome delle due piante in cui è stato descritto per la prima volta): il più diffuso tra le angiosperme, le due **cellule di guardia** hanno forma a fagiolo o a rene, la **parete è ispessita nella parte ventrale** (cioè quella che delimita la rima), e le **fibrille di cellulosa hanno una caratteristica disposizione radiale** → variazione di turgore → leggera rotazione nello spazio, con allontanamento delle due facce ventrali, e conseguente apertura della rima stomatica.

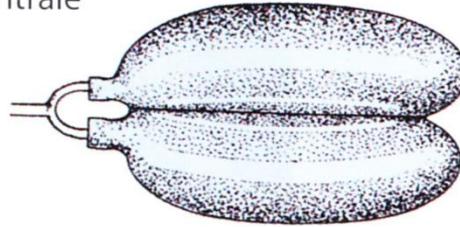


Punto di flessione



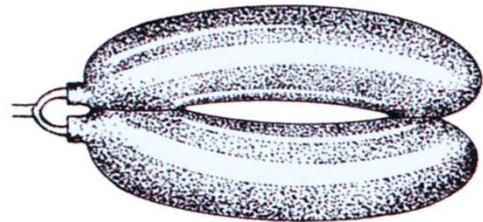


(a)

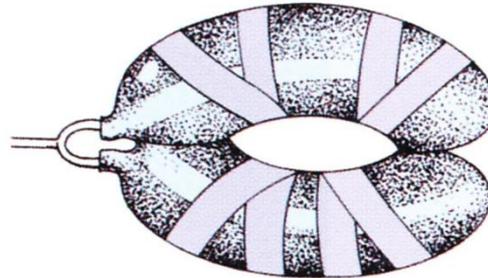


(b)

Micellazione radiale:
disposizione radiale delle
micelle/microfibrille di
cellulosa.



(c)



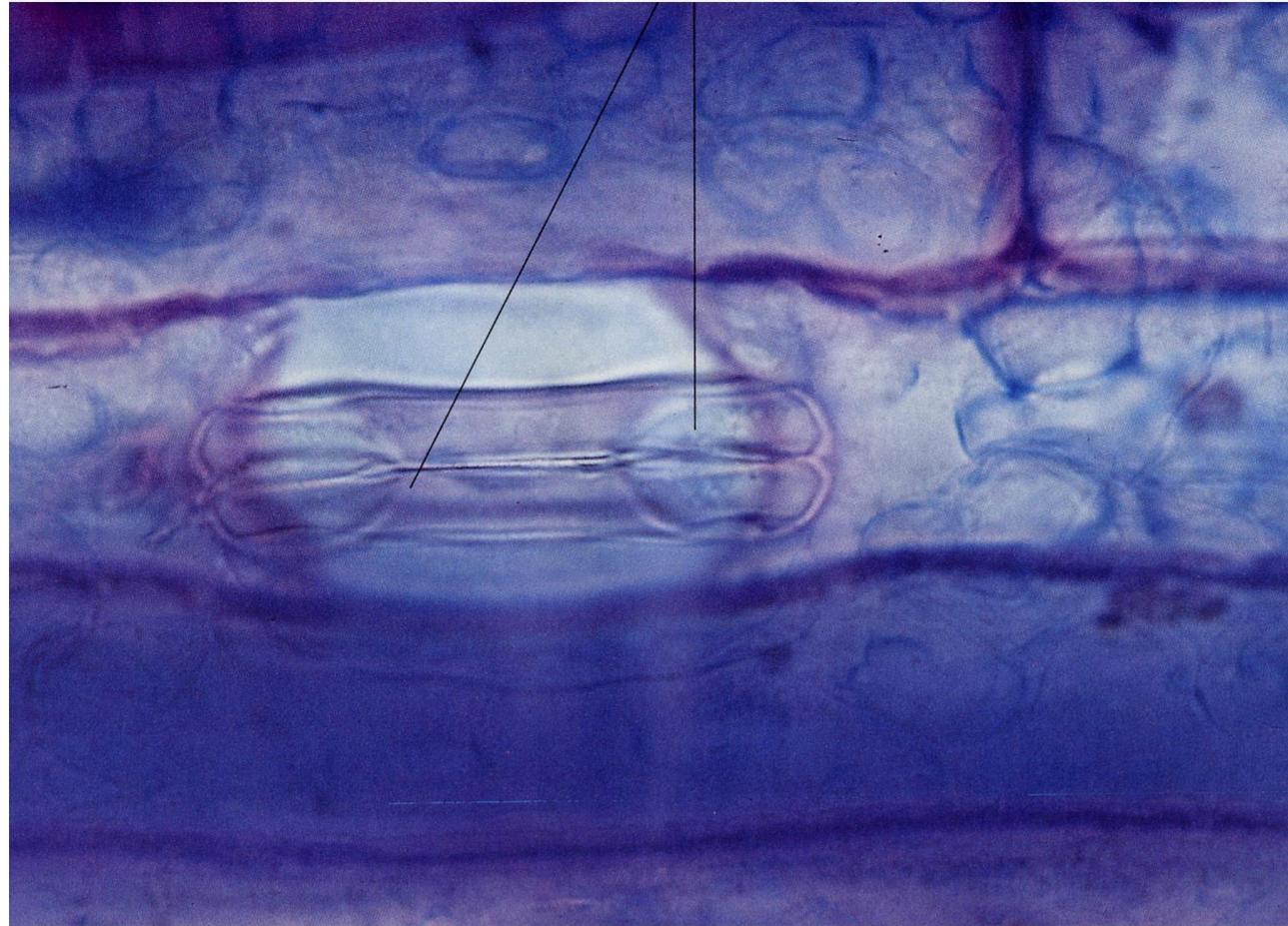
(d)

Simulazione con due
palloncini gonfi a cui
vengono applicate strisce
di nastro.

**Stomi delle
Graminaceae e
Cyperaceae** (piante
erbacee, e.g. mais,
grano, orzo, ecc.), le
due cellule di guardia
hanno forma
completamente
diversa.

➤ **Il rigonfiamento da
turgore interessa solo
le due estremità di
ciascuna cellula (bulbi).**

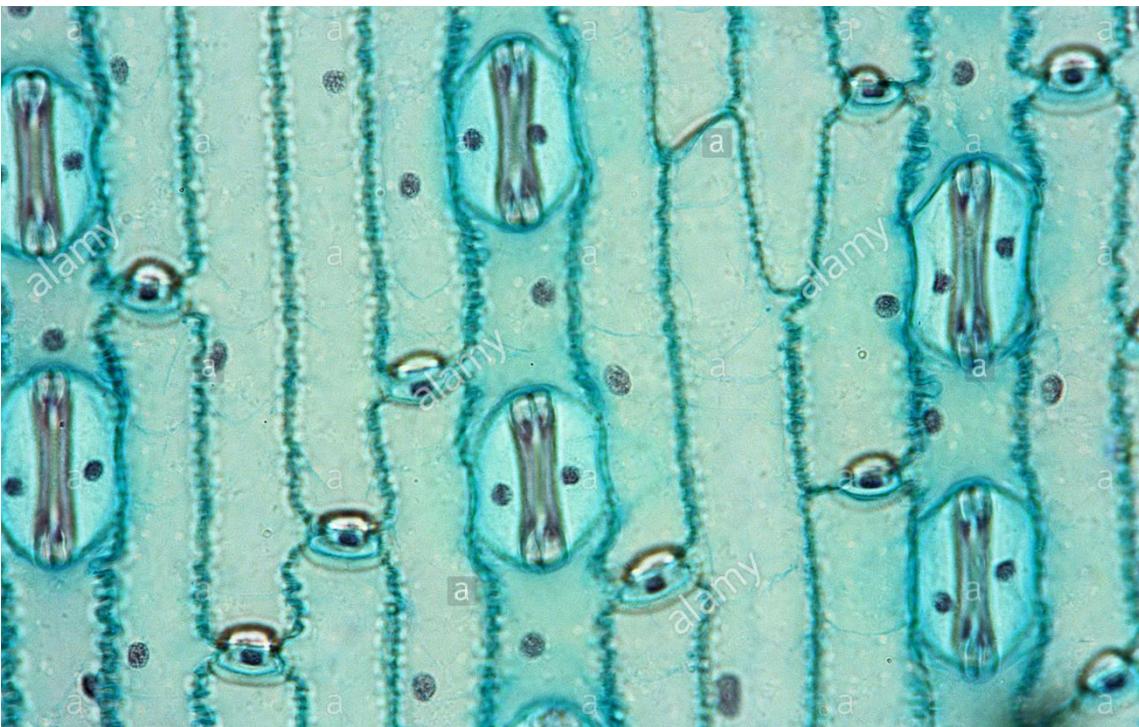
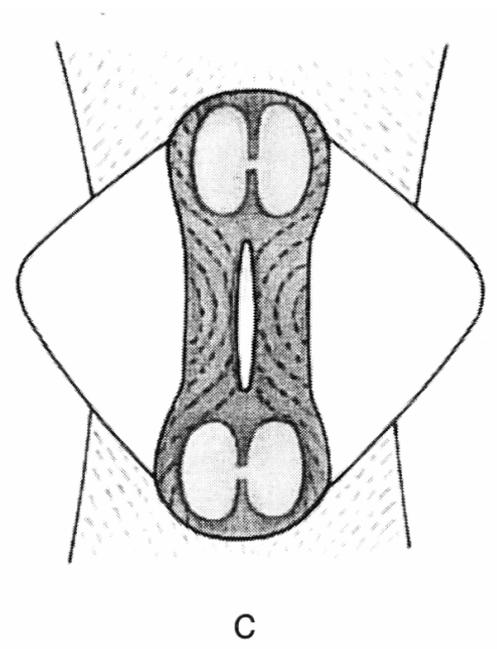
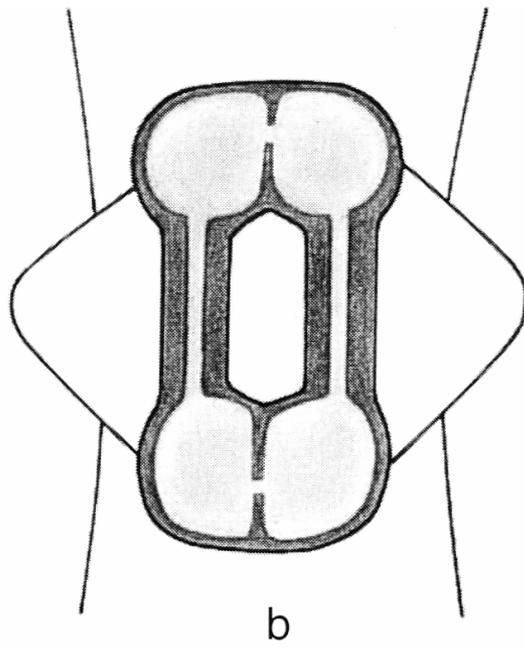
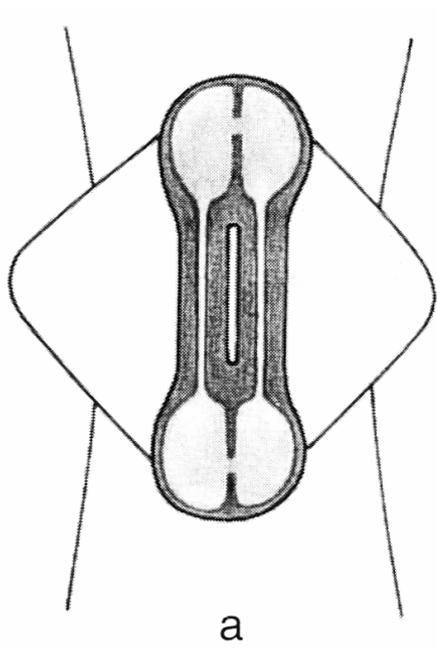
Cellule di guardia



Stoma nell'epidermide fogliare di graminacea.

Osservazione di fronte. x 1000 (1410)

Nell'apparato stomatico caratteristico delle graminacee e delle ciperacee, le cellule di guardia hanno un aspetto molto diverso da quello di tipo amarillidaceo. Ciascuna cellula, infatti, ha le due estremità del protoplasto dilatate a bulbo, circondate da una parete assottigliata; nella ristretta porzione di collegamento, invece, la parete è notevolmente spessa, specialmente sul lato dorsale. Anche in questo tipo di stoma, comunque, è il particolare arrangiamento della cellulosa nella parete a determinare variazioni di forma delle cellule di guardia al variare dello stato di turgore.

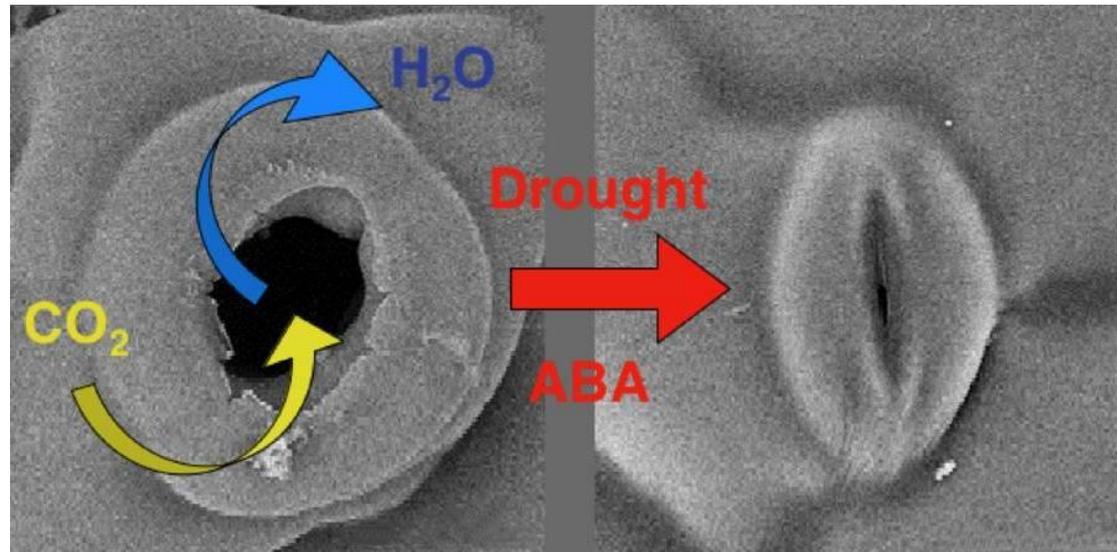


Stimoli interni ed esterni → apertura e chiusura degli stomi in modo adattativo:

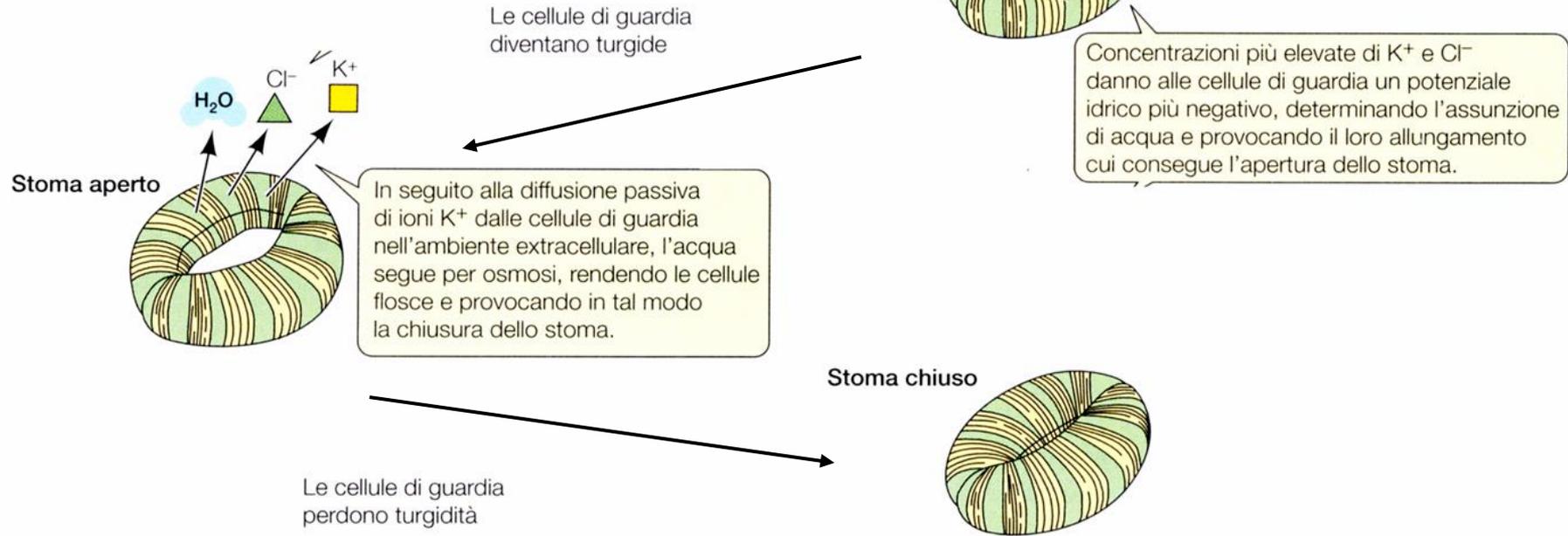
- la pressione parziale di CO_2 all'interno dei tessuti fotosintetici (varia con l'attività fotosintetica e quindi la luce),
- lo stress idrico.

APERTURA ↔ assorbimento massiccio di ioni e quindi di acqua provenienti dalle cellule sussidiarie per via apoplastica → conseguente inturgidimento delle cellule di guardia → allargamento della rima.

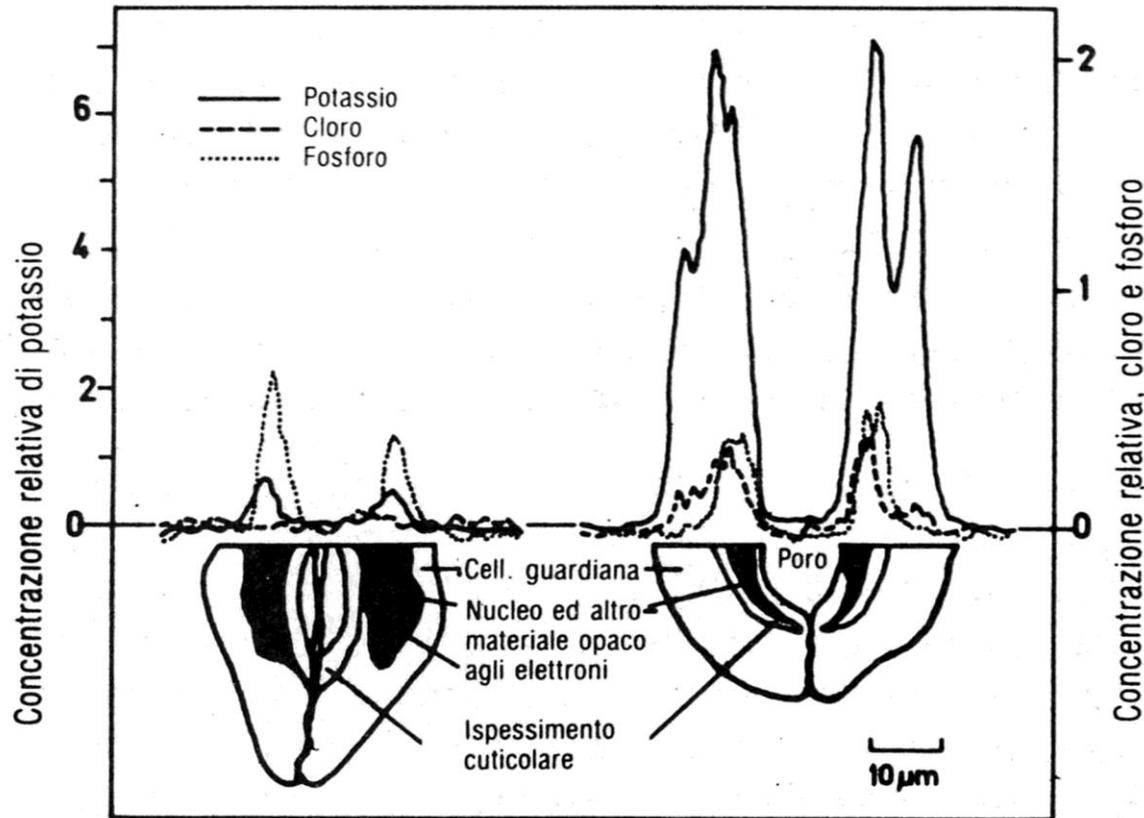
CHIUSURA ↔ fuoriuscita di soluti verso le cellule sussidiarie → conseguente movimento di acqua dalle cellule stomatiche a quelle sussidiarie.



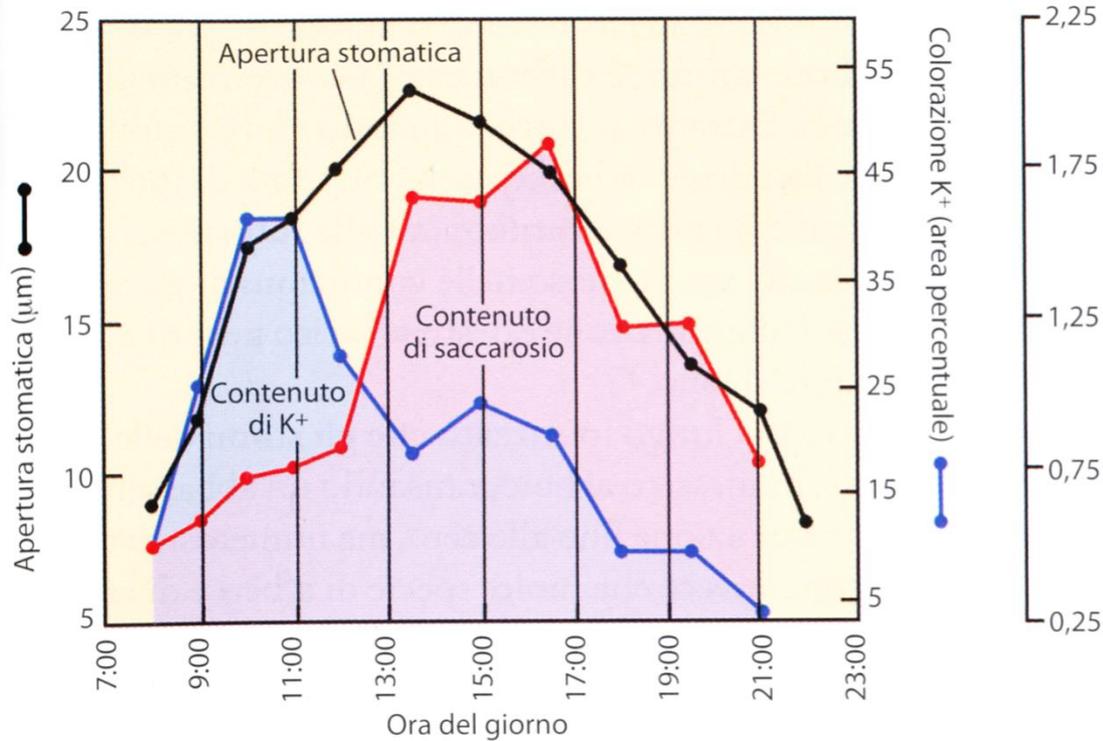
Gli stomi (a) La microfotografia eseguita al microscopio elettronico a scansione mostra uno stoma aperto fra due cellule di guardia che hanno forma semilunare. (b) L'apertura e la chiusura degli stomi sono controllate sia dalle concentrazioni degli ioni potassio che dal potenziale idrico. Ioni carichi negativamente vengono trasportati insieme agli ioni potassio per mantenere l'equilibrio elettrico e contribuiscono ai cambiamenti del potenziale osmotico che influisce sulle cellule di guardia.



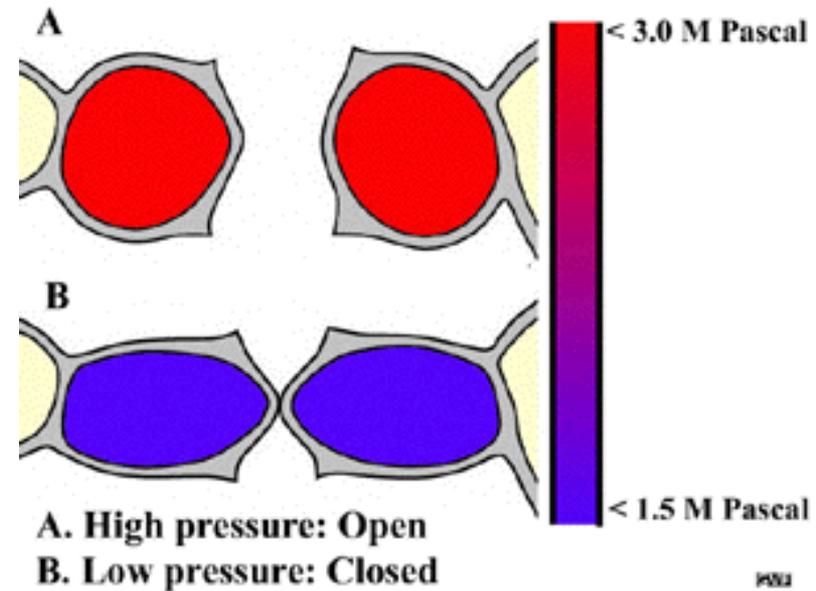
Ione potassio. L'ingresso di K^+ durante l'apertura è accompagnato dal flusso di ioni malato, oppure di Cl^- .



Distribuzione delle concentrazioni relative di potassio, cloro e fosforo lungo il profilo di uno stoma chiuso (a sin.) o aperto (a destra) dell'epidermide inferiore di *Vicia faba*. Misure con la microsonda a raggi X. In *Vicia* soltanto il K^+ , fra gli elementi illustrati, mostra un aumento considerevole nelle cellule guardiane a stomi aperti. (Sec. Humble e Raschke, da Mohr e Schopfer).



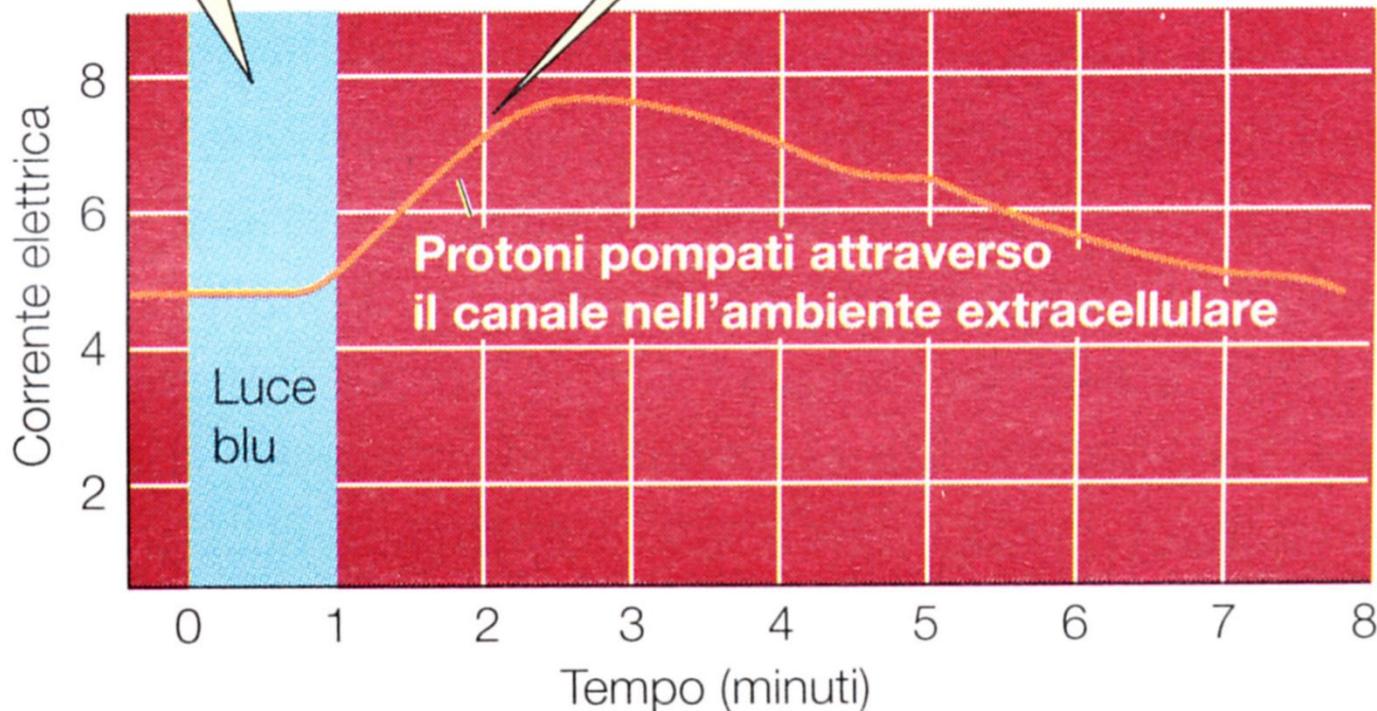
OPENING AND CLOSING MECHANISM OF STOMATA



Con la tecnica del *patch clamp* si può rivelare l'esistenza di una pompa protonica indotta dalla luce. In figura è riportato il tracciato della debole corrente elettrica che risulta dal flusso di protoni attraverso il plasmalemma di una cellula di guardia.

Una breve esposizione alla luce blu su sfondo costante di luce rossa...

...provoca per alcuni minuti un flusso dei protoni nell'ambiente extracellulare.



In presenza di luce e H₂O:

l'apertura stomatica è favorita dalla luce intensa

→ la luce accelera la fotosintesi

→ si abbassa la concentrazione della CO₂ all'interno
dei tessuti fotosintetici

→ i recettori di pressione parziale di CO₂ intervengono
per determinare l'accumulo di K⁺ all'interno dei
vacuoli delle cellule di guardia

→ ingresso di H₂O e raggiungimento della turgidità
delle cellule di guardia



In assenza di luce (notte!)

- il processo fotosintetico si interrompe
- la respirazione dei tessuti prende il sopravvento
- la concentrazione interna di CO_2 aumenta
- si innesca il processo inverso e conseguente chiusura stomatica (...*piante CAM!!!*).

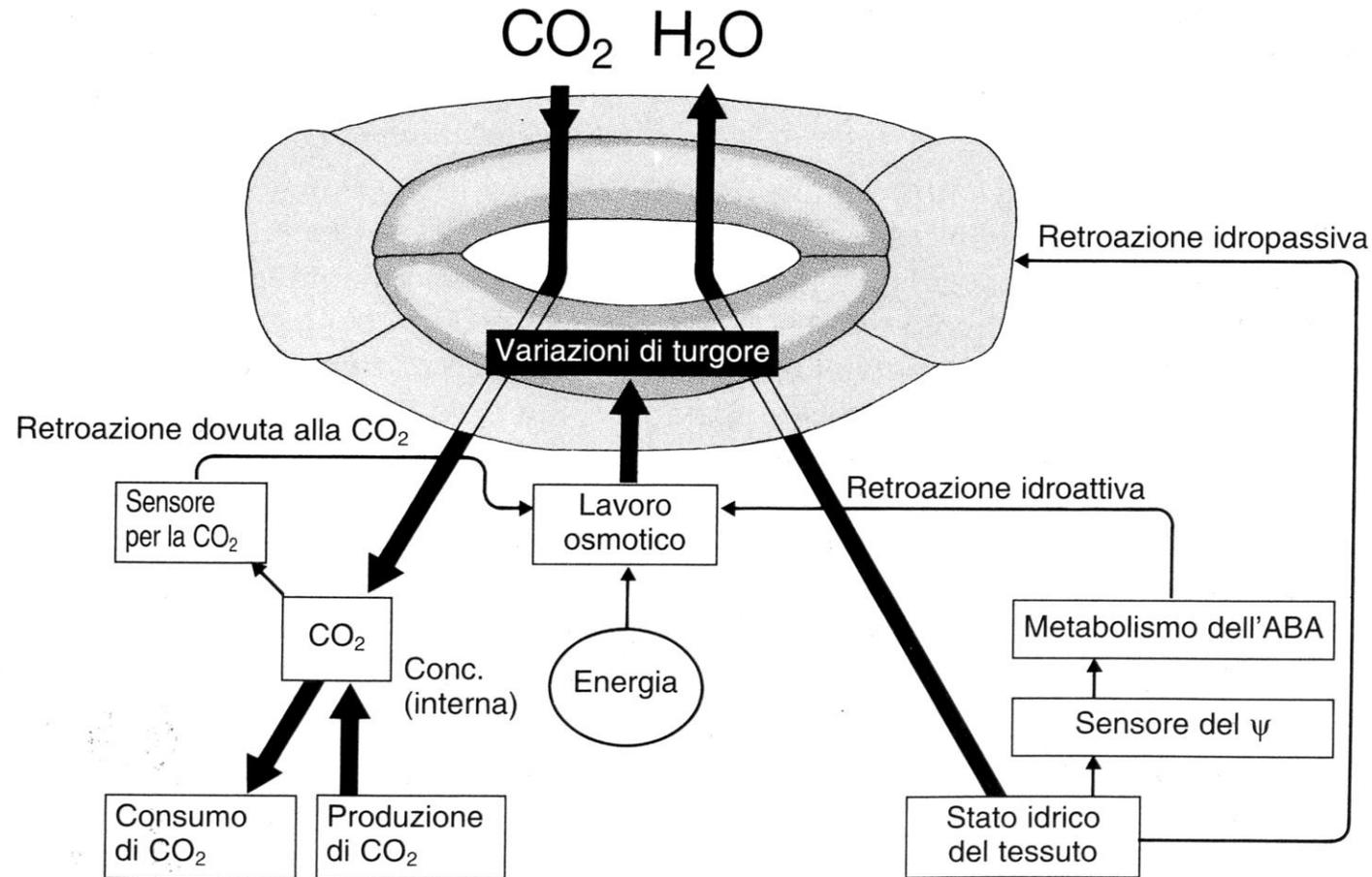
In presenza di luce e poca H₂O :

l'apertura degli stomi si riduce progressivamente

→ riduzione di perdita di acqua dai tessuti, (evaporazione diretta dalle cellule di guardia) = **chiusura idropassiva**: le cellule di guardia perdono acqua più rapidamente delle restanti cellule epidermiche, che quindi esercitano una spinta laterale sulle cellule stomatiche

→ chiusura della rima.

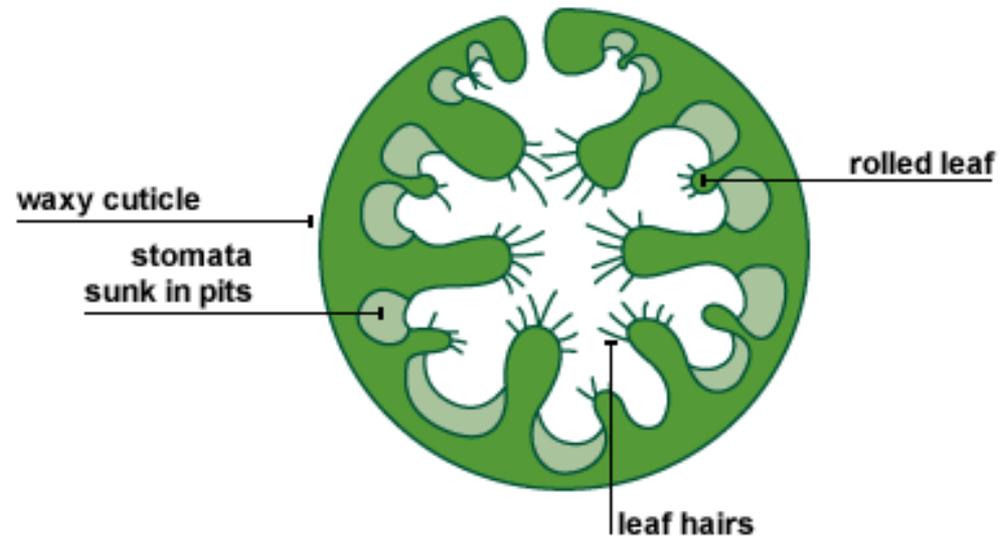
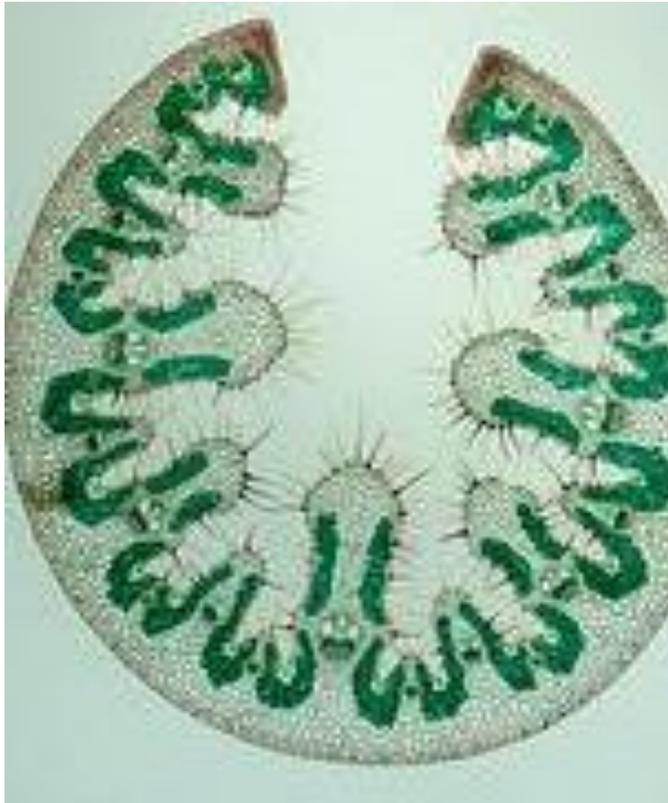
Chiusura completa degli stomi = blocco dei processi di assimilazione della CO_2 ←
 → **AIDO ABSCISSICO (ABA, fitormone)**, prodotto dai tessuti fotosintetici e dall'apparato radicale, quando il loro potenziale idrico diventa fortemente negativo: diffondendo, esso arriva agli stomi, inducendo la chiusura dei canali di ingresso del K^+ e determinando l'apertura di canali di uscita per il rilascio dello stesso (**chiusura idroattiva**). - Le piante non dotate di questo regolamento ormonale continuano a perdere acqua... il loro destino può essere segnato...



In piante di ambienti aridi: stomi parzialmente immersi, oppure sono disposti in speciali invaginazioni = **cripte stomatiche**, spesso coperte da peli = “**xeromorfofi**” → ulteriore riduzione della traspirazione, senza compromettere eccessivamente gli scambi di CO₂.

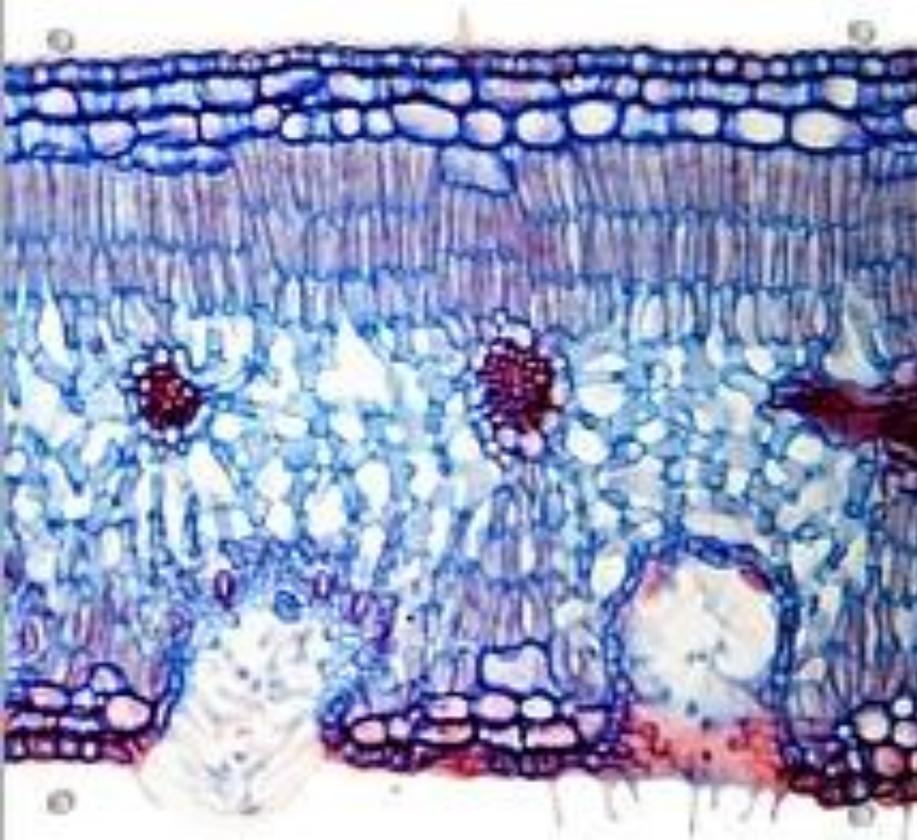


*Ammophila
arenaria*

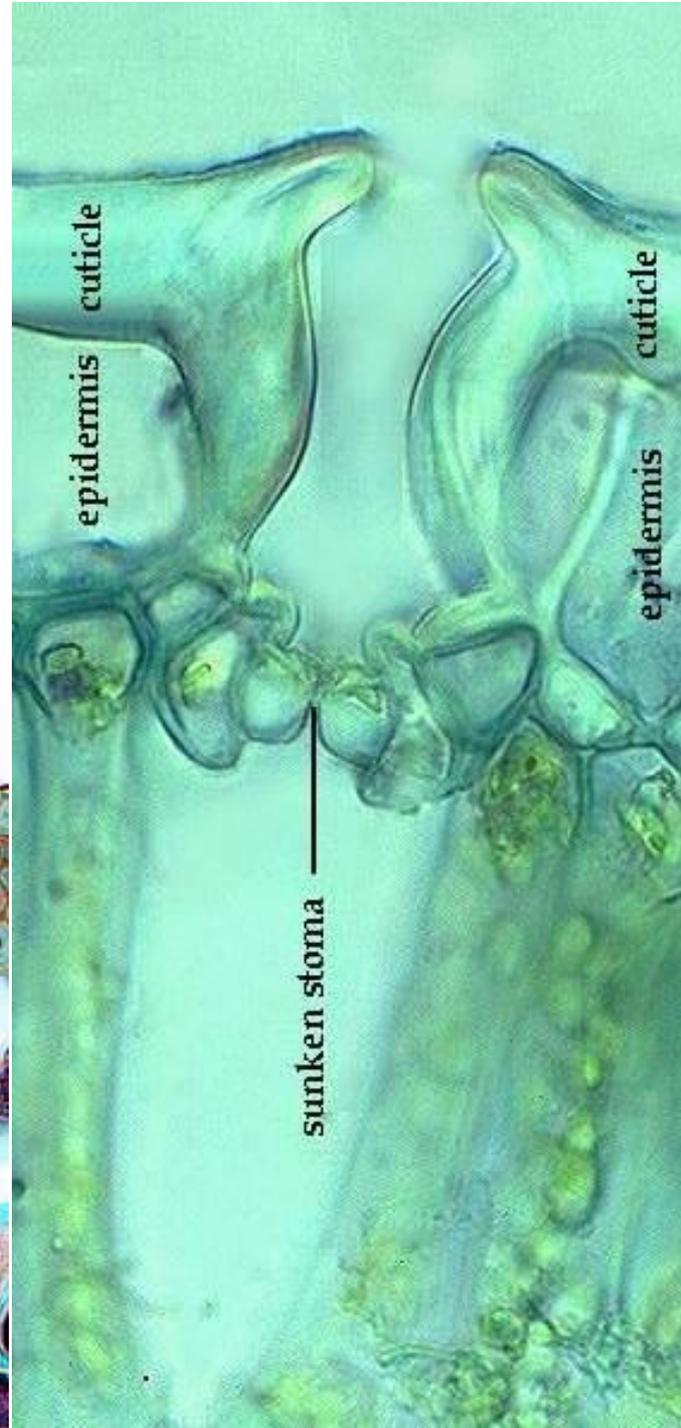
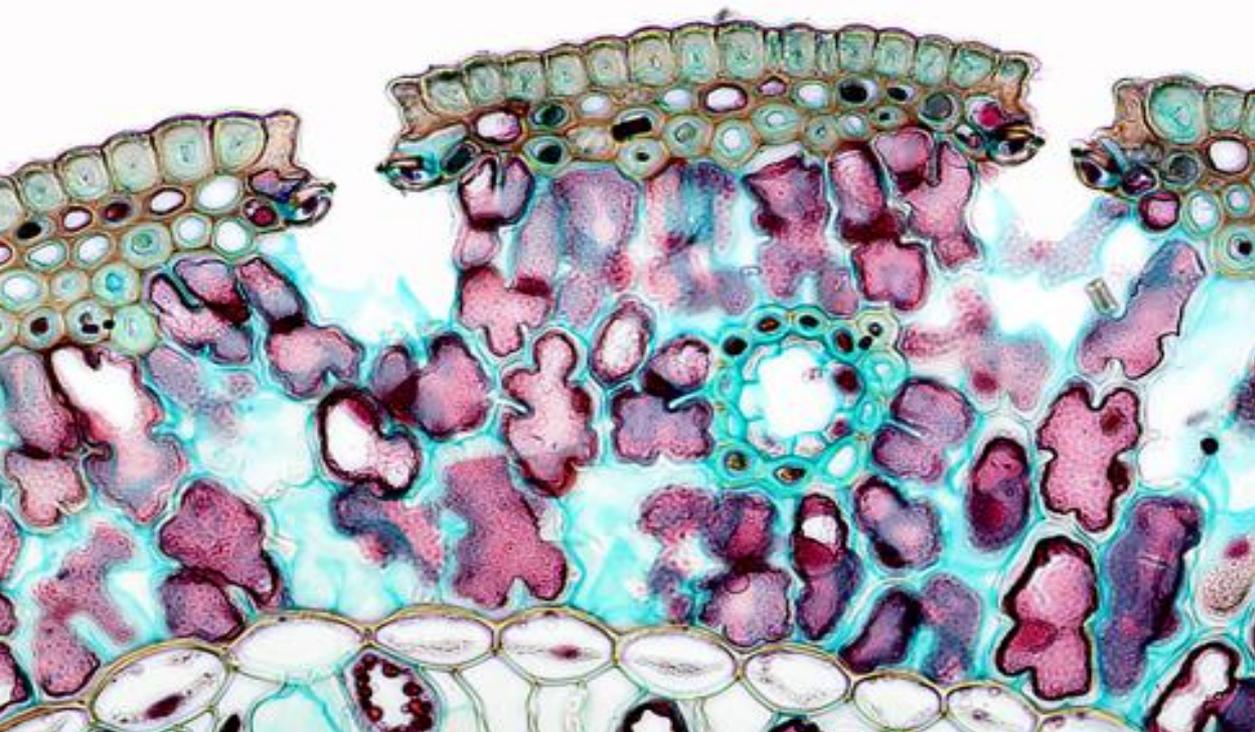




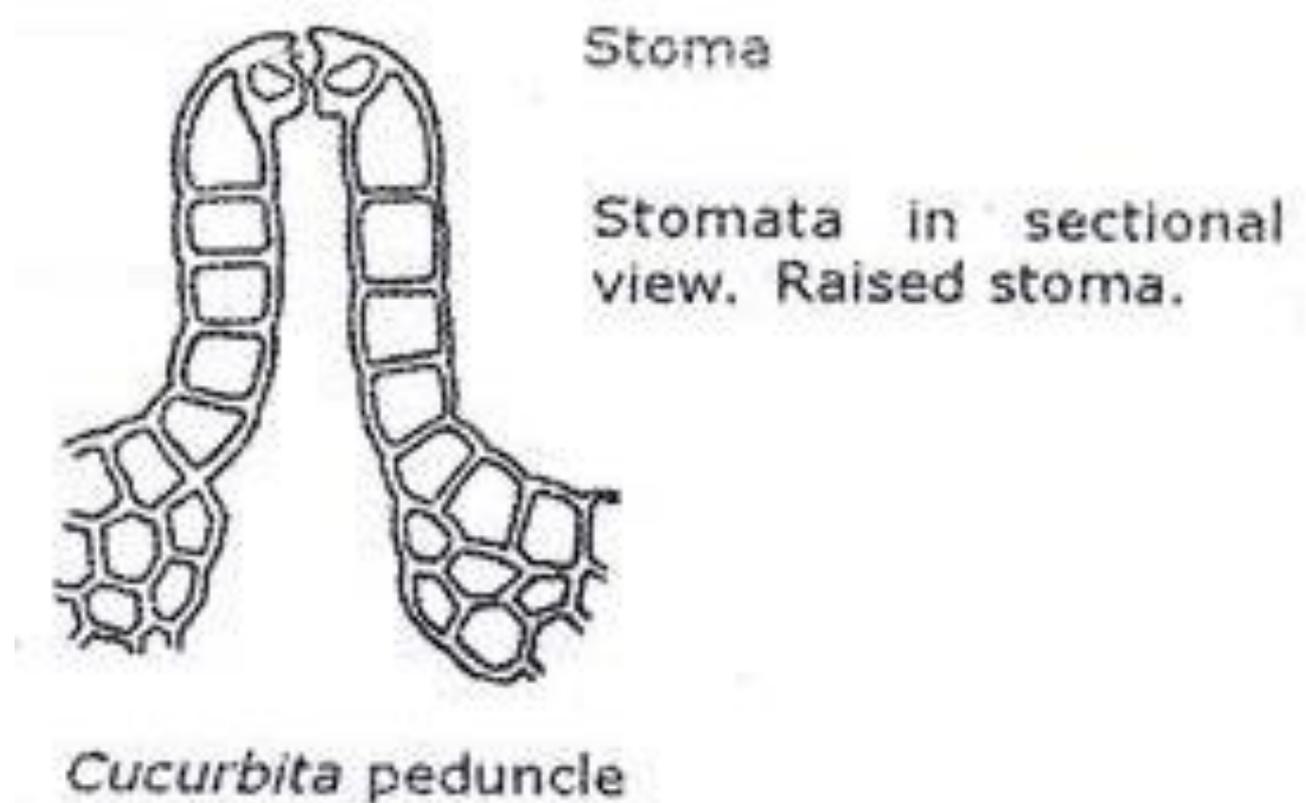
Nerium oleander



Pinus nigra



In piante di ambienti molto umidi (es. piante del sottobosco di foreste pluviali) si osservano **stomi estroflessi**, cioè collocati lungo creste o estroflessioni della lamina fogliare, per cercare di incrementare la traspirazione, quando l'aria è solitamente molto prossima alla saturazione.





Alchemilla vulgaris

Idatodi: complessi di **stomi acquiferi**, permettono la fuoriuscita di H_2O in eccesso dalla pianta.

→ **GUTTAZIONE:** la traspirazione non è sufficiente da equilibrare l'assorbimento radicale.

