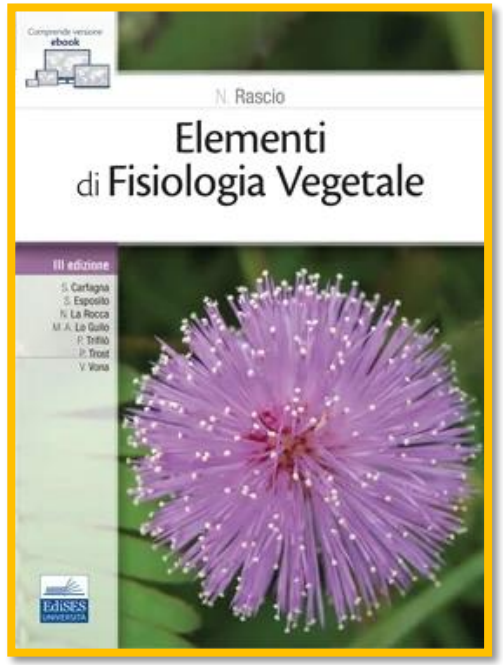
Fisiologia vegetale

Docente: Martina Tomasella
6 CFU
Lezioni frontali (5 CFU, 40h) + laboratorio (1 CFU, 12 h)

Testi di riferimento:

- Elementi di Fisiologia Vegetale, 3ª edizione, N. Rascio et al., 2021, EdiSES

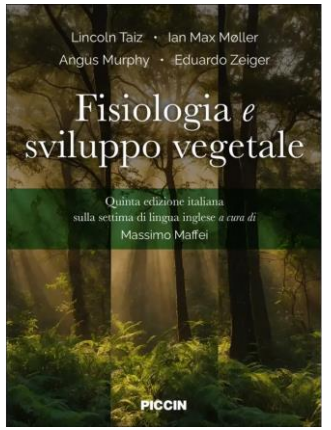


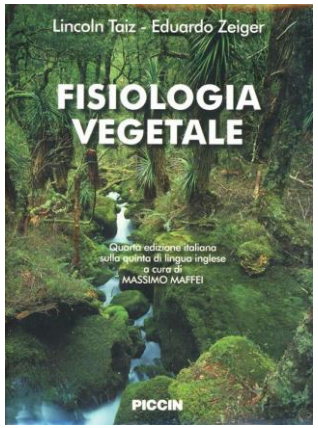
Per alcune parti più dettagliate (es. relazioni pianta-acqua):

- Fisiologia e sviluppo vegetale (5° edizione italiana sulla 7° di lingua inglese), Taiz et al., PICCIN)

Oppure la versione più vecchia, ma comunque equivalente:

- Fisiologia Vegetale (4° ed. italiana sulla 5° ed. di lingua inglese), L. Taiz & E. Zeiger, 2013, PICCIN (È la versione italiana di Plant Physiology (5th edition), L. Taiz & E. Zeiger, 2010, Sinauer)





Fisiologia vegetale

Lezioni frontali (40 ore):
Registrazioni su MS Teams

+ 2 esercitazioni (totale 12 ore):
Registrazione parte teorica introduttiva

<u>Raccomandata la partecipazione in presenza</u>

Perché?

- Interazione diretta docente- studenti
- Importante avere un feedback da parte vostra
- C'è sempre il rischio che l'audio non sia di buona qualità o che la registrazione non vada accidentalmente a buon termine

Fisiologia vegetale

Orario lezioni frontali:

Martedì: 11:00-13:00 (2 ore) -> aula 1C ed. H3

Mercoledì 10:00-13:00 (3 ore) -> aula 1C ed. H3

Laboratorio: dividersi in due turni (martedì vs mercoledì)-> nominativi entro prox settimana

1° esperienza: Martedì 13 ottobre (1 turno), mercoledì 14 ottobre (2 turno) –> 13:00 – 19:00
2° esperienza: Martedì 20 ottobre (1 turno), mercoledì 21 ottobre (2 turno) -> 13:00 – 19:00

Materiale didattico fornito dalla docente:

- Slides leazioni frontali e di introduzione al laboratorio + materiali vari (articoli, dati esercitazioni, link etc.)
- Tutto caricato su Moodle (chiave di iscrizione: Ki5rS91)

Fisiologia vegetale

Esame

Prova scritta

18 quesiti a risposta multipla/completamento (1 punto se risposta corretta, -0.2 se errata) e 3 a risposta aperta sintetica (ca. 15 righe, max 4 punti per quesito).

Per la lode: rispondere correttamente a tutti i quesiti e alle domande aperte, dimostrando eccellenti proprietà di linguaggio e padronanza della materia

2 appelli gennaio-febbraio
3 appelli giugno-luglio
1 appello settembre
Appelli straordinari (su richiesta): pasquale/tra fine ottobre e metà novembre

Ricevimento:

Previo appuntamento, email: martina.tomasella@units.it
Ufficio: ed. M, Piano B, Stanza B/23

Cos’è la Fisiologia Vegetale?

Disciplina scientifica che studia i processi vegetali, le funzioni meccaniche, biofisiche e biochimiche degli organismi vegetali.

Le funzioni di molecole, proteine, cellule, tessuti, organi e degli organismi nel loro complesso dipendono, ad ogni livello, dalla loro struttura.

Lo studio della Fisiologia Vegetale prevede una adeguata conoscenza pregressa della citologia, dell’istologia, dell’anatomia e della morfologia delle piante

+

basi di fisica e chimica

Programma

1- FISIOLOGIA DEL TRASPORTO DELL' ACQUA

Importanza delle relazioni pianta-acqua

Proprietà dell'acqua

Concetto di potenziale dell'acqua

Flusso di massa, diffusione, osmosi

Potenziale dell'acqua di cellule e organi vegetali
→ *Laboratorio: misura del potenziale dell'acqua e curve P-V*

Trasporto verticale di acqua nello xilema e l'embolia xilematica
→ *Laboratorio: misure di conduttività idraulica e embolia del fusto*

Traspirazione - Movimenti stomatici

Acqua nel suolo e assunzione di acqua per via radicale



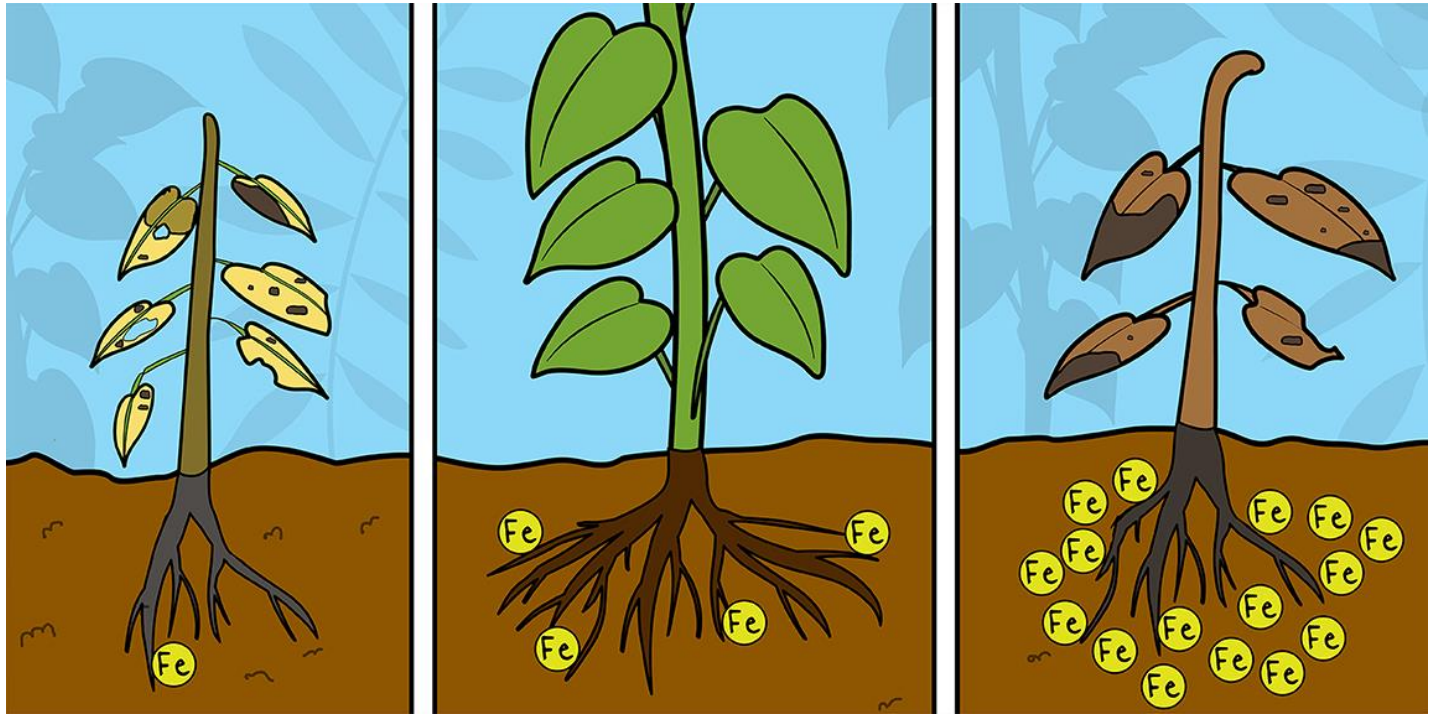
Programma

2- FISIOLOGIA DELLA NUTRIZIONE E DELLE ASSIMILAZIONI

- Richiami di: trasporto di soluti attraverso membrane biologiche + meccanismi di trasporto di membrana: pompe, carriers, canali

- Struttura, funzione e regolazione delle pompe protoniche nelle cellule vegetali - Struttura e funzione dei carrier e dei canali ionici

- Nutrienti essenziali. Acquisizione di nutrienti dal suolo: meccanismi e concetti generali Acquisizione e assimilazione dell'azoto - Fissazione simbiotica dell'azoto - Acquisizione e assimilazione di fosforo e zolfo - Acquisizione e assimilazione di potassio e ferro



Programma

3- FISIOLOGIA DELLA FOTOSINTESI E DELLA TRASLOCAZIONE DEI FOTOSINTATI

Concetti generali, caratteristiche della luce e dei pigmenti

Organizzazione dell'apparato fotosintetico

Fase delle reazioni tilacoidali

Fase delle reazioni stromatiche, struttura, attivazione e funzionamento della Rubisco - Il Ciclo di Calvin - Attività ossigenasica della Rubisco e fotorespirazione - Cicli C4 e CAM –

Aspetti ecologici della fotosintesi

Sintesi di amido e saccarosio

Traslocazione dei fotosintati per via floematica



"Just the steak for me and my friend will have the carbon dioxide and the water with the sunlight."

www.tes.com

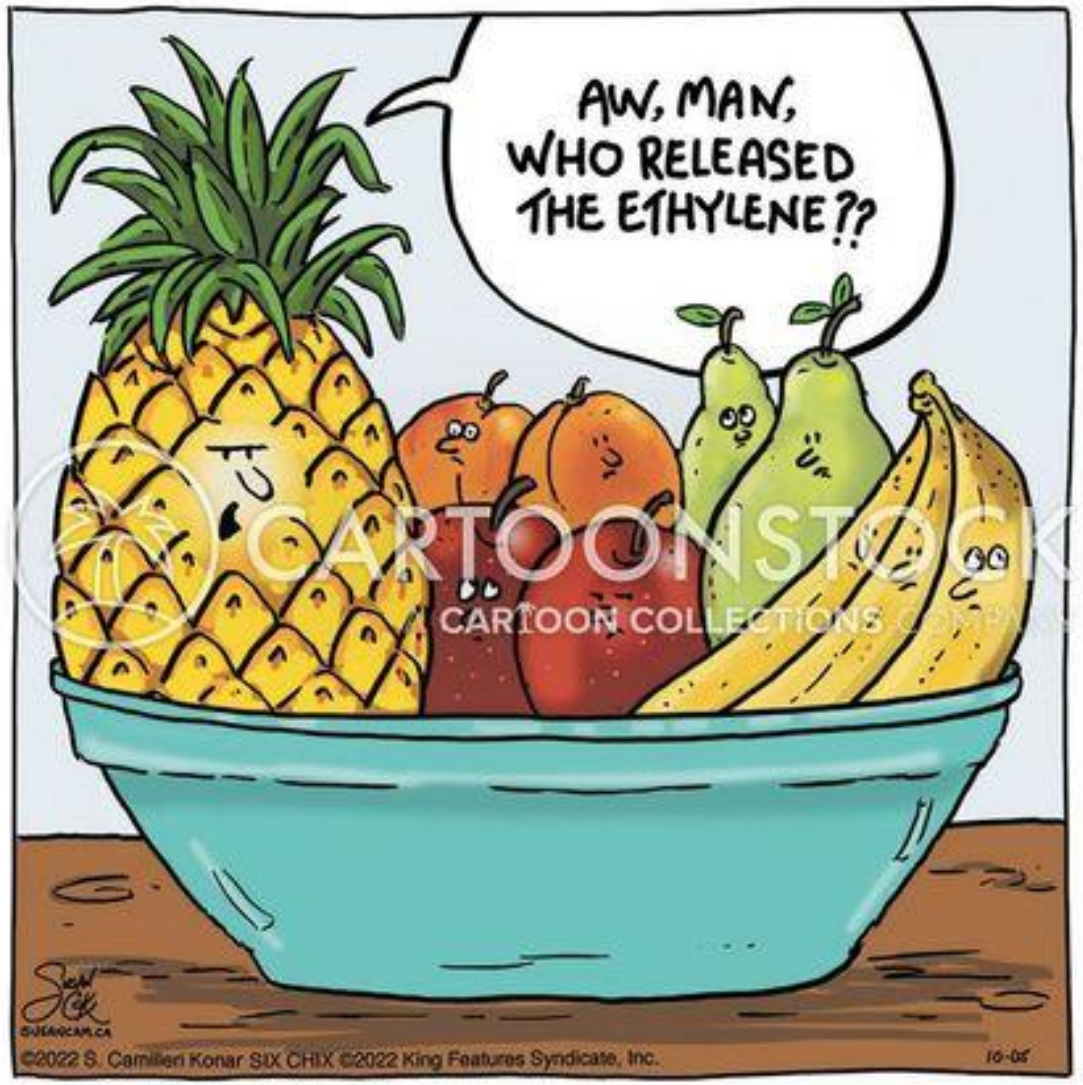
Programma

4- FISIOLOGIA DELL'ACCRESCIMENTO E DELLO SVILUPPO

Accrescimento nei vegetali

Parete cellulare e accrescimento per distensione

Gli ormoni vegetali: Auxina - Citochinine - Gibberelline – Etilene - Acido Abscissico



Sophien Kamoun
@KamounLab

What do you see in this photo?
#PlantBlindness #PlantSci



11:18 AM - 20 Jan 2017 from Gol, Norge

Plant blindness

"Those persons afflicted with the condition known as plant blindness exhibit symptoms such as the following:
(a) thinking that plants are merely the backdrop for animal life;
(b) failing to see, notice or focus attention on plants in one's daily life;
(c) misunderstanding what plants need to stay alive;
(d) overlooking the importance of plants to one's daily affairs"

(Wandersee & Schussler, 1999)

- Si riferisce all'incapacità di distinguere la diversità e apprezzare il fondamentale valore delle piante (per l'uomo e per l'intera biosfera)

- Zoocentrismo: dal punto di vista evolutivo, l'uomo necessitava molto più di notare predatori e prede rispetto ad organismi sessili, immobili, e (apparentemente) "innoqui" come le piante



https://nph.onlinelibrary.wiley.com/toc/25722611/2019/1/3

Plant blindness

- Più della metà della popolazione mondiale vive in città, e questa percentuale dovrebbe arrivare al 75% nel 2050. Ciò significa che la maggior parte di noi non coltiverà più e non saprà come coltivare il proprio cibo o non parteciperà alla raccolta/produzione di vegetali per l'alimentazione

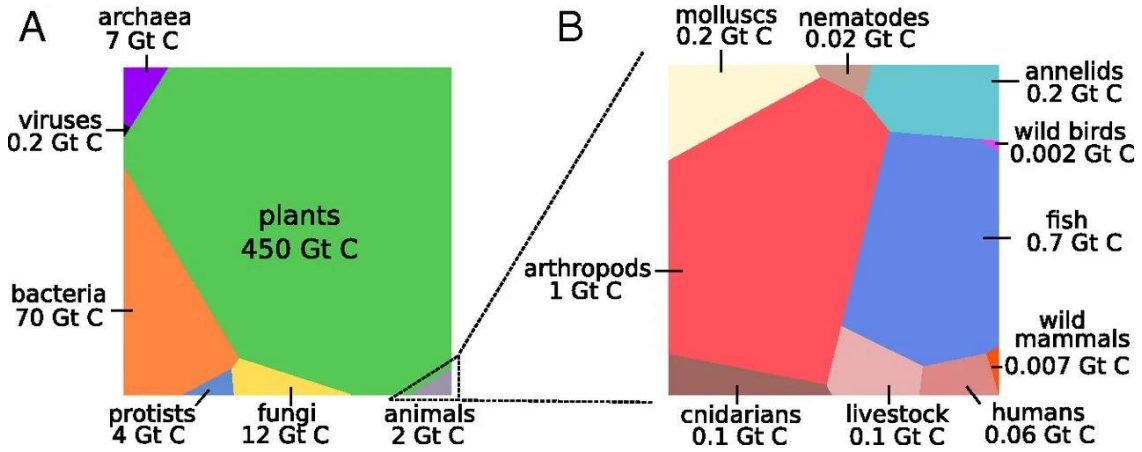
- Nel programma di biologia della scuola dell'obbligo le piante non vengono (quasi) mai studiate

Però ….



Plant blindness

- Delle 550 Gt di C (biomassa) nei vari taxa sulla Terra (di cui «solo» 6 GT in ambienti marini):



Bar-On et al. 2018, https://doi.org/10.1073/pnas.1711842115

- La vita sulla Terra dipende dalle piante



Plant blindness

Qualche motivo per studiare la fisiologia vegetale?

Una migliore comprensione della fisiologia delle piante permette la **selezione di "tratti funzionali"** idonei per sviluppare specie coltivate che abbiano una buona resa in condizioni ambientali sempre più difficili..

Questo è valido anche per altri settori (es. forestale, nel verde urbano per mantenere i benefici del verde in città)

Quali condizioni ambientali difficili?
- aumento degli episodi meteorologici estremi (siccità, ondate di calore..)
- salinizzazione delle terre coltivate
- l'ambiente urbano (inquinamento, elevate temperature, etc..)

Eventi principali nell'evoluzione delle piante

Vita sulla terra (fossili più antichi): 3.5 miliardi di anni fa

Fotosintesi: circa 3.4 miliardi di anni fa

Fotosintesi ossigenica: circa 2.5 miliardi di anni fa

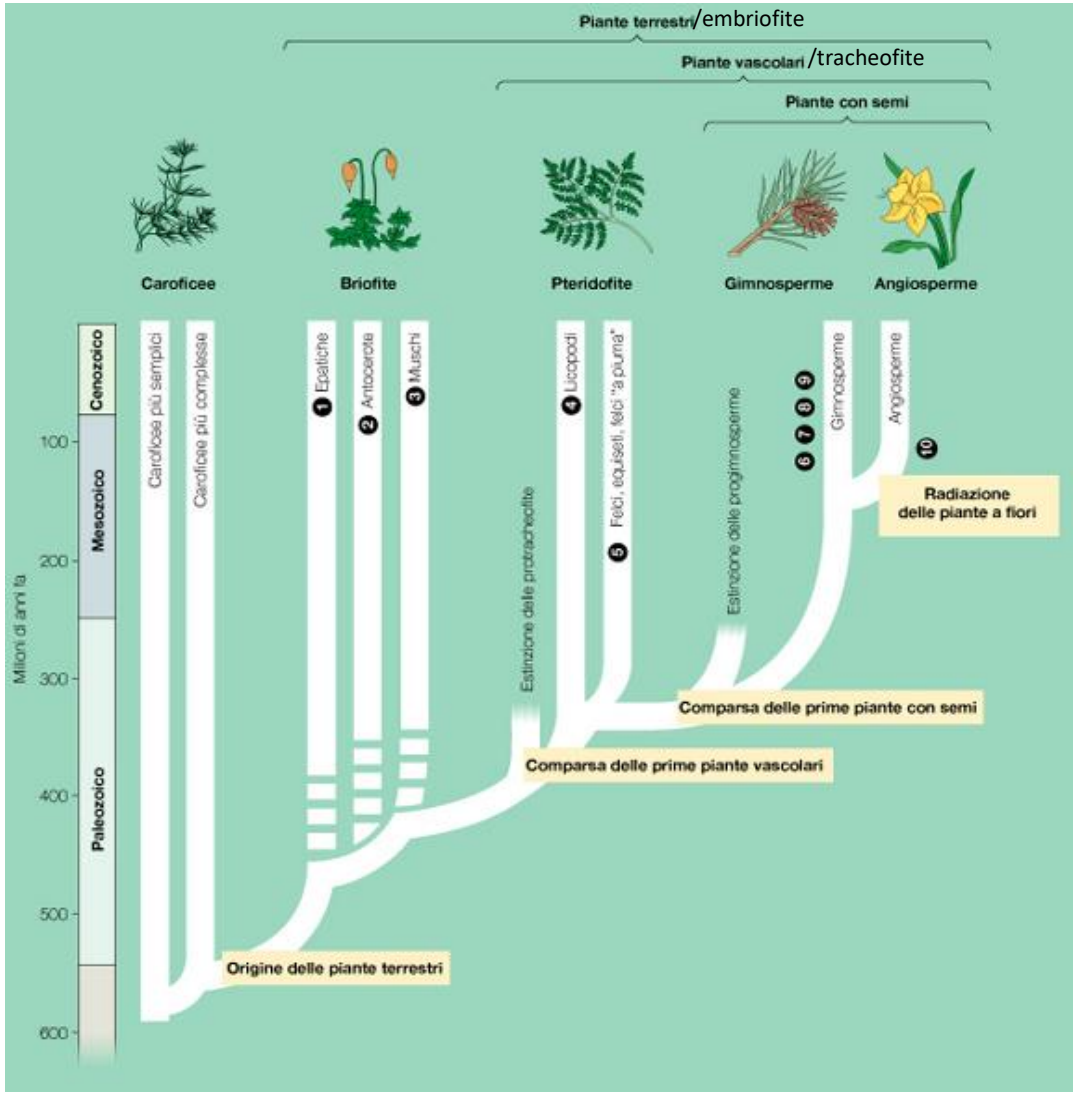
Primi organismi eucarioti: 2 miliardi di anni fa

Conquista degli habitat terrestri: circa 475 milioni di anni fa.
Fattore limitante: l'acqua

Piante vascolari: 400 milioni di anni fa

Piante a seme (spermatofite): 370 milioni di anni fa

Angiosperme: 140-180 milioni di anni fa





https://www.worldfloraonline.org/

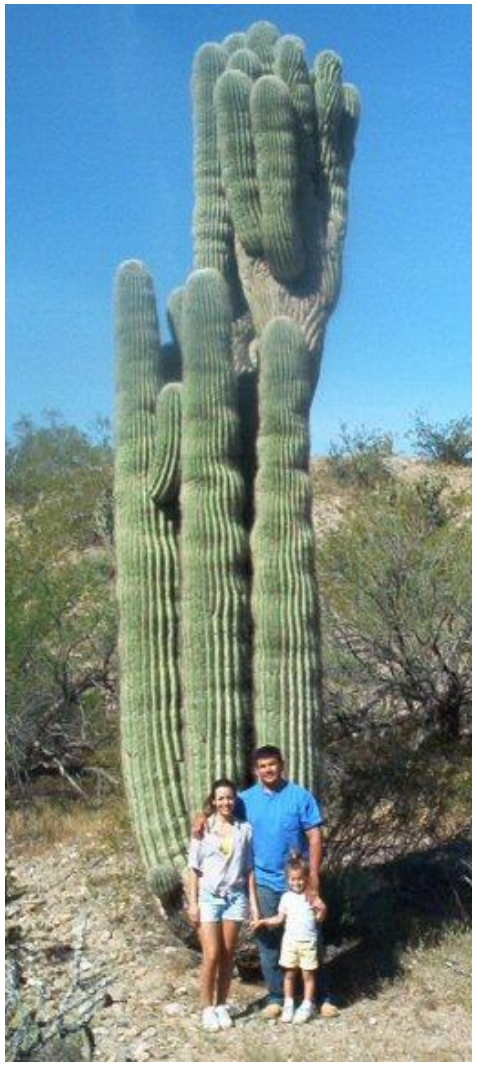
Progetto incluso nella Global Strategy for Plant Conservation (GSPC))
2010: U.N. Convention on Biological Diversity

Piante: spettacolare diversità di forme e dimensioni

determinati dagli adattamenti all'ambiente che occupano









Amorphophallus titanum

Michael Neumann & Wilhelm Barthlott, CC BY-SA 4.0

Tutte le piante, indipendentemente dai loro adattamenti specifici, attuano processi fondamentalmente simili e si basano sullo stesso schema architettonico

Piante «modello» per eccellenza negli studi di fisiologia e genetica vegetale



Arabidopsis thaliana

© Dipartimento di Scienze della Vita, Università degli Studi di Trieste



Populus trichocarpa

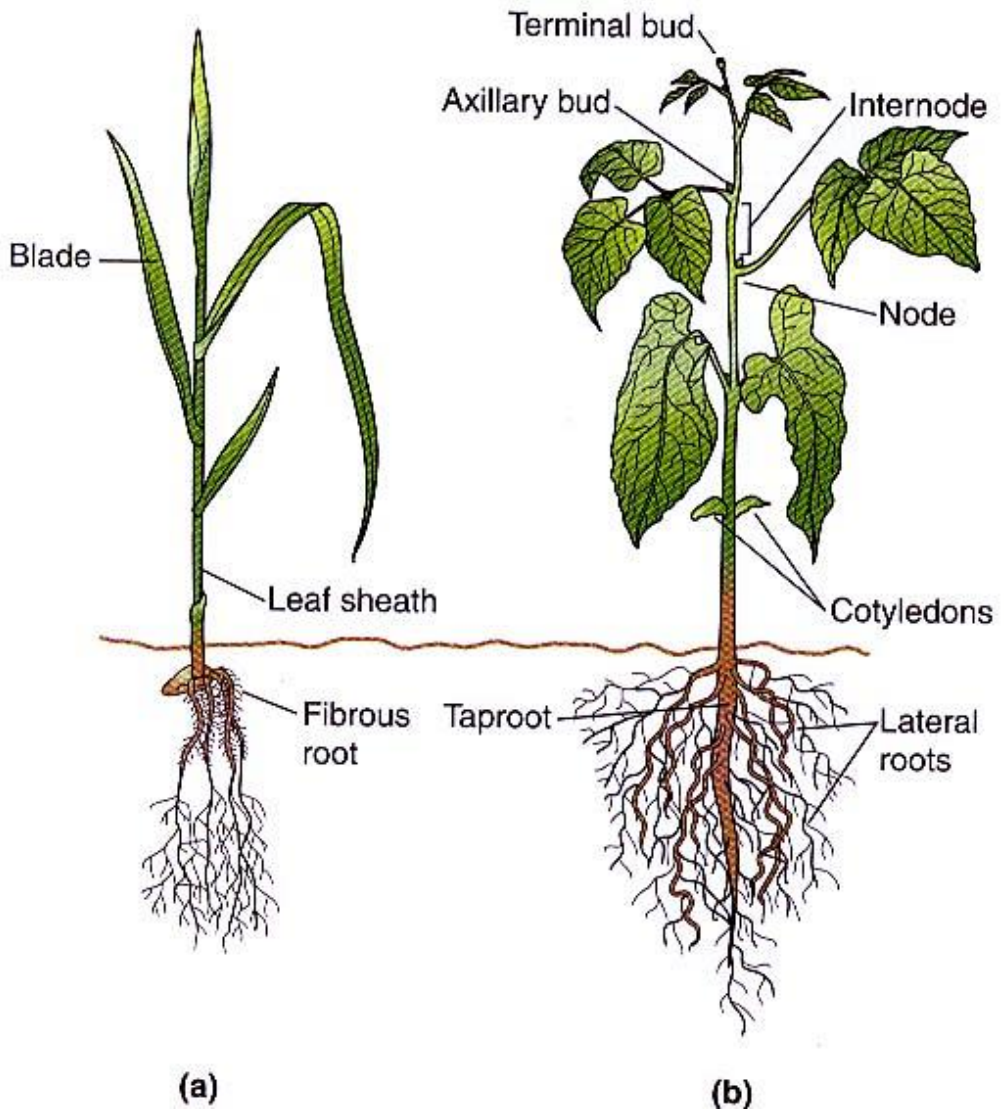
Elementi unificanti della vita vegetale terrestre

- Autotrofia (fotosintesi)
- Parete cellulare (sostegno meccanico)
- Immobilità
- Crescita indeterminata (meristemi)
- Traspirazione
- Strutture di trasporto per l'acqua e nutrienti (xilema, floema)

Il corpo vegetativo delle piante consiste di due parti:

Il sistema di parti aeree (o del germoglio):
fusto
foglie

Il sistema radicale
radice primaria e
radici secondarie e terziarie



Ogni organo vegetale consiste di diversi tessuti e ogni tessuto contiene molti tipi di cellule

Gli organi vegetali consistono di 3 diversi sistemi tessutali

- DERMICO (o tegumentale): epidermide, periderma
- VASCOLARE: xilema, floema
- FONDAMENTALE: parenchima, collenchima, sclerenchima

In complesso questi tessuti contengono circa 40 diversi tipi cellulari

Organizzazione dei tre sistemi di tessuti nel corpo vegetativo della pianta

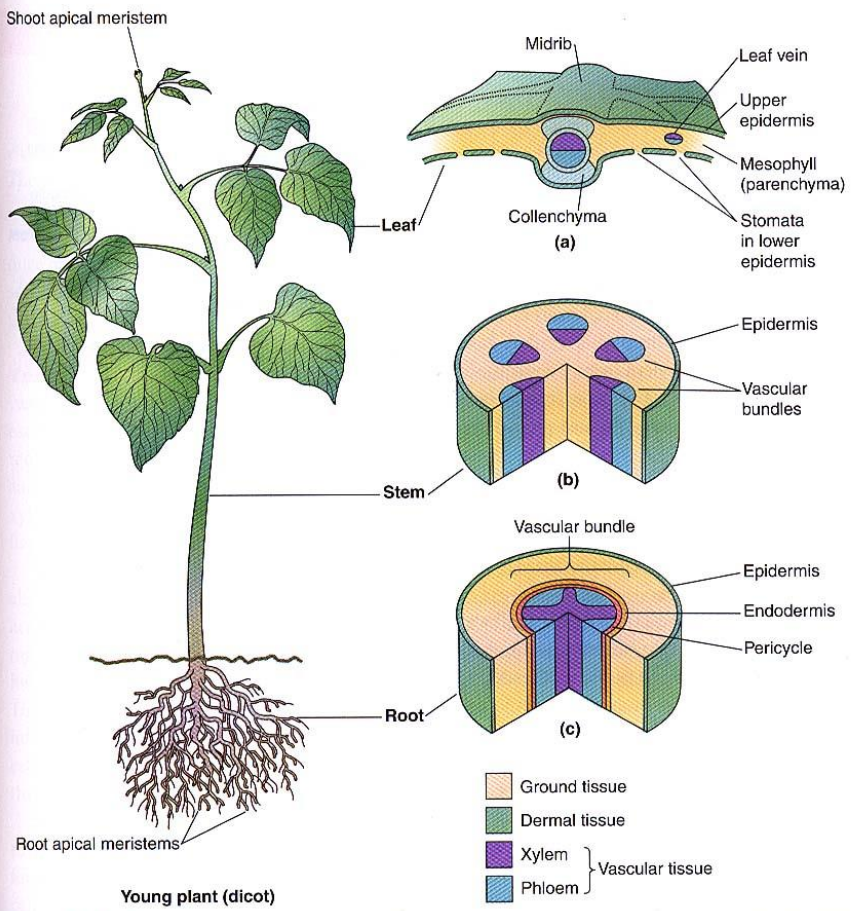
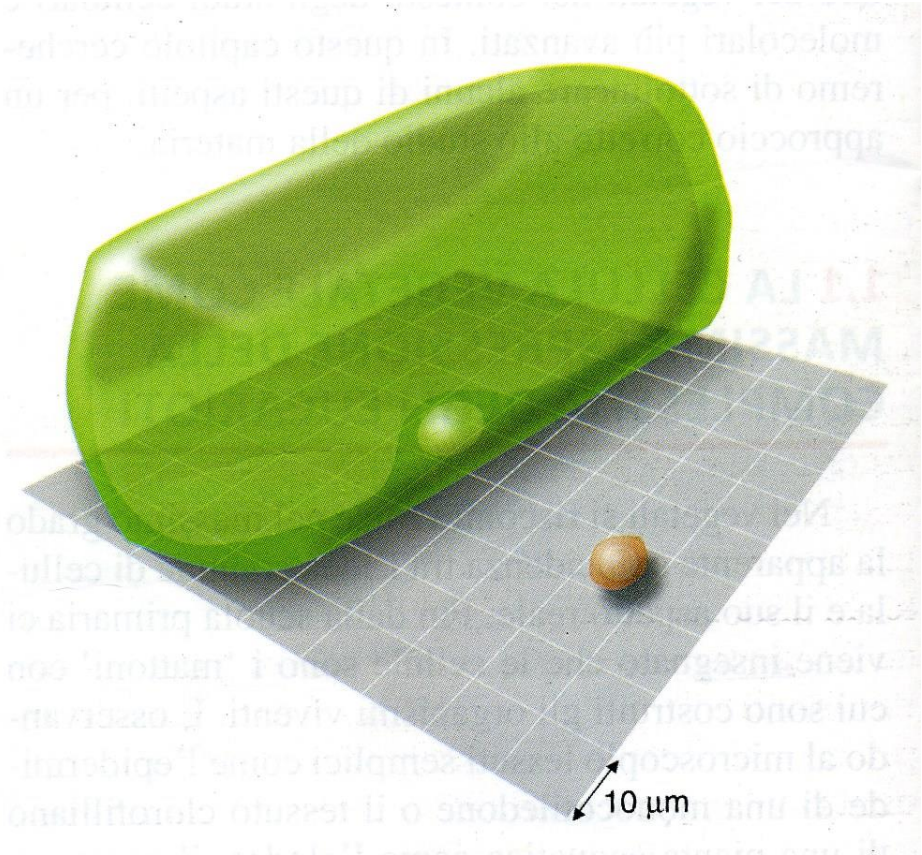
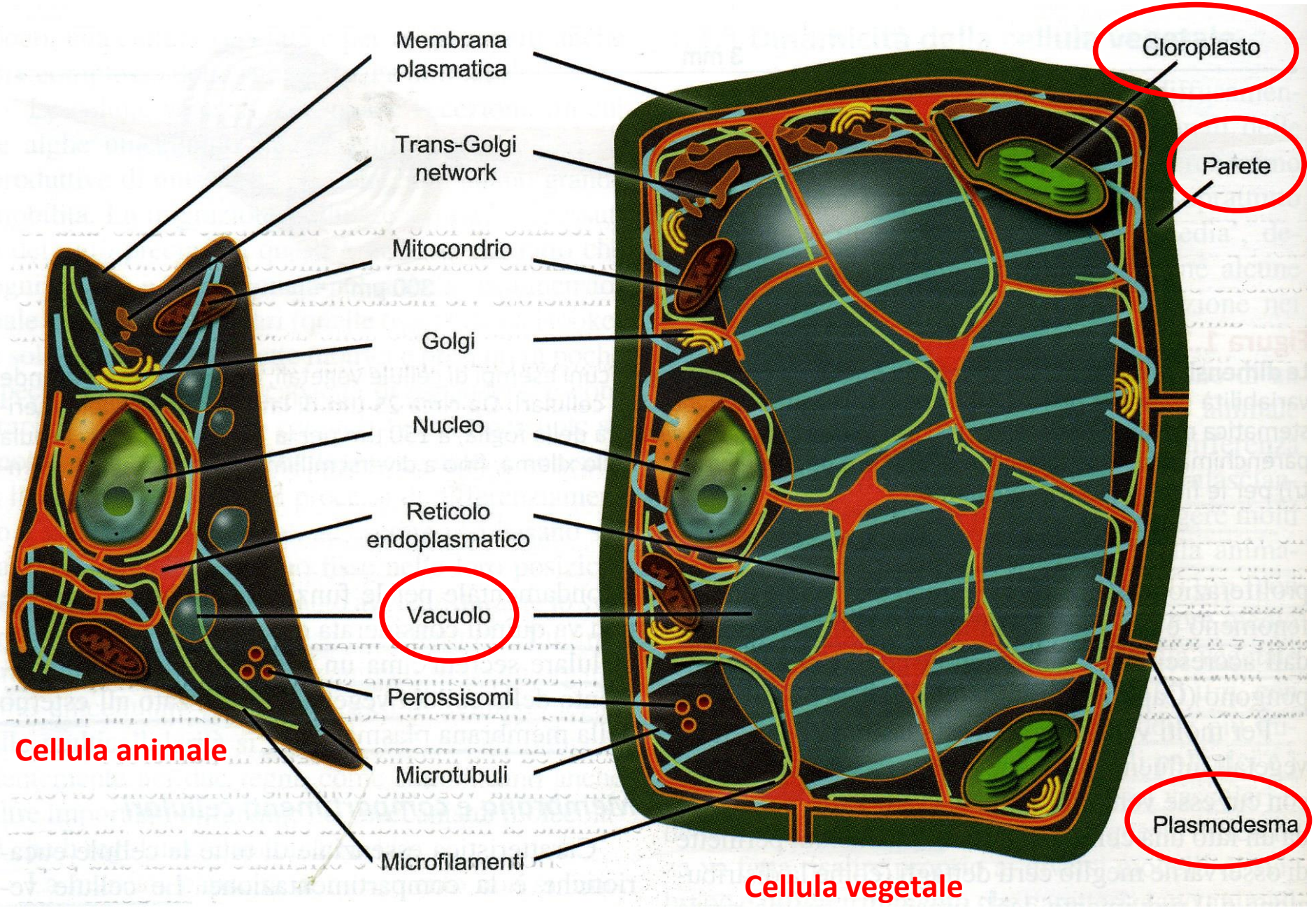


Figure 8.2 The body of a plant showing the organization of the three tissue systems in the organs. The cross sections through each organ shows the different organization of the three tissue systems in the leaf **(a)**, stem **(b)**, and root **(c)**. Each organ has vascular tissues (xylem and phloem), dermal tissue (epidermis), and ground tissue (mesophyll, cortex, and pith).

LA CELLULA VEGETALE




Membrana plasmatica
Trans-Golgi network
Mitocondrio
Golgi
Nucleo
Reticolo endoplasmatico
Vacuolo
Perossisomi
Microtubuli
Microfilamenti
Cellula animale
Cloroplasto
Parete
Plasmodesma
Cellula vegetale

La cellula eucariotica è caratterizzata dalla presenza di un sistema esteso di endomembrane che delimitano gli organelli.

Del sistema di endomembrane fanno parte:
Involucro nucleare
Reticolo endoplasmatico
Apparato del Golgi
Vacuolo
Membrana plasmatica
Endosomi

Organelli che derivano dal sistema di endomembrane:
Microcorpi (perossisomi, gliossisomi)
Corpi oleosi

Organelli semiautonomi
Mitocondri
Plastidi

Organelli semiautonomi

Nella cellula vegetale sono presenti 3 genomi:
nucleare, **mitocondriale, plastidiale**

Organelli semiautonomi: Cloroplasti e mitocondri:

- proprio DNA e sistema di sintesi proteica (ribosomi, tRNA)
- evoluti da batteri endosimbionti: DNA simili a quelli batterici, localizzati in nucleoidi

Circa il 15% dei geni nucleari delle piante sono di origine batterica

Il DNA del cloroplasto (plastoma) codifica per:
rRNA, tRNA, Rubisco LS, e molte altre proteine necessarie alla fotosintesi

Plastidi **(sono caratteristici della cellula vegetale)**

Cloroplasti: clorofilla e carotenoidi; fotosintesi

Cromoplasti: carotenoidi; colorazione di frutti e fiori

Leucoplasti: plastidi incolore, non pigmentati. Comprendono:
- Amiloplasti: tessuti di riserva del fusto, radice e seme
- Eialoplasti: lipidi

Le cellule meristematiche contengono proplastidi (organelli indifferenziati), che mancano di clorofilla e membrane interne.
La luce innesca il differenziamento in cloroplasti.

Semi germinanti al buio contengono ezioplasti che contengono i corpi prolamellari

I plastidi derivano sempre da altri plastidi per divisione

Nella maggior parte delle piante (angiosperme, soprattutto) i plastidi vengono trasmessi dal gamete femminile

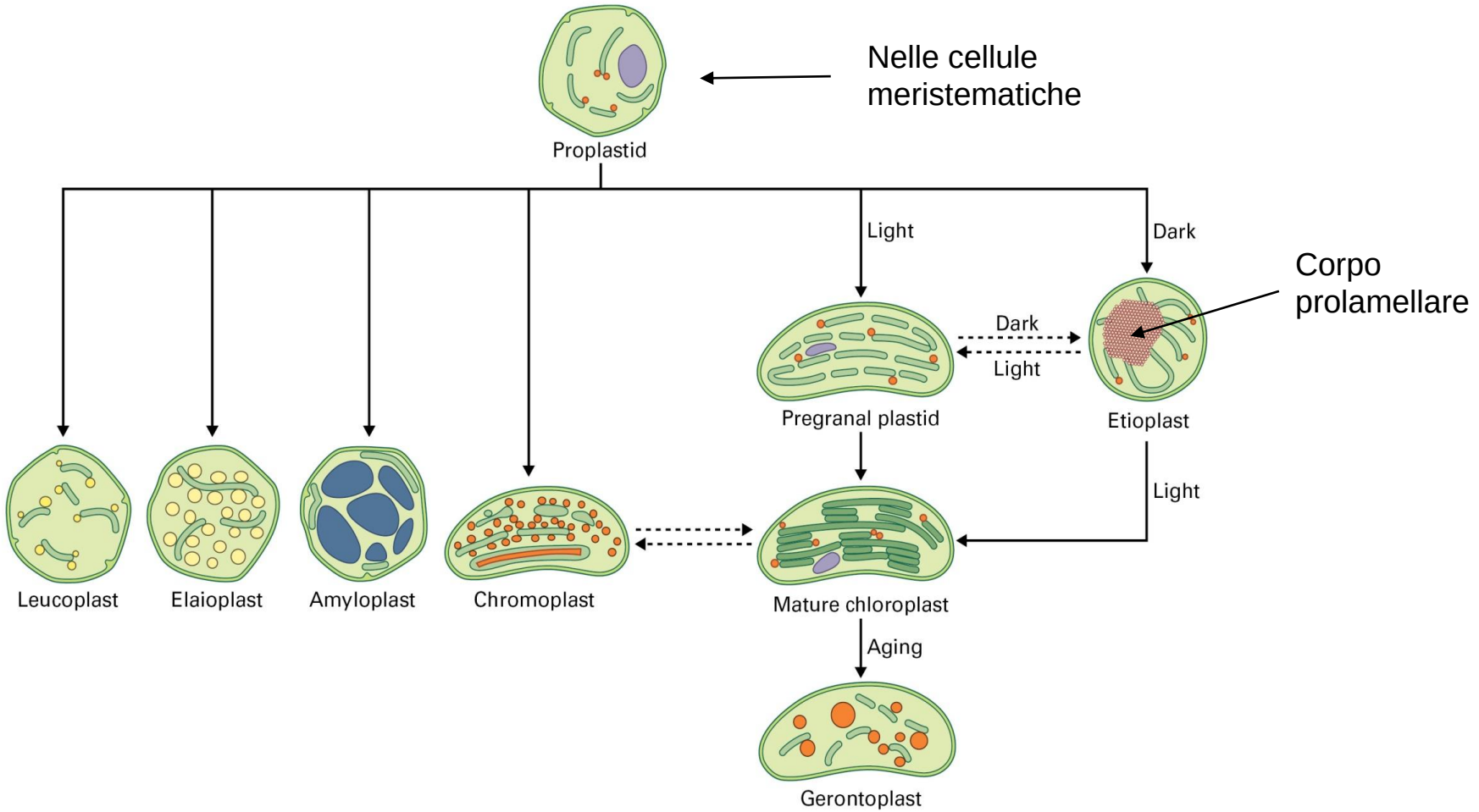
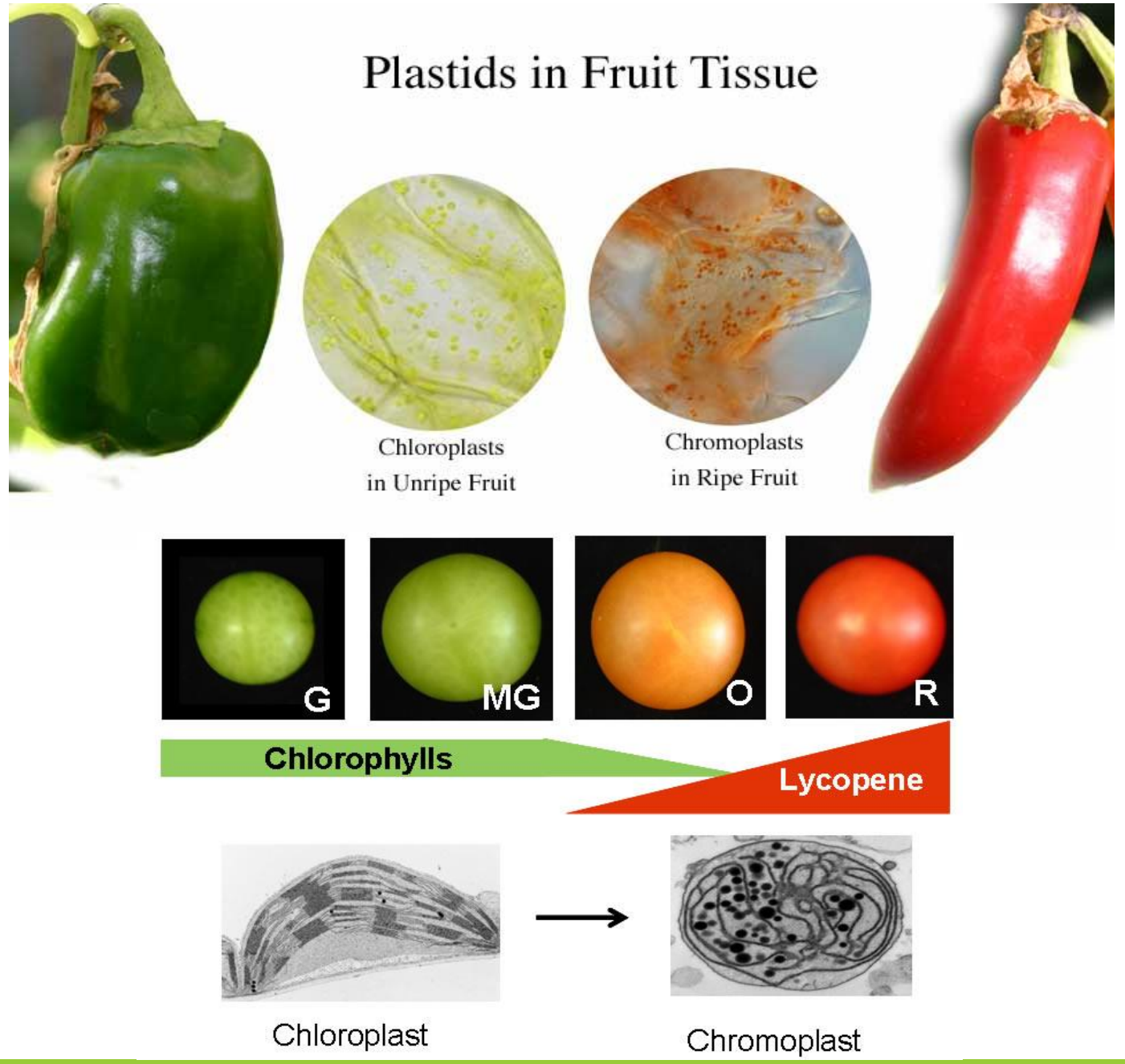


FIGURE 1.47 *Diagram illustrating the developmental relationships between the major types of plastids. All plastids in plants are derived from proplastids, which are passed on to the next generation in eggs and sperm, and are maintained in the meristems. Single arrows with solid lines depict normal steps of plastid development; dashed arrows show conversions that occur under special circumstances.*

Biochemistry & Molecular Biology of Plants, Second Edition. Edited by Bob B. Buchanan, Wilhelm Gruissem, and Russell L. Jones.
© 2015 John Wiley & Sons, Ltd. Published 2015 by John Wiley & Sons, Ltd.
Companion website: www.wiley.com/go/buchanan/biochem

WILEY Blackwell



Beta-carotene

Capsantina
Capsorubina...

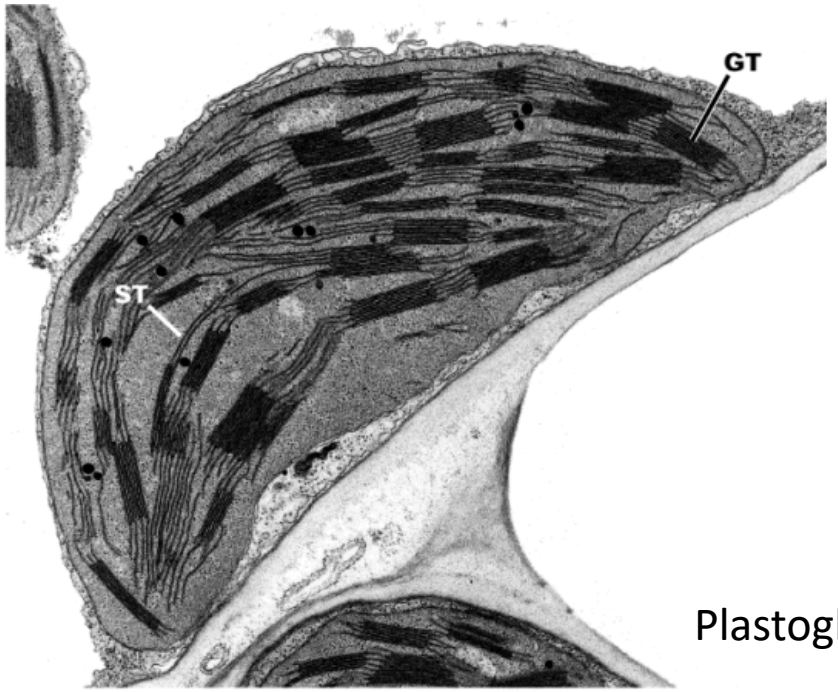
Cloroplasti

Numero per cellula variabile : (da 1 grande in alcune alghe, a molti e piccoli nelle piante superiori)

Dimensioni: 3-10 μm

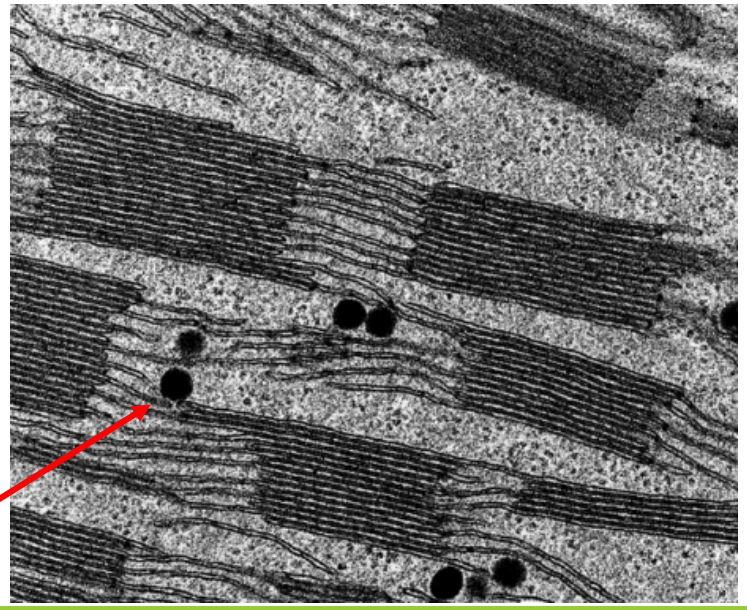
Tre sistemi di membrane

Siti della fotosintesi (e di sintesi di acidi grassi, isoprenoidi ecc…)



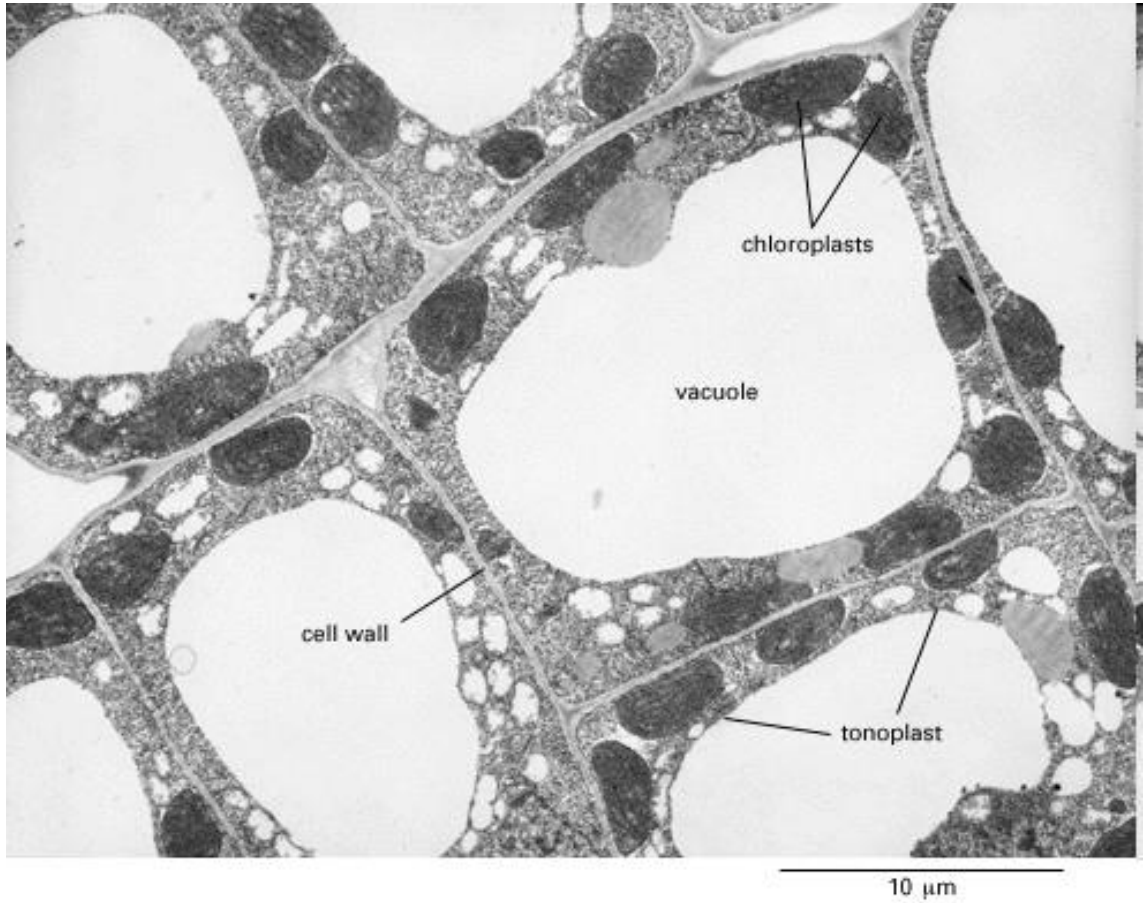
Plastoglobuli

Tilacoidi



Vacuoli

FUNZIONI
- riserva
- metabolismo
- omeostasi ionica e del pH
- detossificazione
- difesa da patogeni





www.atlantebotanica.unito.it





Composizione del succo cellulare

Acqua +
Ioni inorganici: potassio, sodio, calcio, magnesio, cloruro ecc…
Acidi organici: malico, citrico, succinico, ossalico…
Carboidrati: fruttani, saccarosio, maltosio, glucosio, fruttosio
Aminoacidi e proteine (es. aleurone)

Inclusi solidi (ossalato di calcio)
Pigmenti (antocianine)
Lipidi (semi)
Metaboliti secondari (e.g. tannini nelle foglie) e xenobiotici

Vacuoli

In cellule giovani: provacuoli che si originano dal trans Golgi network. A maturità i provacuoli si fondono a formare grandi vacuoli che occupano gran parte del volume cellulare

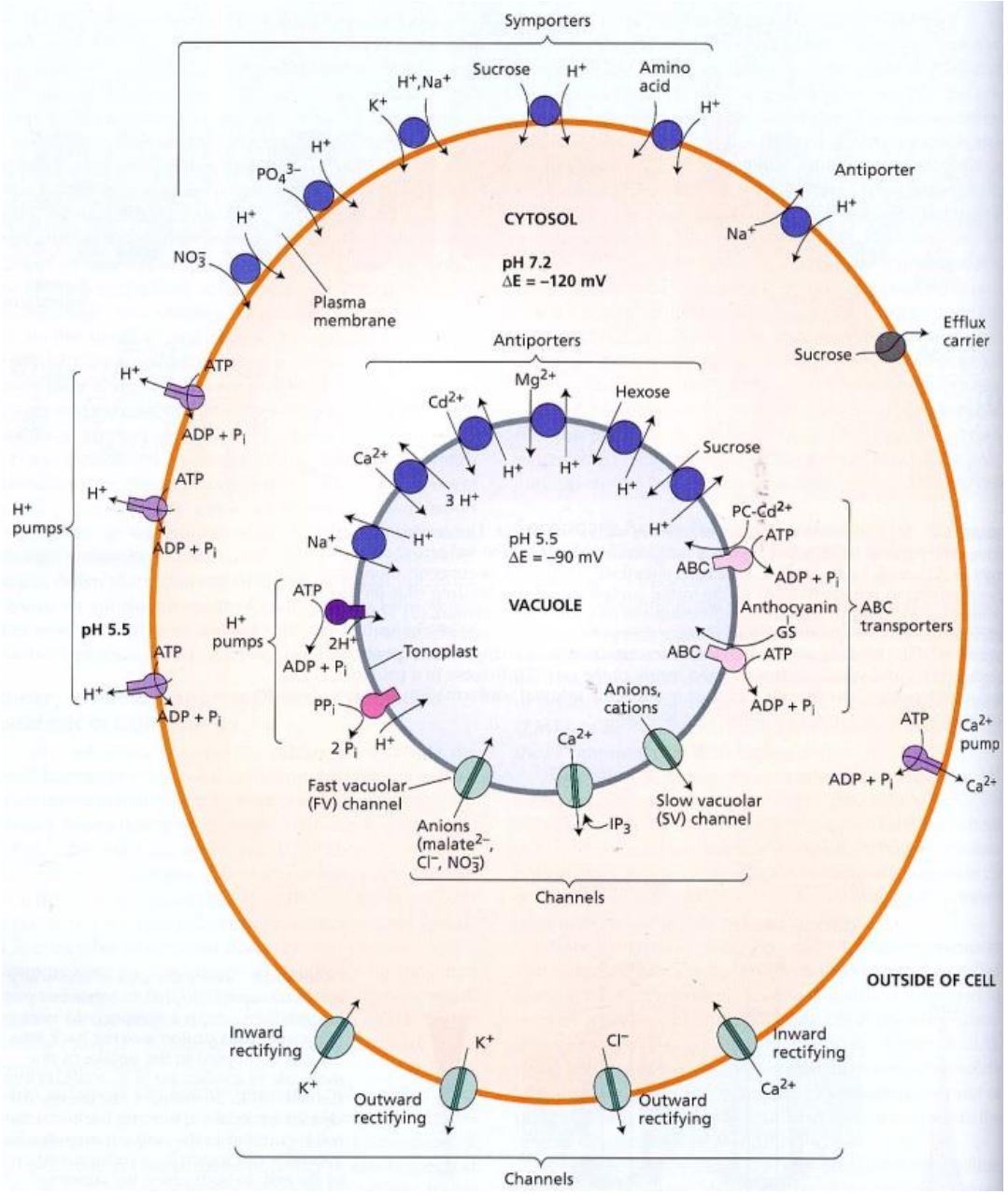
Permettono alle piante il raggiungimento di grandi dimensioni, consentendo economia biosintetica

Ricchi di enzimi idrolitici: proteasi, ribonucleasi glicosidasi - ruolo litico dei vacuoli, rilascio di enzimi nel citosol durante processi degradativi come la senescenza

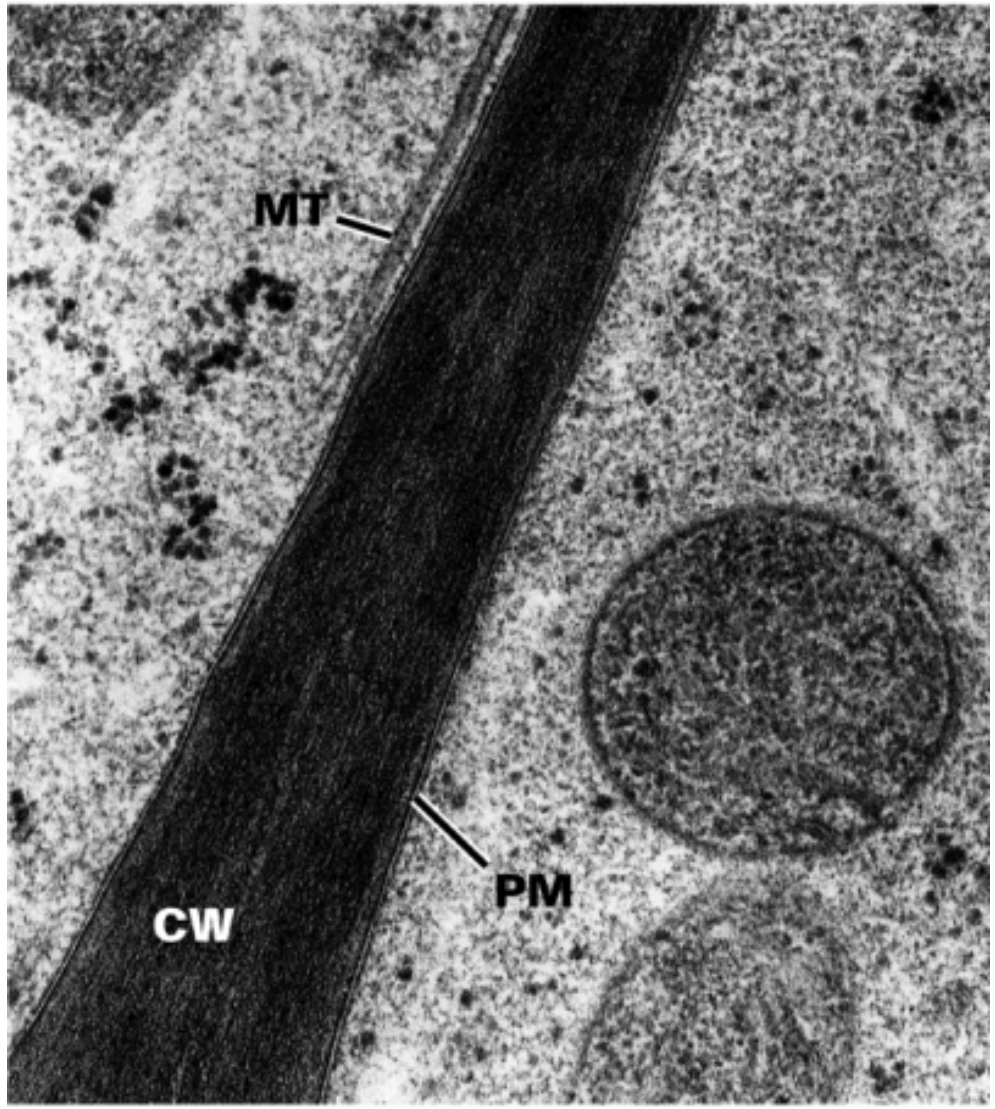
Membrana del tonoplasto

L'accumulo di soluti garantisce al vacuolo la forza motrice osmotica per l'assorbimento di acqua, necessaria alla distensione cellulare vegetale

Pressione di turgore necessaria alla crescita generata per via osmotica e responsabile del portamento delle specie erbacee che mancano di tessuti lignificati di sostegno



Parete cellulare



Risorsa di enorme rilevanza economica: carta, fibre tessili, legname, polimeri industriali (e.g. addensanti, bioplastiche, adesivi..)

Fonte primaria di fibre alimentari

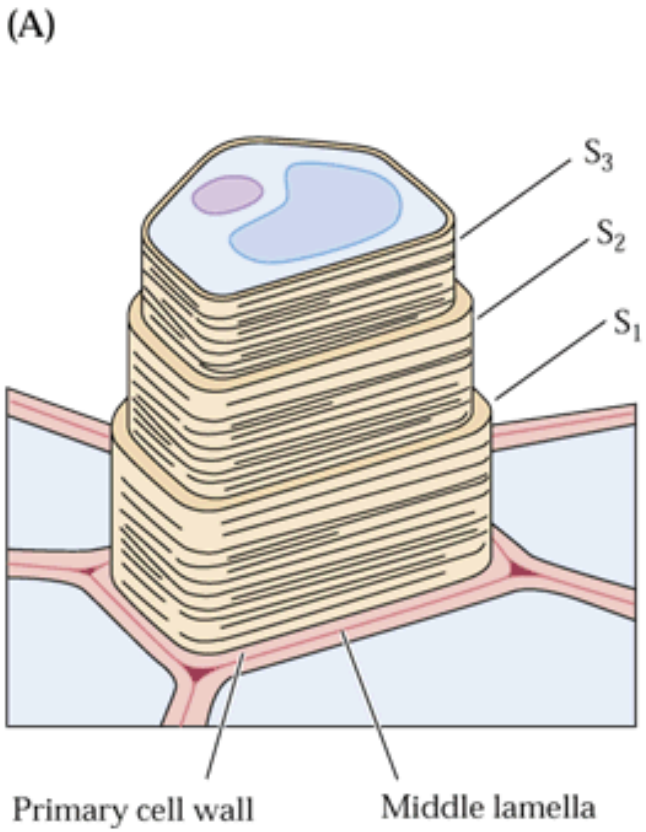
Da essa dipendono gli attributi sensoriali dei prodotti vegetali freschi (croccantezza, succosità, farinosità..)

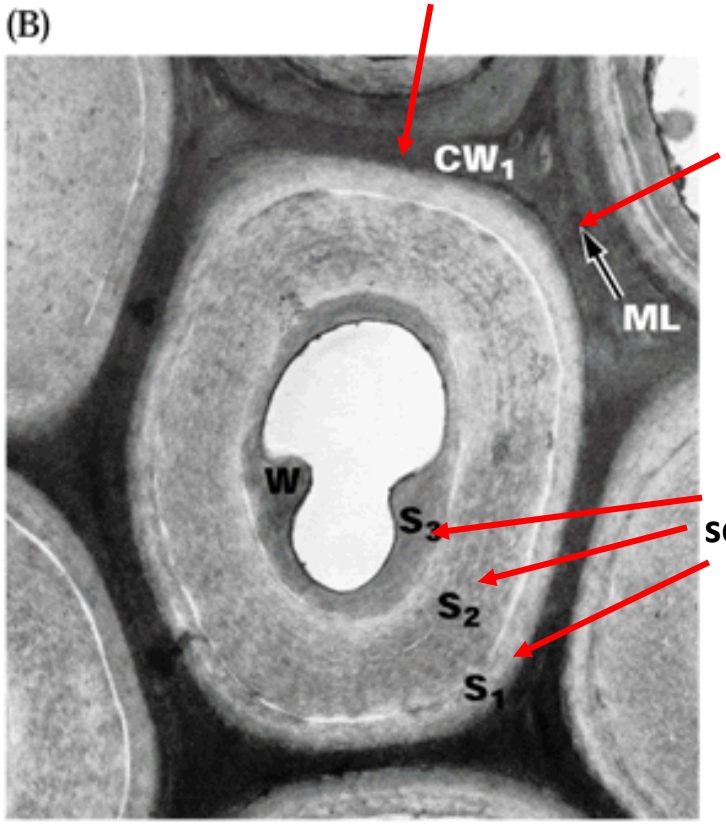
Dal punto di viste **ecologico** costituisce la più grande riserva di carbonio organico presente in natura («sink» di carbonio) e, perciò, ha un ruolo determinante nel ciclo del carbonio

LA PARETE CELLULARE

PARETE PRIMARIA

Si forma nelle cellule in crescita
Struttura simile in tutte le cellule
Spessore da 0.1 µm a 1 µm





LAMELLA MEDIANA

È comune a cellule contigue

PARETE SECONDARIA

Tipica delle cellule che hanno completato il processo di sviluppo
È formata da più strati
Ha composizione e struttura altamente variabili

FUNZIONI DELLA PARETE CELLULARE

Conferimento della forza meccanica e dell'immobilità

Mantenimento e controllo della forma, e resistenza ad elevate pressioni di turgore

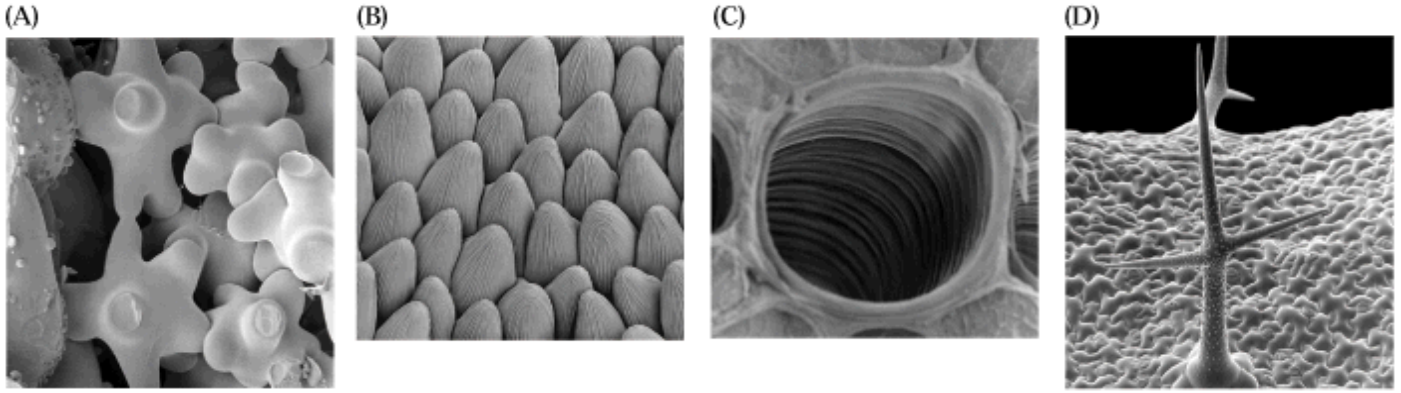
Controllo dell’espansione

Controllo del trasporto intercellulare +
Protezione da microorganismi patogeni (es. difensine) e interazione con microrganismi simbionti

Immagazzinamento di sostanze di riserva (es. Polisaccaridi nei semi)

…. La parete non è un compartimento inerte, ma è metabolicamente attivo e funzionale a molteplici attività fisiologiche

Forma cellulare

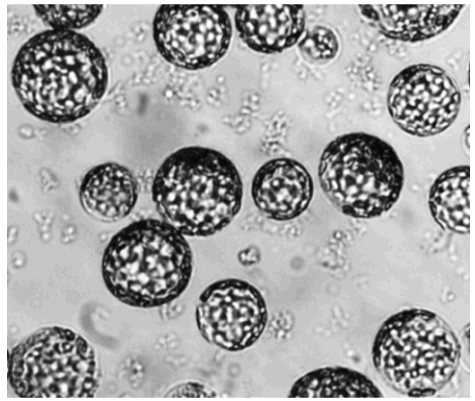


parenchima fogliare

epidermide petali

tracheide

tricoma



protoplasti

Se mancasse la parete, le cellule vegetali sarebbero tutte sferiche, indipendentemente dal tessuto di partenza

COME FUNZIONA UNA PIANTA?

Elementi che accomunano piante e animali

Processi fondamentali:

- La nutrizione
- L'accrescimento
- La riproduzione

A livello cellulare, processi in comune:

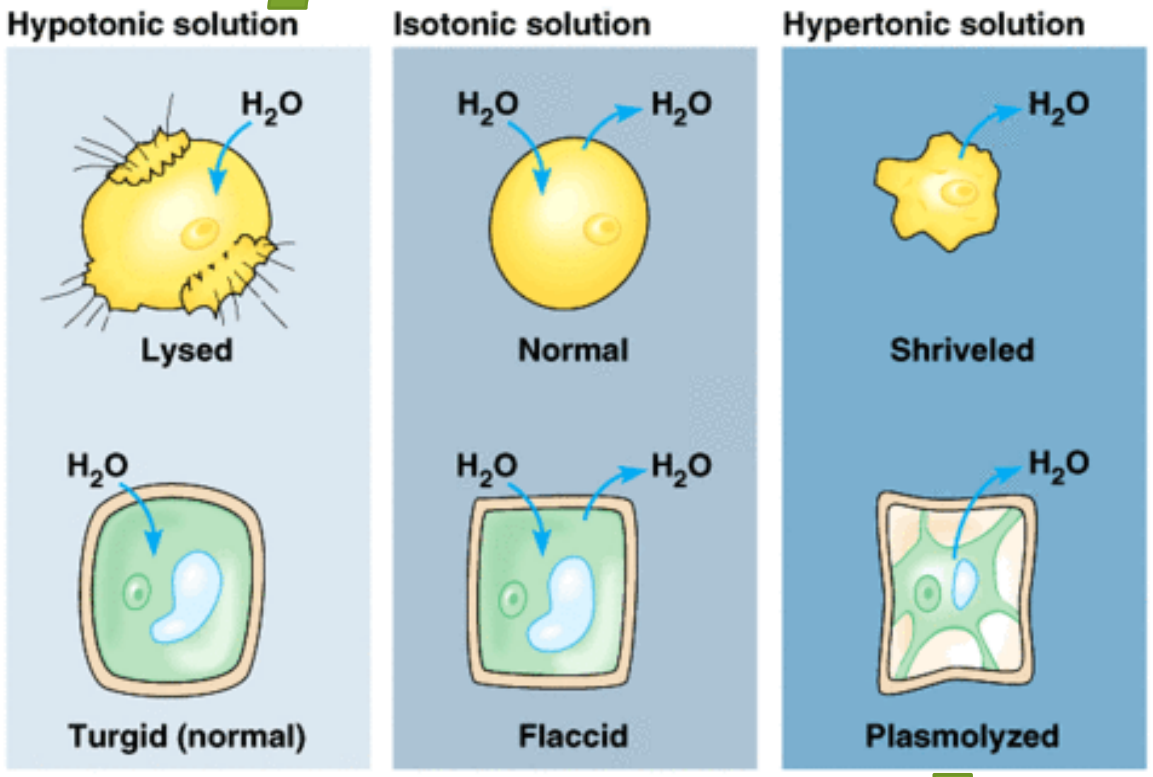
1) Respirazione
2) Sintesi proteica
3) Mitosi
4) Meiosi

...

PRINCIPALI DIFFERENZE FRA PIANTE ED ANIMALI E LORO CONSEGUENZE STRUTTURALI E FUNZIONALI

- LA PARETE CELLULARE E LA PERDITA DI MOTILITA': LA VITA IN MEZZO IPO-OSMOTICO
- IL MODELLO DI NUTRIZIONE E LE FONTI DI APPROVVIGIONAMENTO ENERGETICO
- L'ARCHITETTURA GENERALE, LA RICERCA DEL CIBO, LE DIMENSIONI, IL MOVIMENTO DEI FLUIDI INTERNI
- IL MODELLO DI ACCRESCIMENTO

PARETE CELLULARE E VITA IN MEZZO IPO-OSMOTICO



Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.



Le foglie di questa pianta di *Coleus* rimangono turgide a causa dell'elevata pressione di turgore all'interno delle sue cellule.



Quando le cellule perdono quantità eccessive di acqua, la loro pressione di turgore si abbassa e la pianta appassisce.

NUTRIZIONE

Sia le piante che gli animali cercano nella nutrizione gli stessi elementi

C, H, O, N, P, S, ecc…

ma

ANIMALI	**PIANTE**
Organismi eterotrofi	**Organismi autotrofi**
Ottengono dall'ambiente sost. organiche:	**ottengono dall'ambiente sost. inorganiche:**
Zuccheri-Proteine-Lipidi	**NO_3^-; NH_4^+, CO_2, SO_4^{2-} ecc...**
	e da esse sintetizzano i composti organici

La ricerca del cibo nelle piante coincide con l'aumento della superficie esposta alla fonte energetica primaria (la luce) ed alle fonti dei nutrienti (CO_2 ed elementi minerali nel suolo). Quindi, le piante devono sviluppare una massa corporea che richiede una biomeccanica diversa da quella degli animali

Le piante possiedono due principali fluidi interni (xilematici e floematici) che sono trasportati anche a grande distanza ma sempre in modo passivo

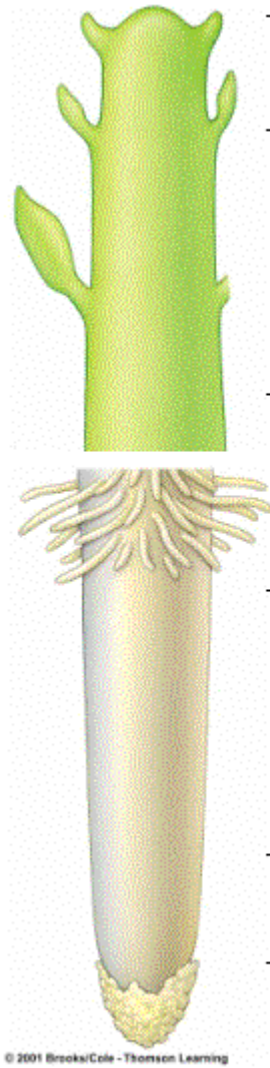
Le piante non possiedono un sistema nervoso organizzato

Accrescimento indeterminato



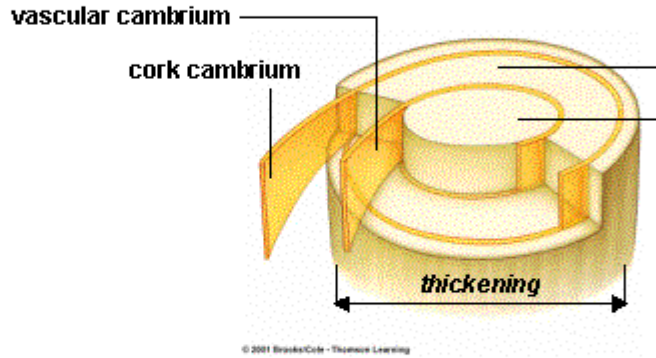
Per le piante la crescita rappresenta, in un certo senso,
l'equivalente della mobilità per gli animali

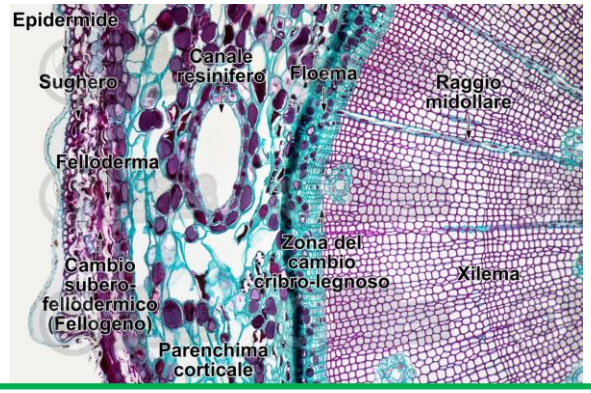
Accrescimento indeterminato



SHOOT APICAL MERISTEM
Region of embryonic cells near the dome-shaped tip of *all* shoots is the source of primary growth (lengthening)

THREE PRIMARY MERISTEMS
Apical meristem's embryonic descendants divide, grow, and differentiate to form a shoot's primary tissue system:
Protoderm → epidermis
Ground meristem → ground tissue
Procambium primary → vascular tissues

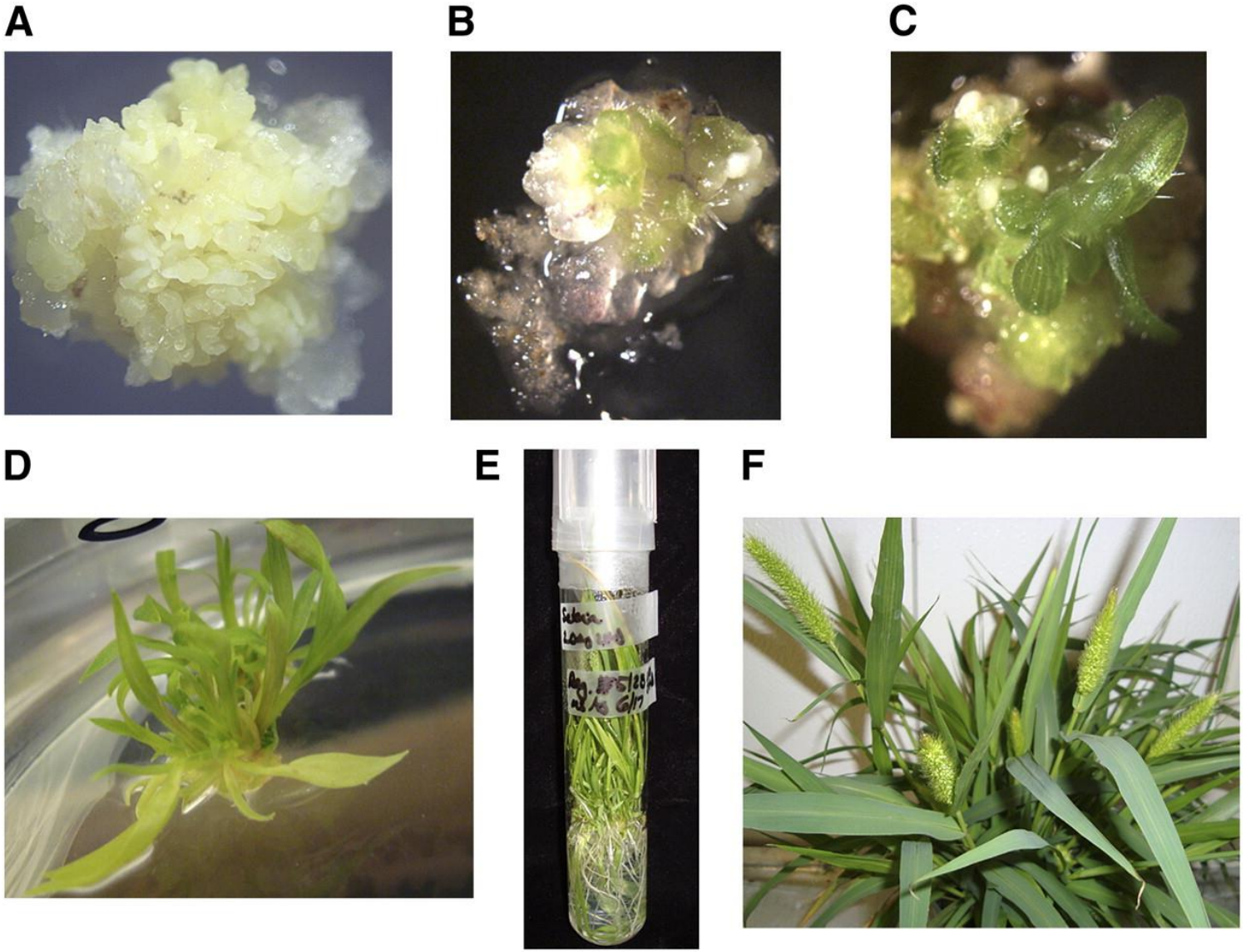




LATERAL MERISTEMS
Two lateral meristems in older stems and roots of woody plants produce secondary growth (increases in diameter):
Vascular cambim → secondary vascular tissues
Cork cambium → periderm (replaces epidermis)

ROOT APICAL MERISTEM
Apical meristem near all root tips gives rise to protoderm, Ground meristem, and procambium. These transitional Meristems give rise to the root's primary tissue systems– Epidermis, ground tissues and vascular tissues.

TOTIPOTENZA (tranne per le cellule che hanno perso il nucleo)



Micropropagazione/ propagazione clonale

Esempio di embriogenesi somatica:
Kalanchoe daigremontiana
(“pianta dai mille figli”)

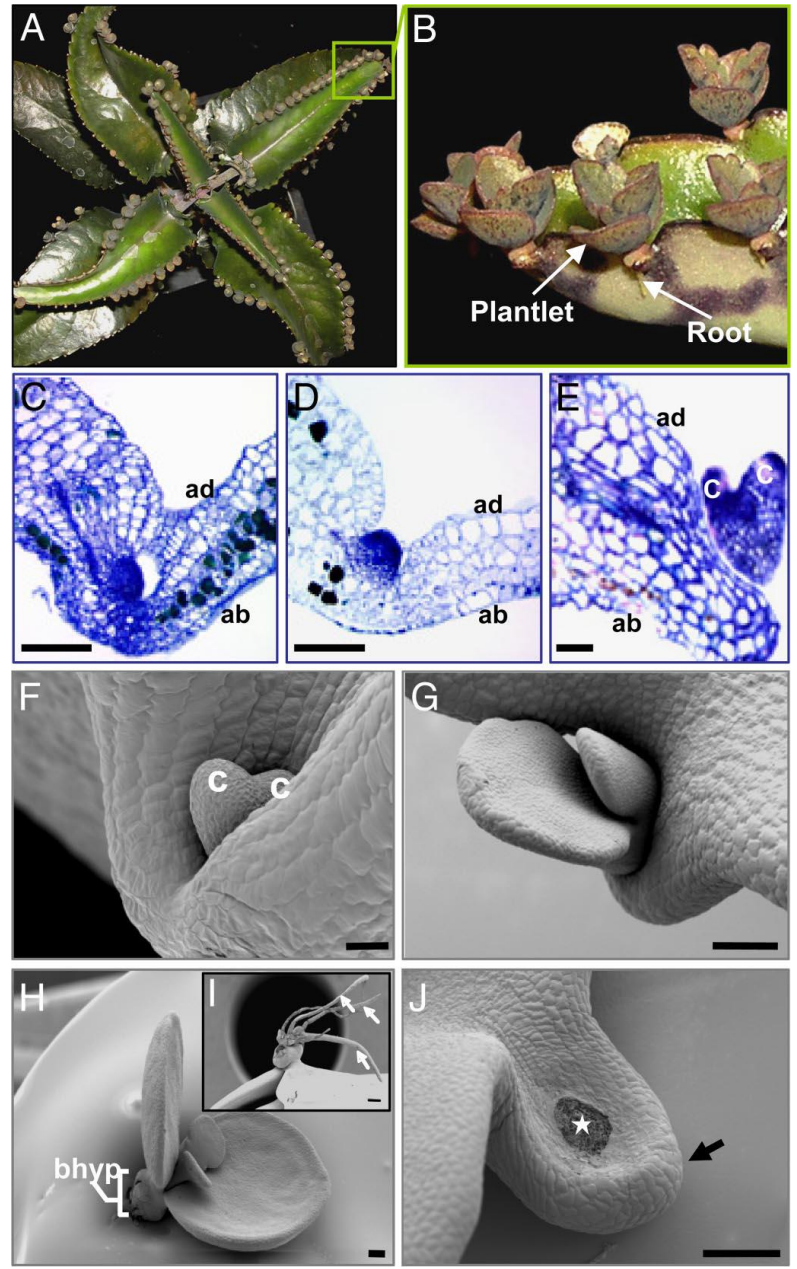


Fig. 1. *Kalanchoe daigremontiana* leaf plantlet development. (A) K. daigremontiana plant. (B) Plantlets. (C–E) Histology of an early (C), later (D), and heart-like (E) embryo plantlet. (F–H) SEM images of heart-like (F) and cotyledon-like (G) plantlets. (H) Plantlet showing basal “hypocotyl.” (I) Older plantlet showing adventitious roots (arrows). (J) Abscission scar on leaf-pedestal (arrow) after plantlet detachment (star). ad, adaxial leaf; ab, abaxial leaf; bhyp, basal “hypocotyl”; c, cotyledon-like leaves. [Scale bars: 50 m (C–F); 200 m (G–J).]

Garces et al. (2007) PNAS
www.pnas.orgcgidoi10.1073pnas.0704105104






Sansevieria leaf
propagation



