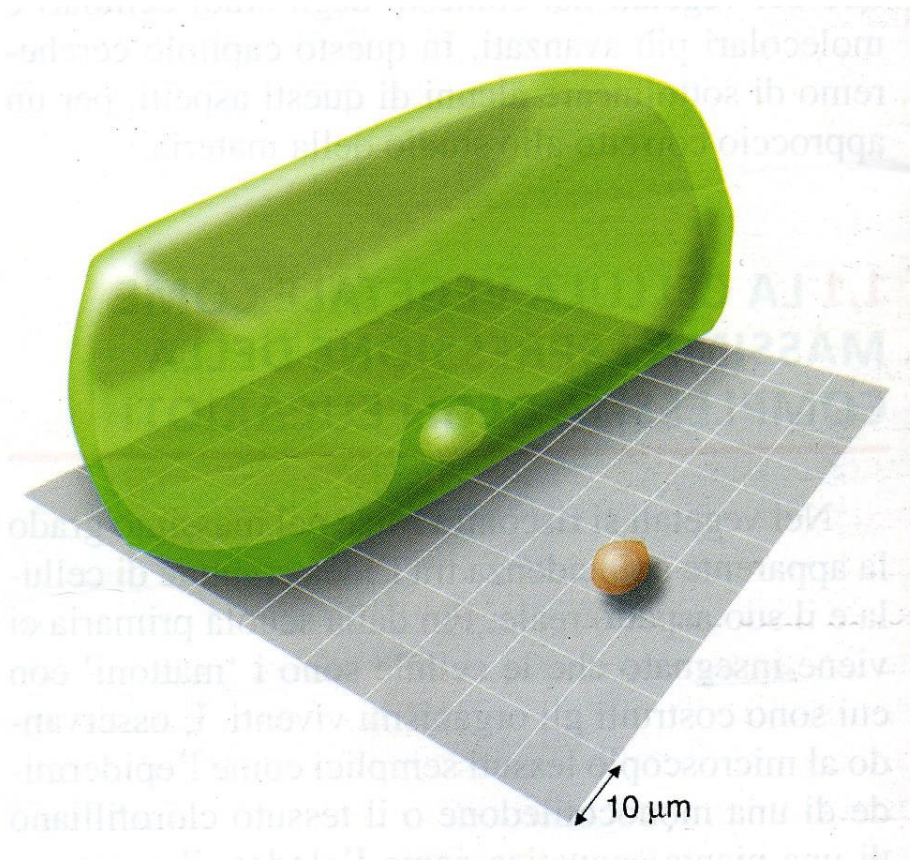
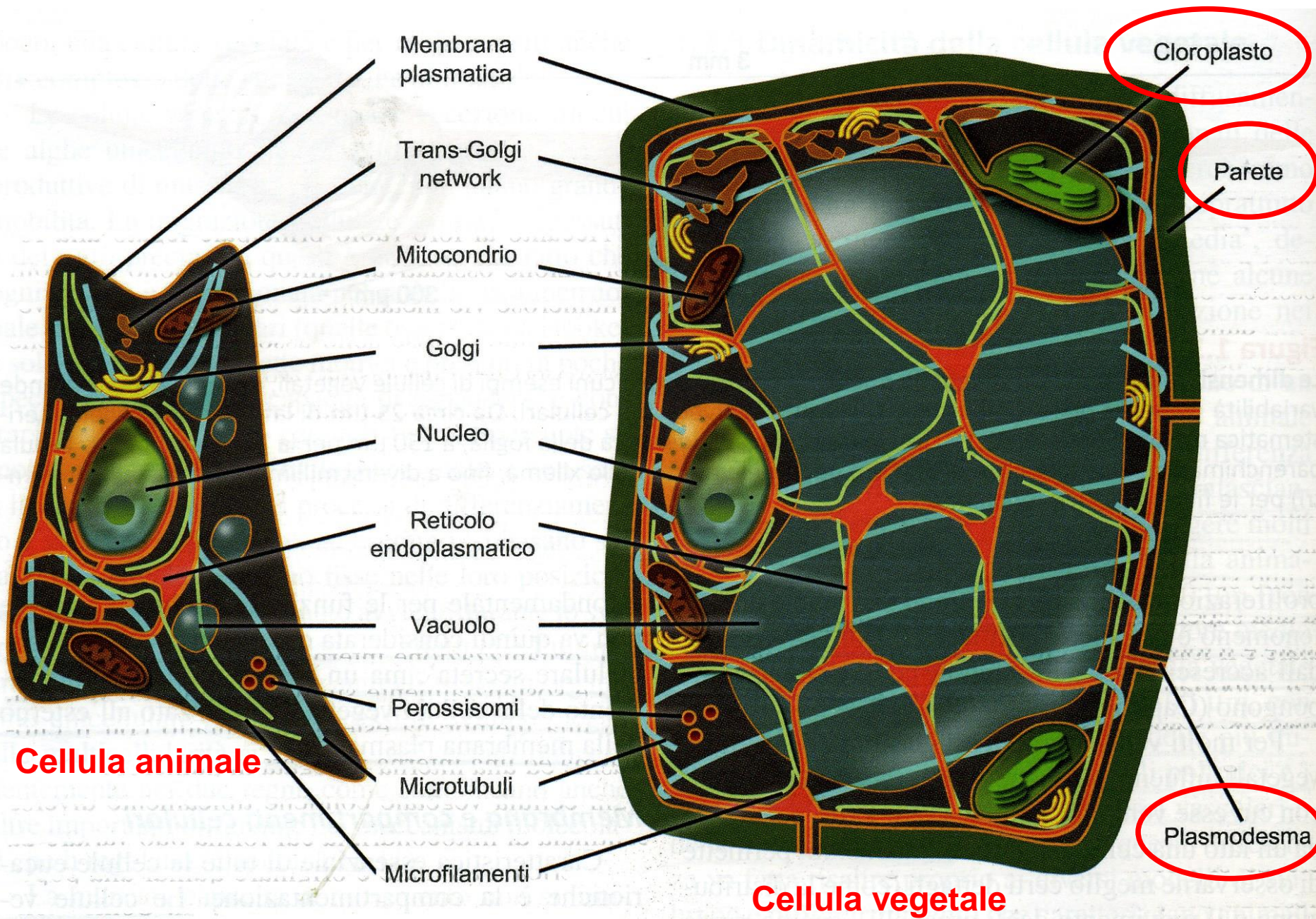


LA CELLULA VEGETALE

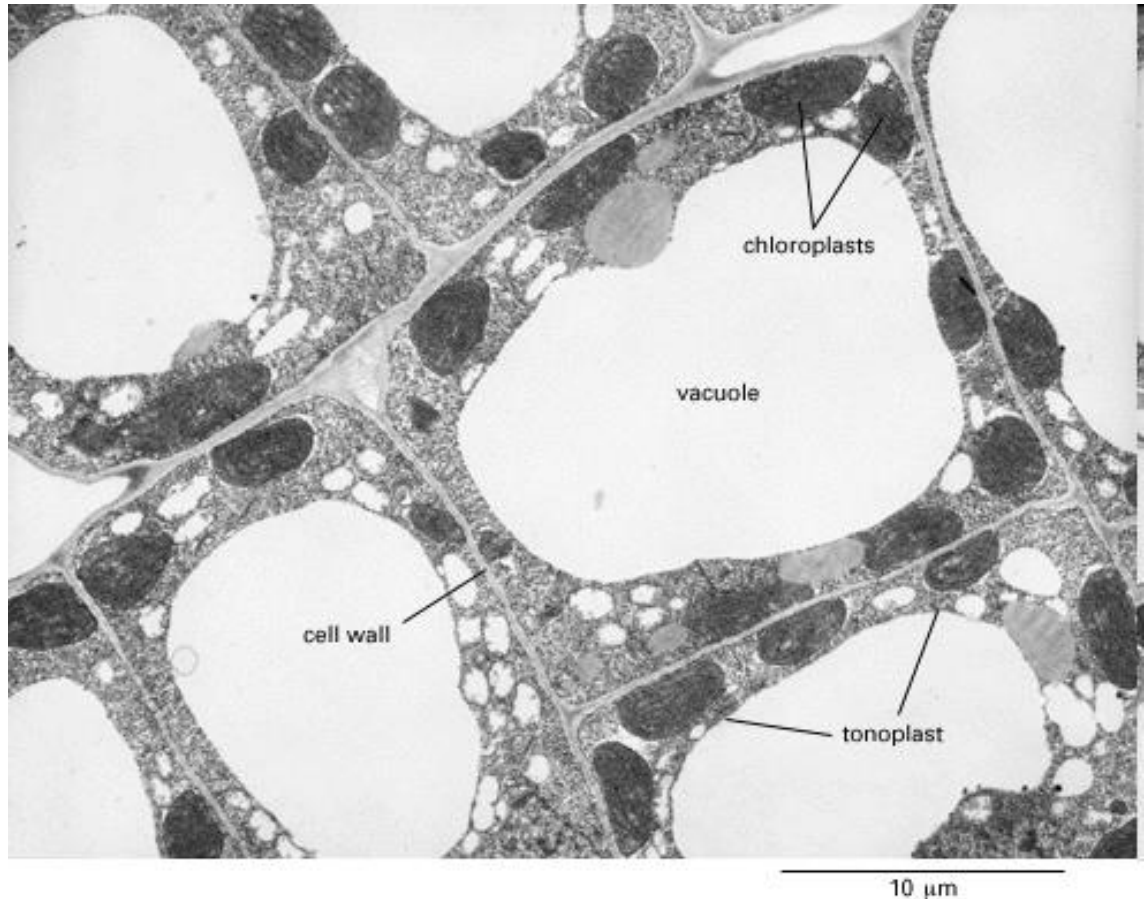




Vacuoli

FUNZIONI

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



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)

Lipidi (semi)

Inclusi solidi (ossalato di calcio)

Pigmenti (antocianine)

Metaboliti secondari (e.g. tannini nelle foglie) e xenobiotici



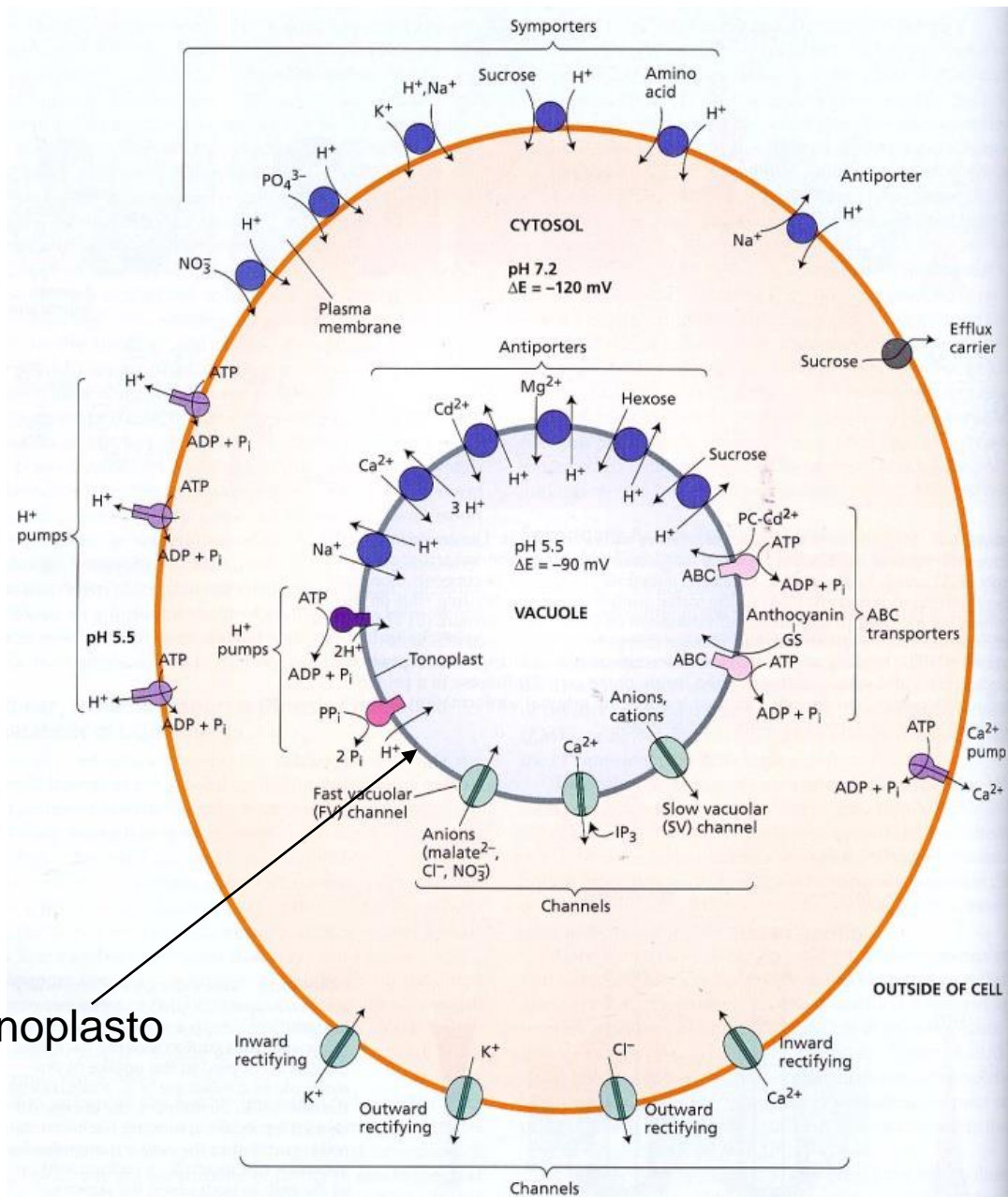
Vacuoli

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

Raggiungimento di grandi dimensioni delle piante 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

Tonoplasto

Perossisomi (Microcorpi)

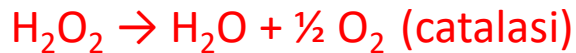
Organelli sferici a membrana singola

Specializzati in particolari funzioni metaboliche

Presenti in tutti gli eucarioti, nelle piante si trovano nelle cellule di tessuti fotosintetici

Associati a mitocondri e cloroplasti

Rimuovono atomi di H da substrati consumando O_2

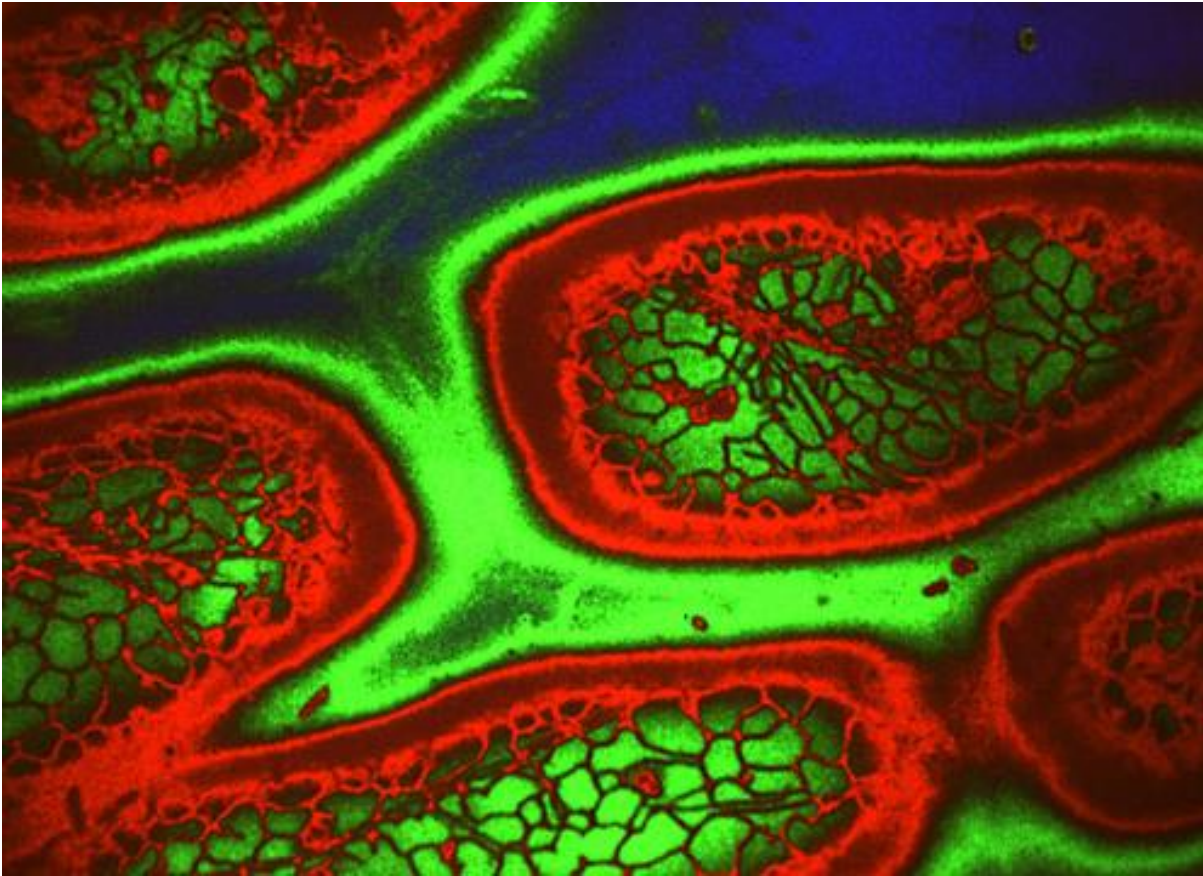


Spesso il substrato è l'acido glicolico → FOTORESPIRAZIONE

Gliossisomi:

- Perossisomi specializzati presenti nei semi che accumulano grassi
- Associati con mitocondri e corpi oleosi
- Contengono gli enzimi del ciclo del gliossilato che converte gli acidi grassi di riserva in zuccheri, traslocati al germoglio per fornire energia durante la germinazione.

Reticolo endoplasmatico



Funzioni:
Sintesi di proteine
destinate alla costruzione
del sistema di
endomembrane

sintesi ed accumulo di
lipidi

Trasporto di proteine

omeostasi del calcio

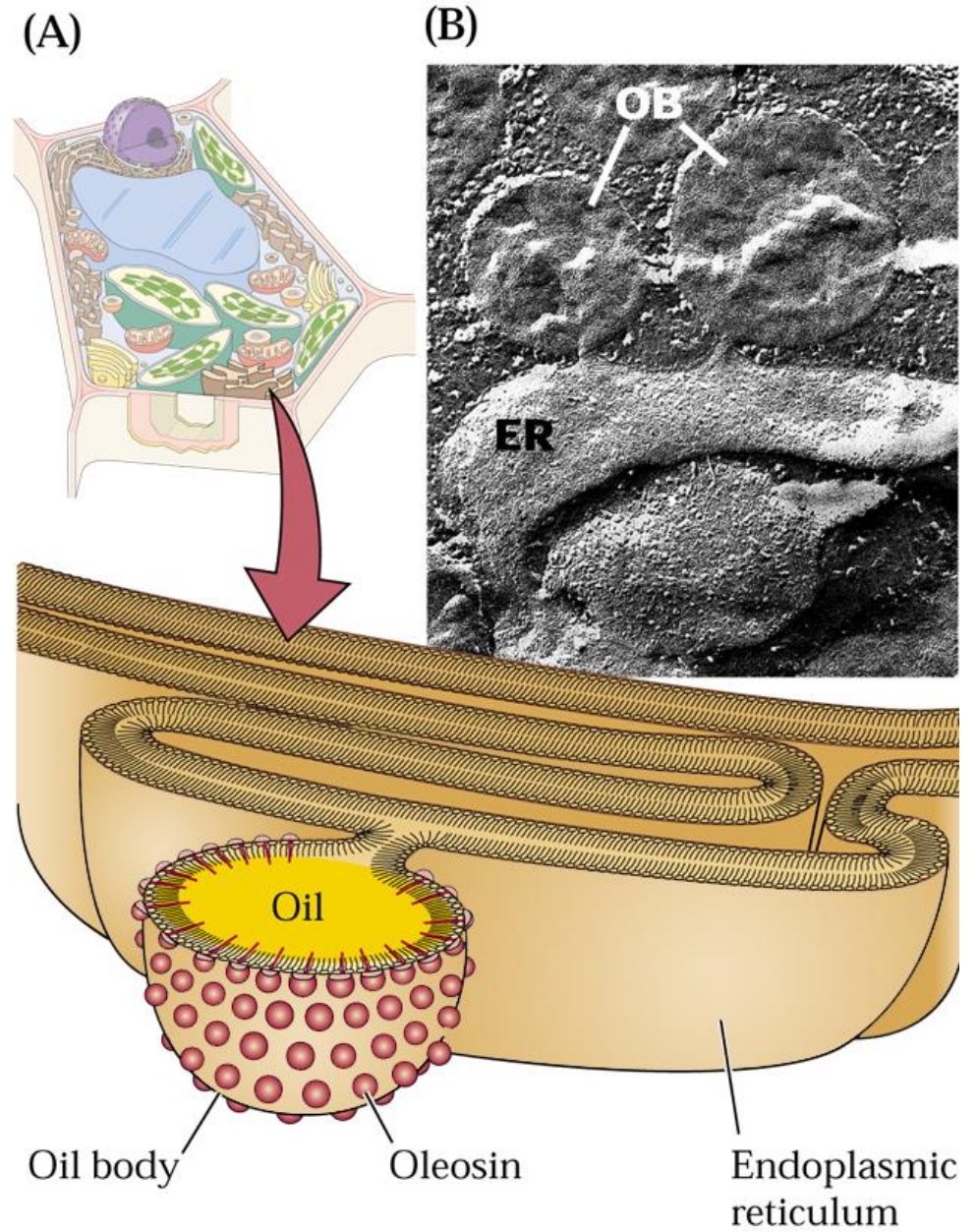
accumulo sostanze di
riserva

RE ruvido: cisterne, ribosomi

RE liscio: tubuli, no ribosomi

Corpi oleosi

Strutture di accumulo
dei trigliceridi



Apparato del Golgi

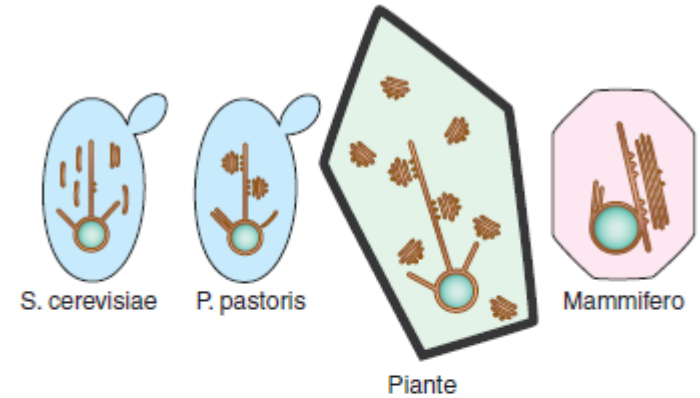
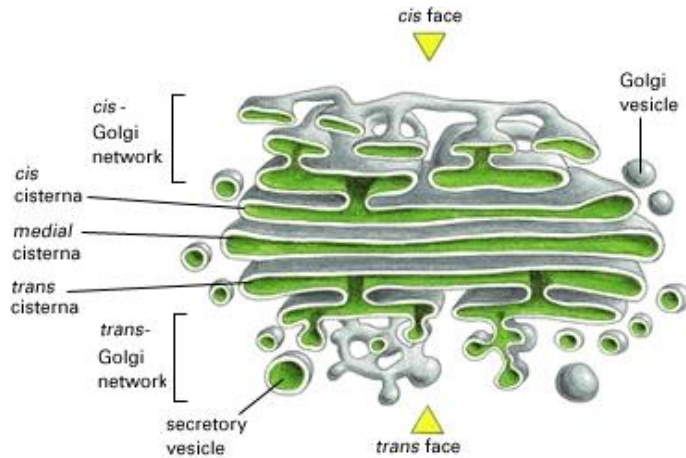


Figura 4.3

L'apparato di Golgi consiste nell'insieme di cisterne appiattite, disperse o strettamente associate ed allineate in parallelo, formando una struttura impilata. La loro organizzazione può cambiare nei diversi organismi. Qui vengono rappresentate le cisterne disperse del lievito *Saccharomyces cerevisiae*, quelle impilate del lievito *Pichia pastoris*, i numerosi dittiosomi indipendenti della cellula vegetale ed il Golgi unico perinucleare delle cellule di mammifero.

Nelle piante numerosi complessi funzionali detti 'dittiosomi'

Nodo cruciale del sistema di secrezione

Sintesi e secrezione di polisaccaridi complessi (matrice di parete), glicoproteine

1. COPII-coated vesicles bud from the ER and are transported to the *cis* face of the Golgi apparatus.

2. Cisternae progress through the Golgi stack in the anterograde direction, carrying their cargo with them.

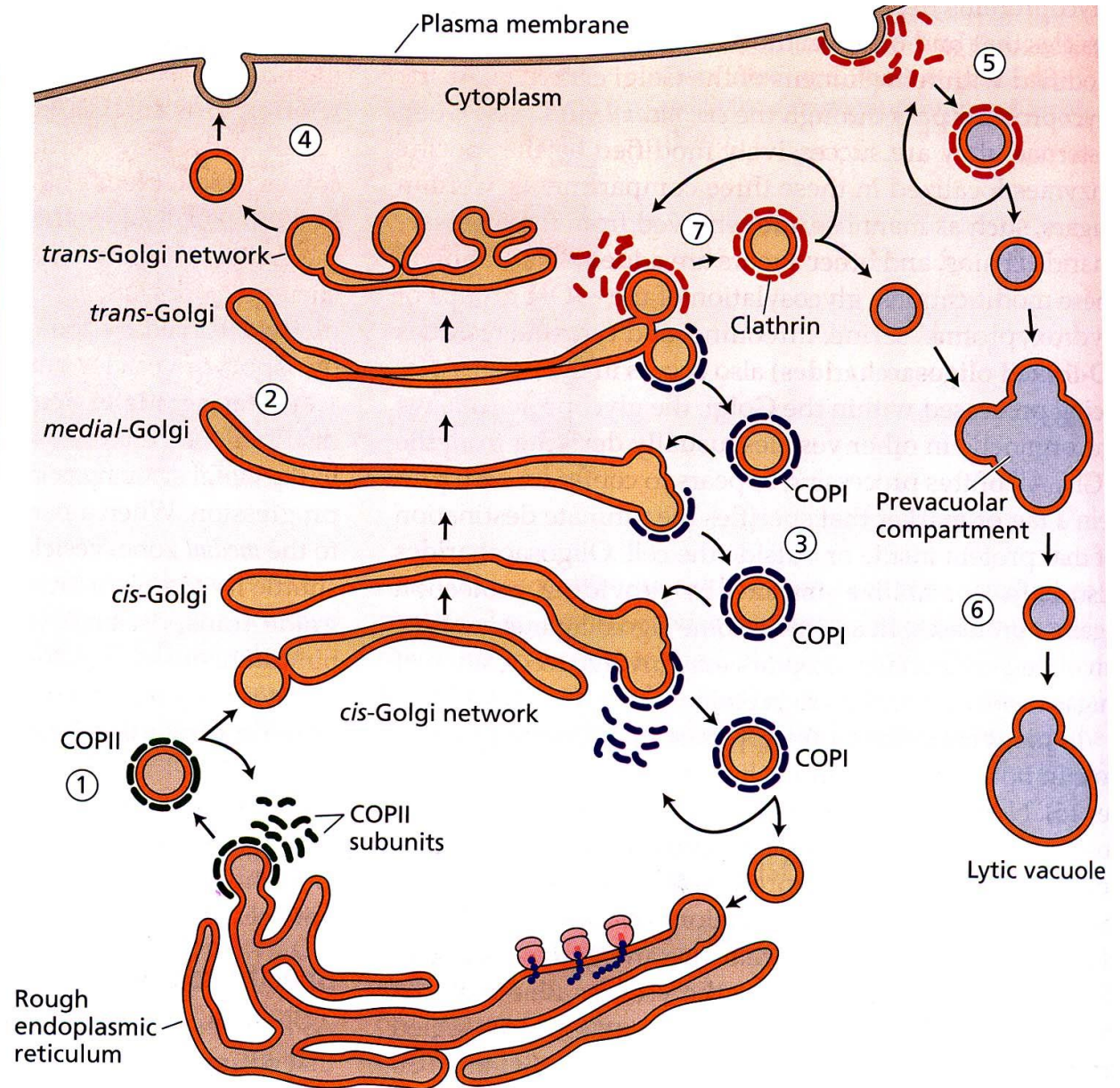
3. Retrograde movement of COPI-coated vesicles maintains the correct distribution of enzymes in the *cis*-, *medial*-, and *trans*-cisternae of the stack.

4. Uncoated vesicles bud from the *trans*-Golgi membrane and fuse with the plasma membrane.

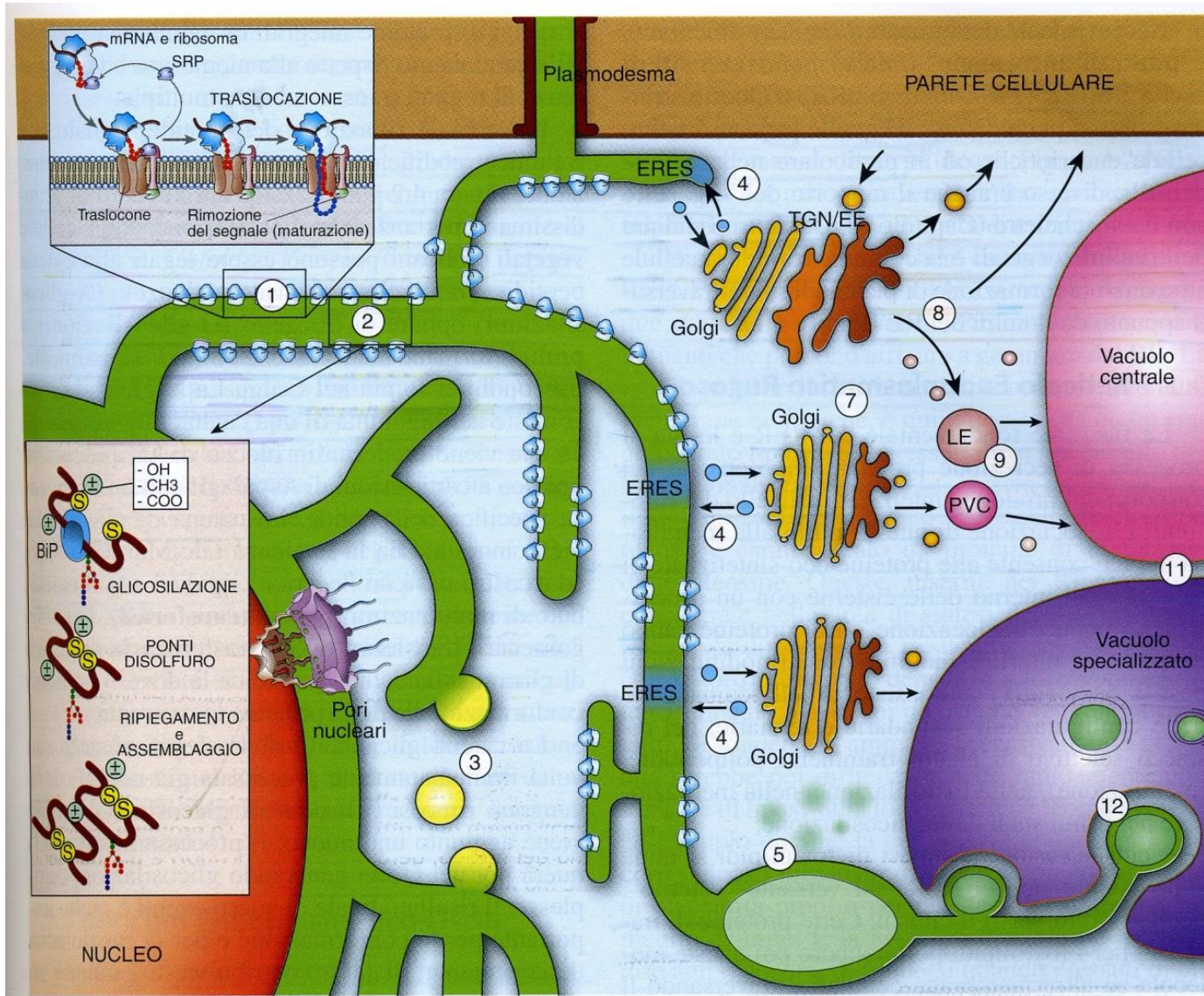
5. Endocytotic clathrin-coated vesicles fuse with the prevacuolar compartment.

6. Uncoated vesicles bud off from the prevacuolar compartment and carry their cargo to a lytic vacuole.

7. Proteins destined for lytic vacuoles are secreted from the *trans* Golgi to the PVC via clathrin-coated vesicles, and then repackaged for delivery to the lytic vacuole.



Il sistema di endomembrane è altamente dinamico

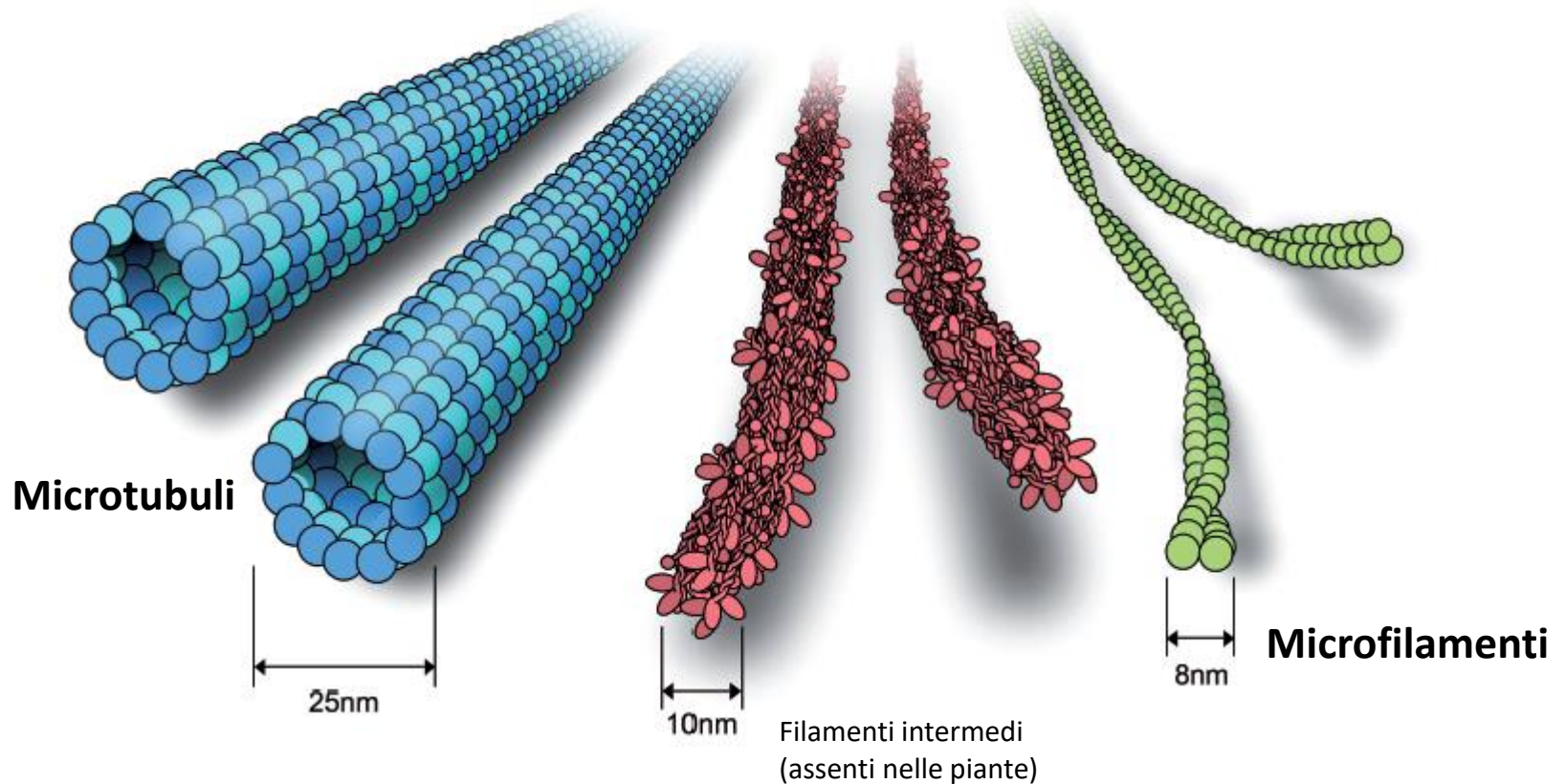


Citoscheletro

Organizzazione e spostamento degli organelli

Deposizione parete

Mantenimento forma



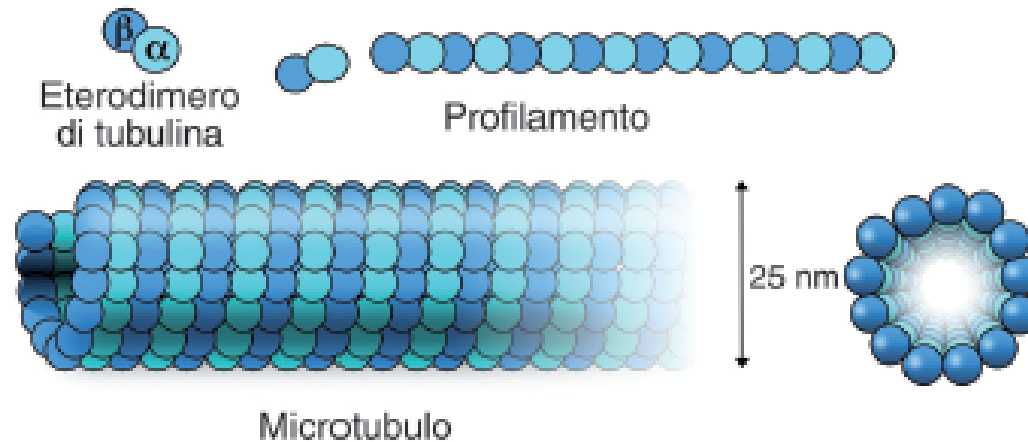


Figura 6.2

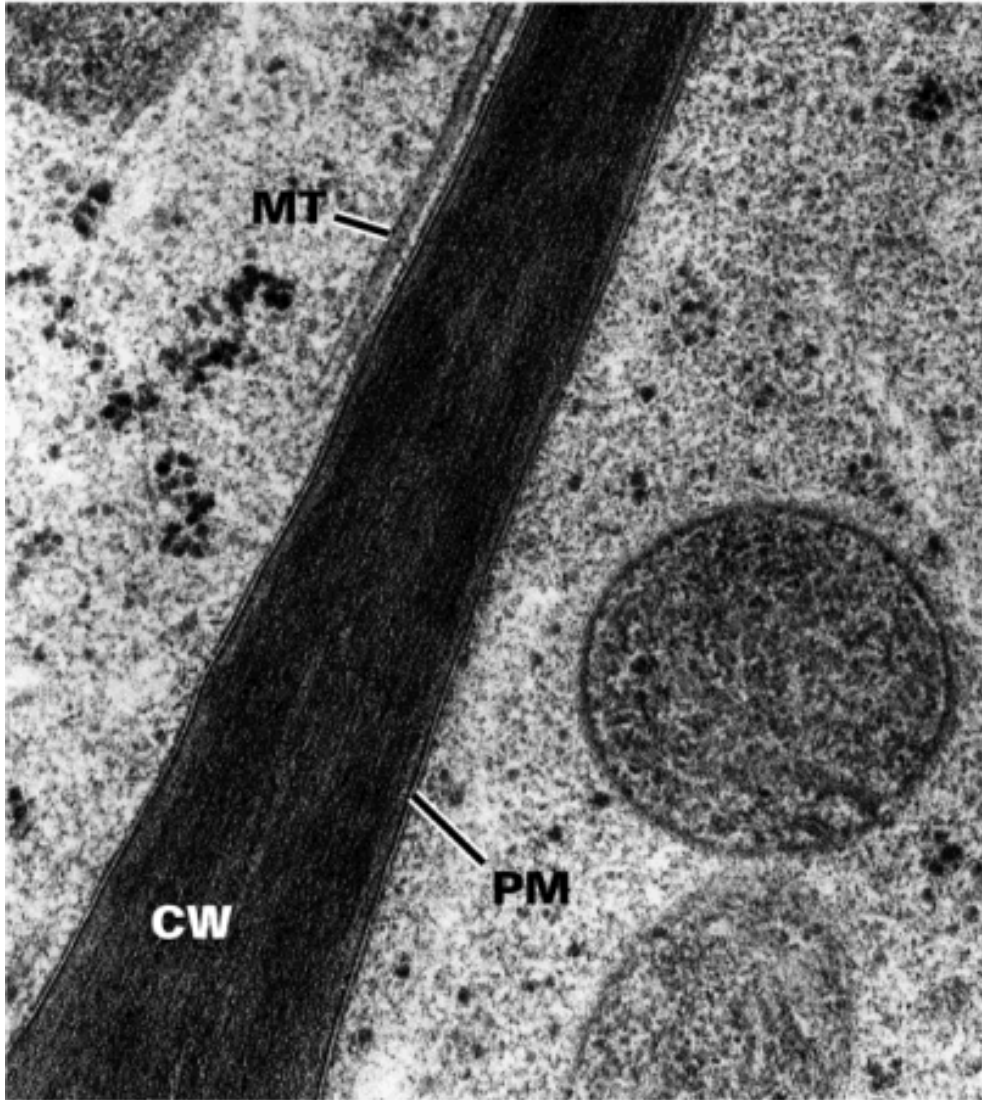
Struttura e composizione di un microtubulo. Le due proteine che compongono i microtubuli, α - e β -tubulina, si associano in eterodimeri. Più eterodimeri si allineano in protofilamenti. 13 protofilamenti affiancati costituiscono un microtubulo, che ha una struttura cilindrica cava, del diametro di 25 nm. Nella parete del microtubulo, i protofilamenti sono leggermente sfalsati gli uni rispetto agli altri, cosicché gli eterodimeri risultano organizzati in una spirale.



Figura 6.7

Struttura di un microfilamento. In ogni microfilamento, il cui diametro è di circa 8 nm, si trovano associate e ri-torte l'una attorno all'altra due catene di monomeri di actina.

Parete cellulare



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

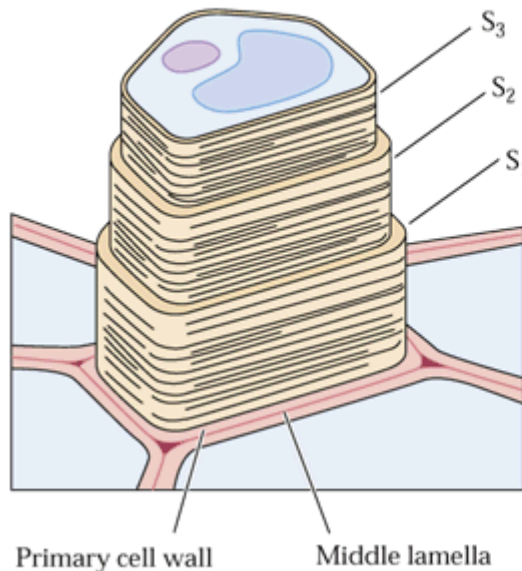
LAMELLA MEDIANA

È comune a cellule contigue

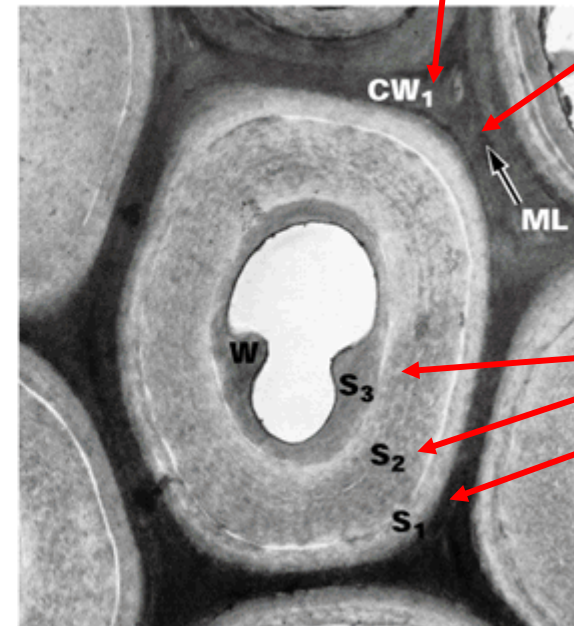
PARETE SECONDARIA

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

(A)



(B)



parete
primaria

lamella
mediana

pareti
secondarie

FUNZIONI DELLA PARETE CELLULARE

Conferimento della forza meccanica e dell'immobilità

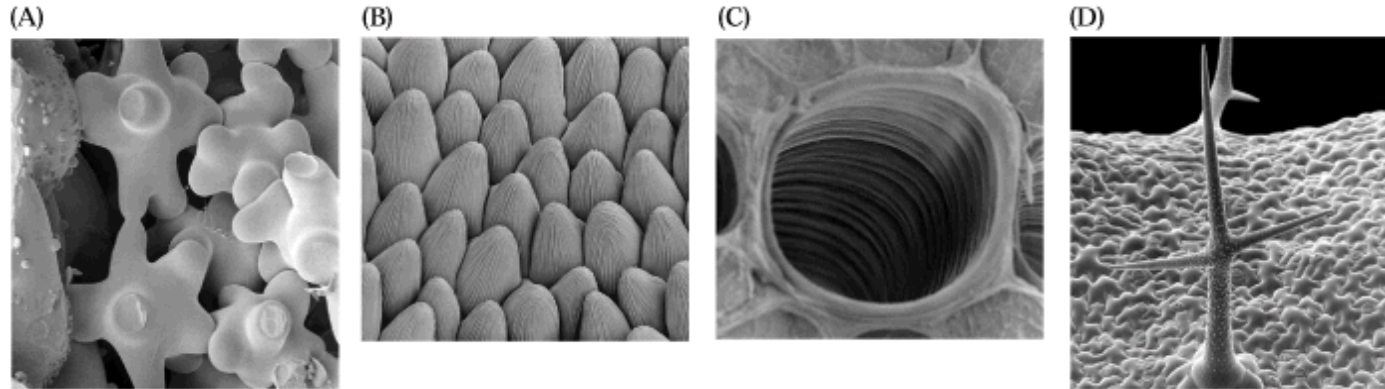
Mantenimento e controllo della forma, e resistenza ad elevate pressioni di turgore

Controllo dell'espansione

Controllo del trasporto intercellulare +
Protezione da microorganismi patogeni

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

Forma cellulare

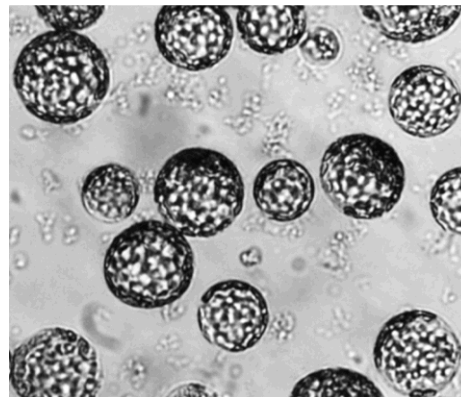
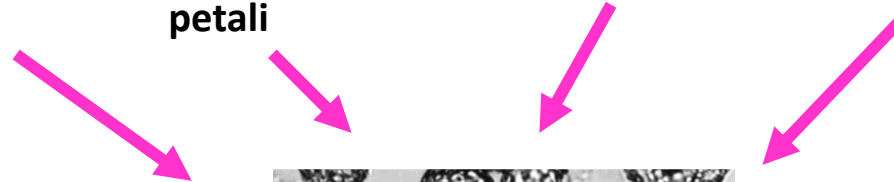


parenchima
fogliare

epidermide
petali

tracheide

tricoma



protoplasti

COME FUNZIONA UNA PIANTA?

Elementi che accomunano piante e animali

Processi fondamentali:

- La nutrizione
- L'accrescimento
- La riproduzione

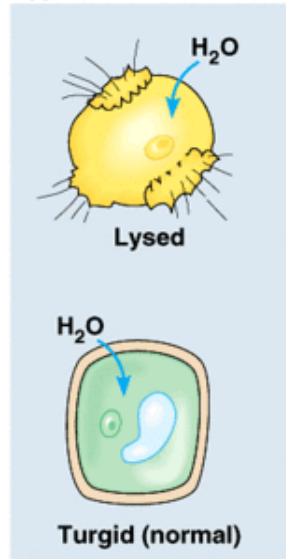
A livello cellulare, processi in comune:

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

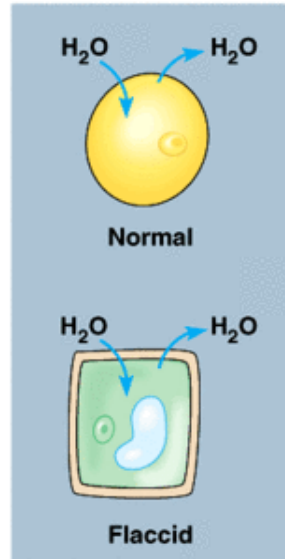
PRINCIPALI DIFFERENZE FRA PIANTE ED ANIMALI E LORO CONSEGUENZE STRUTTURALI E FUNZIONALI

- ❖ 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

Hypotonic solution



Isotonic solution



Hypertonic solution



Animal cell

Plant cell

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

Organismi eterotrofi

Otengono dall'ambiente sost. organiche:

Zuccheri-Proteine-Lipidi

PIANTE

Organismi autotrofi

ottengono dall'ambiente sost. inorganiche:

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

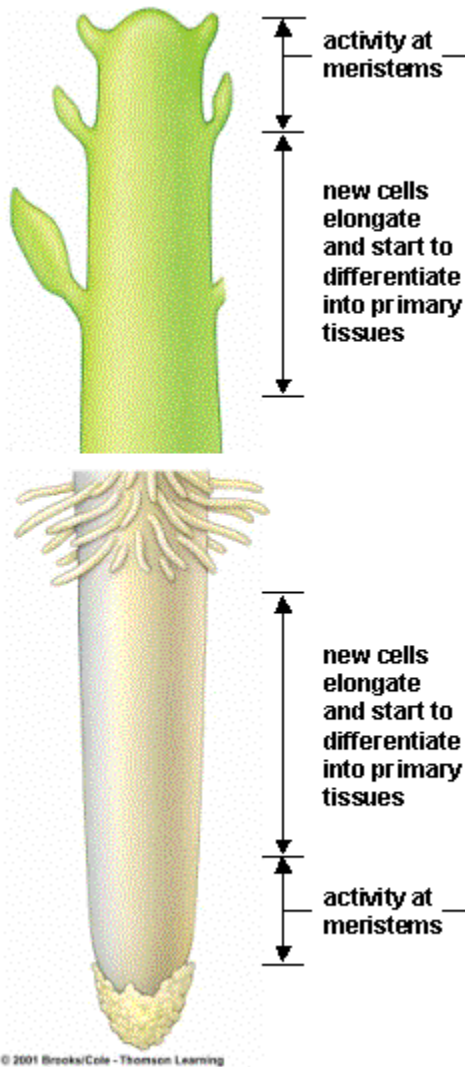
Le piante non possiedono un sistema nervoso organizzato

Accrescimento indeterminato



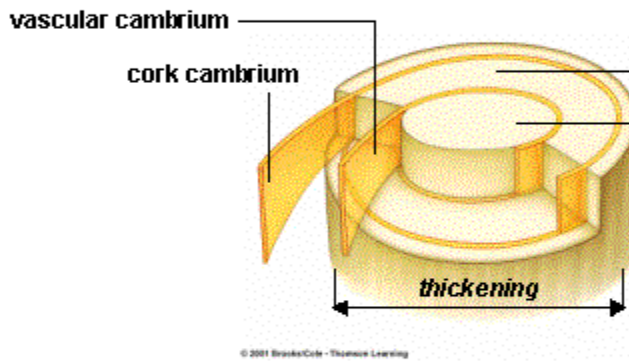
Per le piante la crescita rappresenta, in un certo senso, l'equivalente della mobilità per gli animali

Accrescimento indeterminato



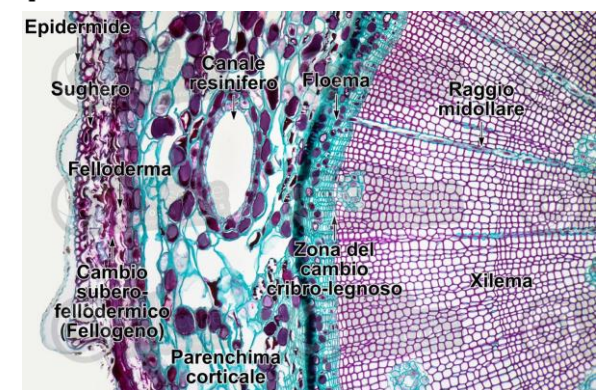
SHOOT APICAL MERISTEM
Region of embryonic cells near the dome-shaped tip of all shoots is the source of primary growth (lengthening)

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 cambium → 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.

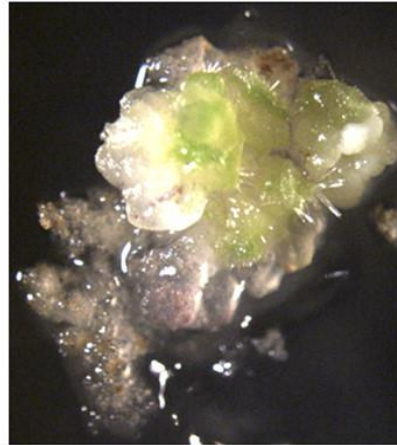


TOTIPIOTENZA (tranne per le cellule che hanno perso il nucleo)

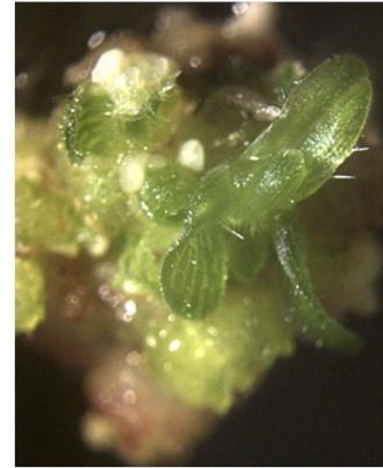
A



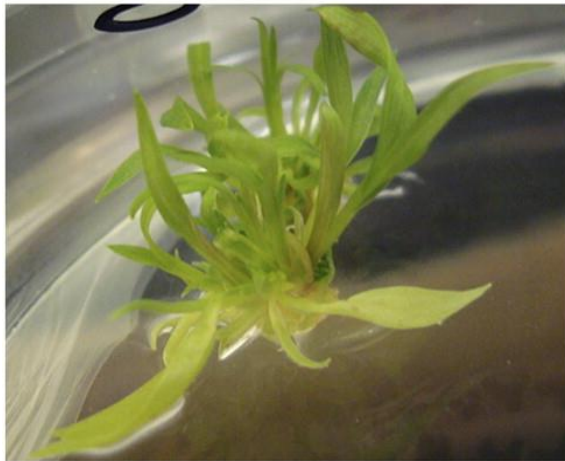
B



C



D



E



F



Micropropagazione/ propagazione clonale

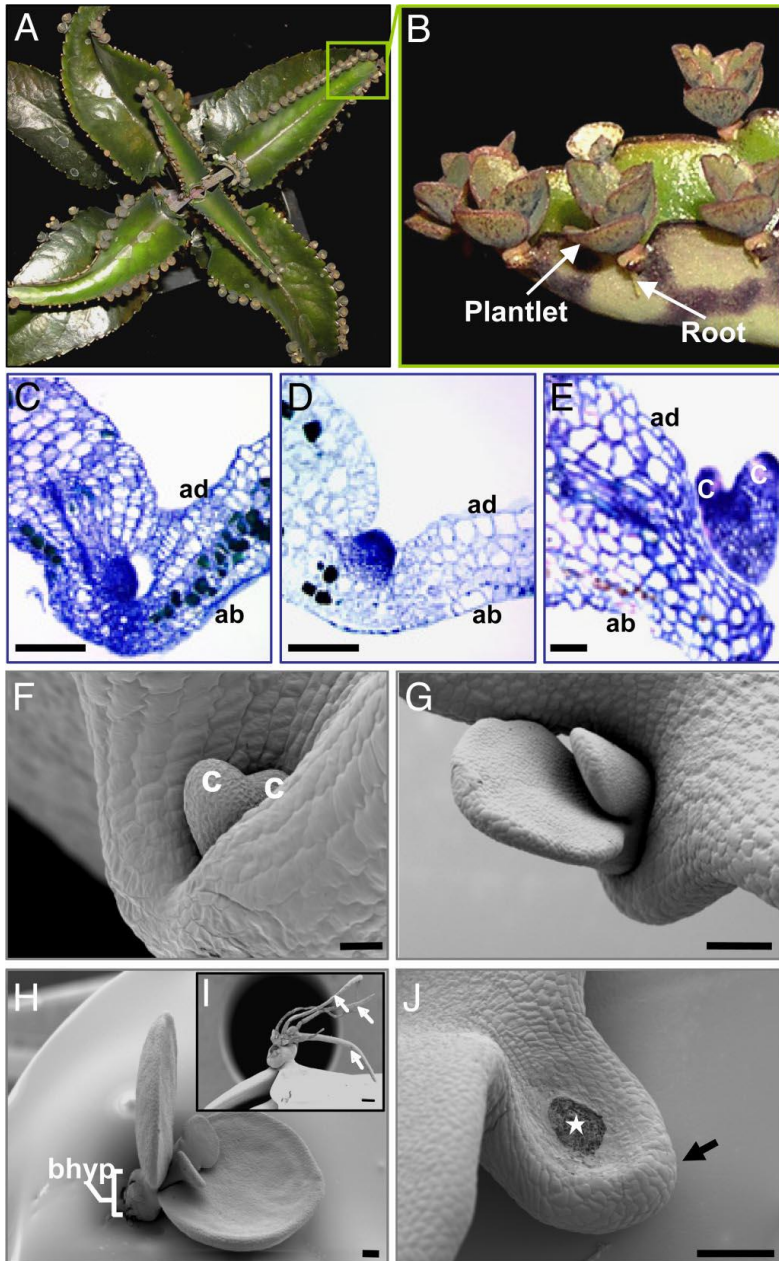


Fig. 1. *Kalanchoe daigremontiana* leaf plantlet development. (A) *K. daigremontiana* plant. (B) Plantlets. (C–E) Histology of an early (C), later (D), and heart-like (E) embryo plantlet. (F–H) SEM images of heart-like (F) and cotyledon-like (G) plantlets. (H) Plantlet showing basal “hypocotyl.” (I) 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 μ m (C–F); 200 μ m (G–J).]

Esempio di embriogenesi somatica





If your vines could talk..... what would they say?

L'acqua

L'acqua è il principale costituente delle piante (e degli animali)

Rappresenta dal 50 al 95% del peso fresco di tessuti vivi.

Tranne rare eccezioni, tessuti e organi vegetali non possono sopravvivere alla disidratazione.

Casi particolari: polline, semi

Le piante vascolari sono organismi omeoidri



Organismi peciloidri:

Molti muschi, felci;

Alcune angiosperme, es
(*Myrothamnus flabellifolia*)



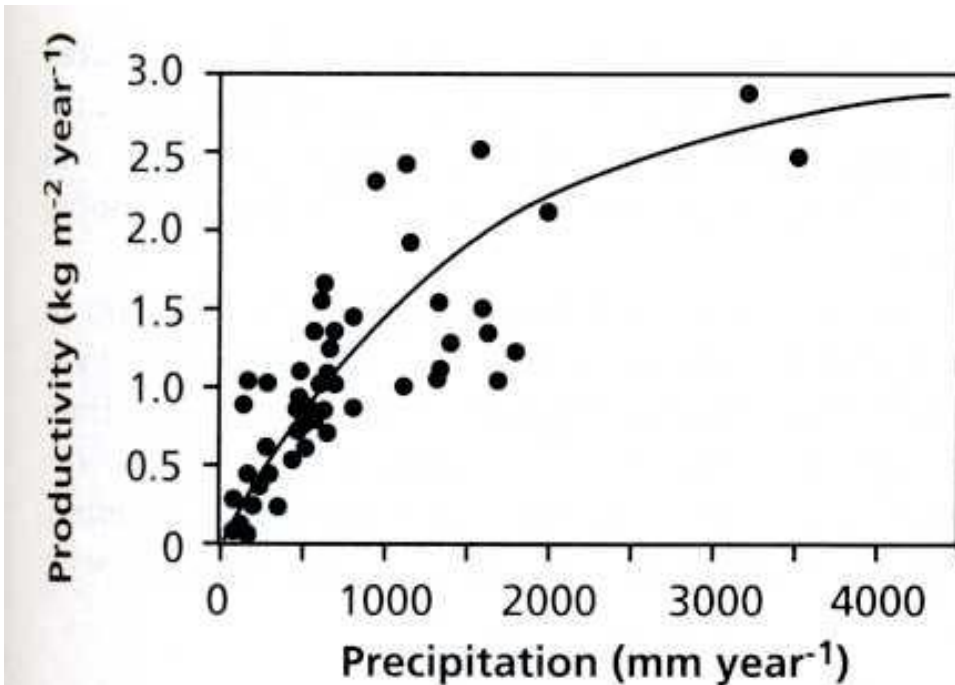
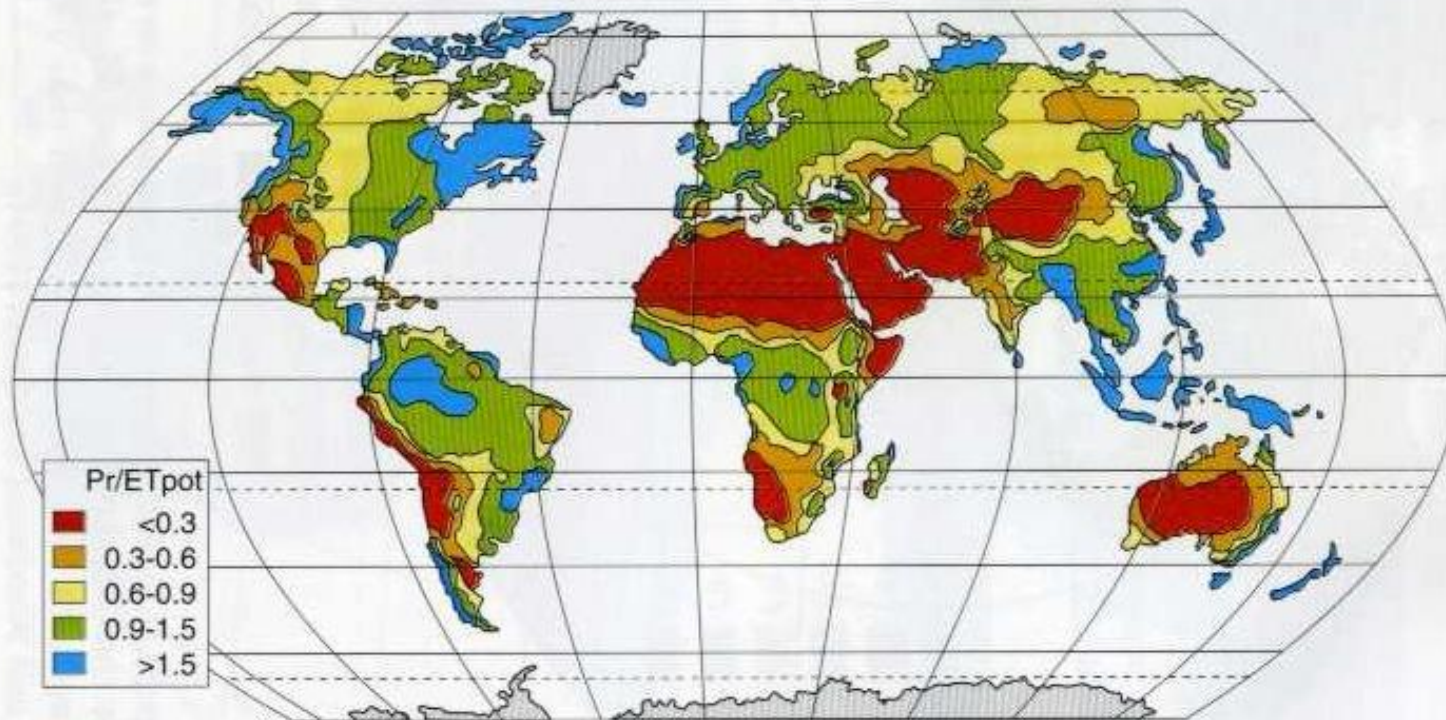
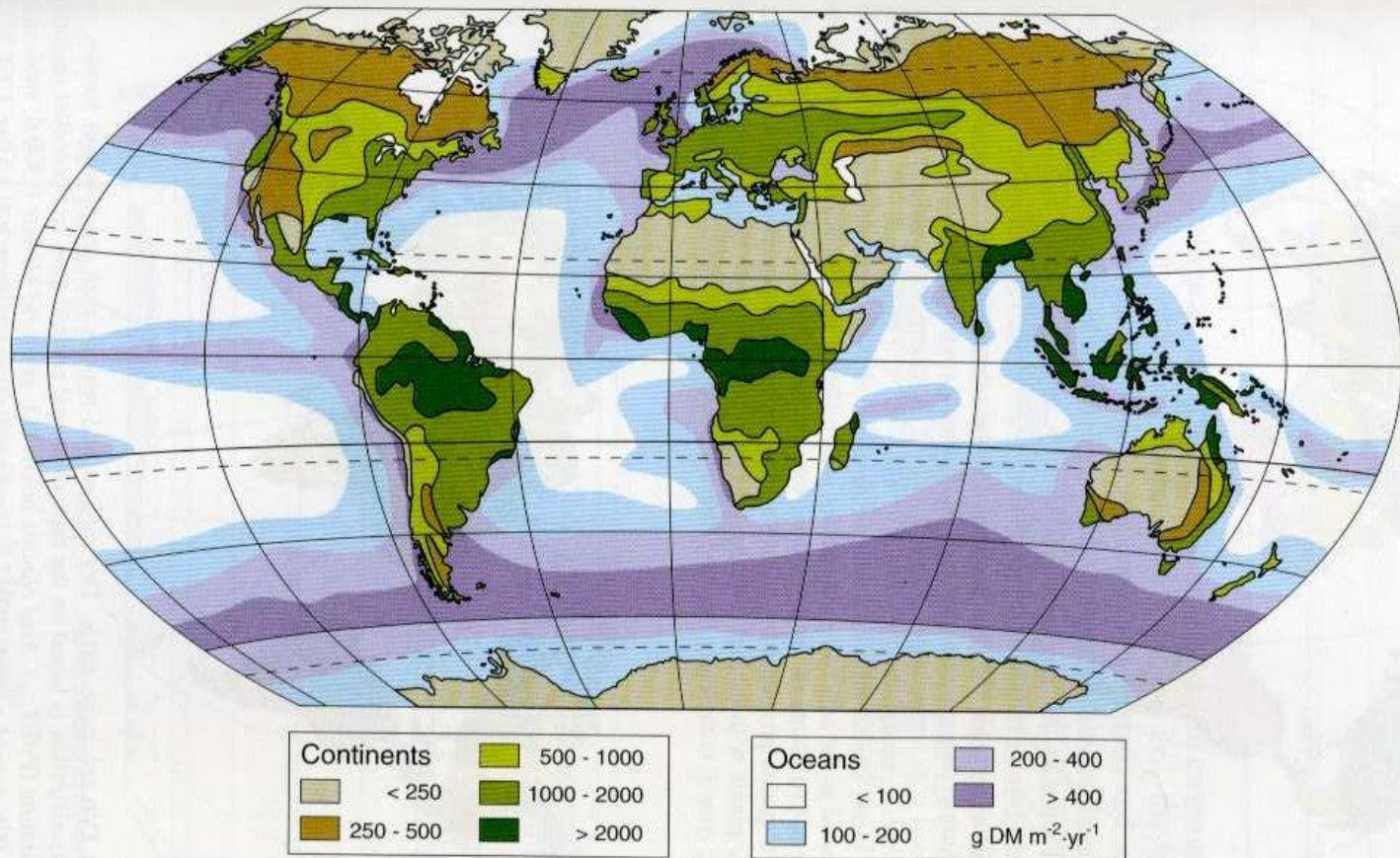


FIGURE 1. Correlation between net primary production and precipitation for the major world ecosystems (Lieth 1975).

Acqua come principale fattore limitante della produttività



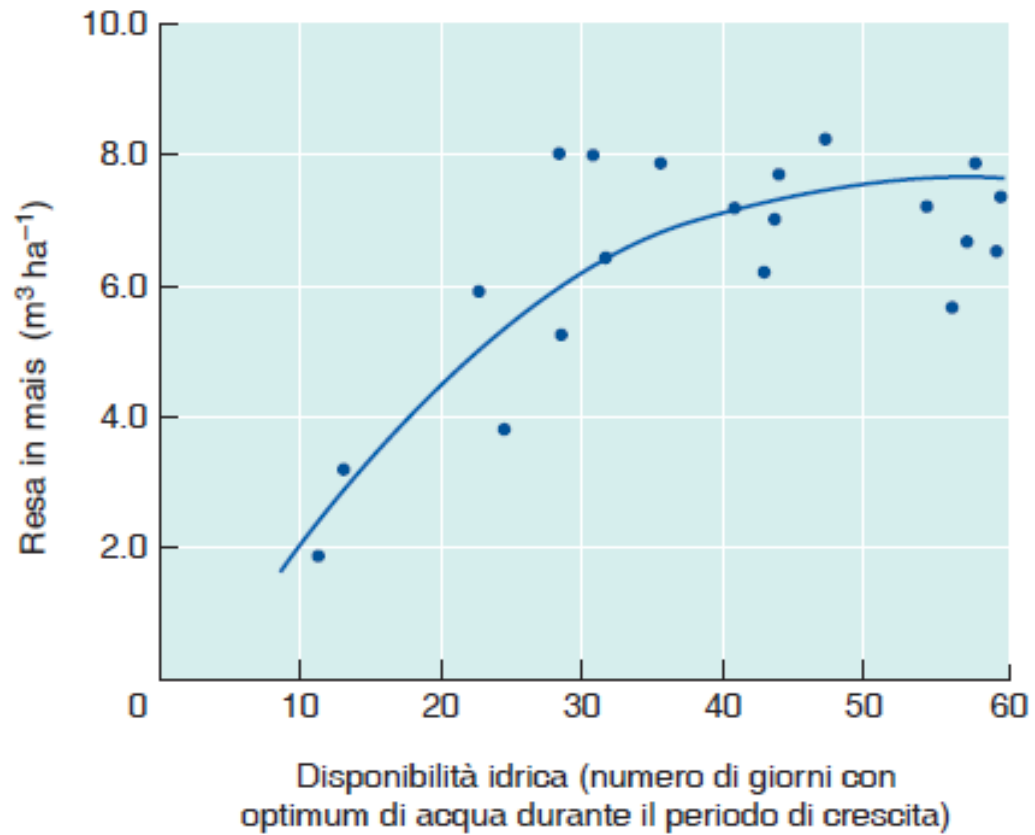
Color chart IVb (cf. page 401): Dry regions and regions with precipitation surplus on earth. The classification is based on the ratio of annual precipitation and potential regional evapotranspiration (Pr/ET_{pot}). *Arid climate* below 0.3; *semiarid climate* 0.3–0.6; *subhumid climate* 0.6–0.9; *humid climate* 0.9–1.5; *perhumid climate* above 1.5. (After UNESCO 1979; Box and Meentemeyer 1991). For insights on aridity indices based on meteorological information, see Thornthwaite (1948); Grigorjev and Budyko (1956); Lauer et al. (1996)



Color chart III (cf. page 165): Annual net primary production on earth. The terrestrial biomass production (g dry matter per m²) includes the increment in phytomass production aboveground and belowground and the oceanic biomass production corresponds to the production in the euphotic zone. (After maps from Lieth 1964, 1975; and Kotlyakov et al. 1998.) For global maps of maximum photosynthetic efficiency and plant cover, see Terjung et al. (1976) and Woodward and Smith (1994).



Anderegg et al. 2012, Nature Clim. Change

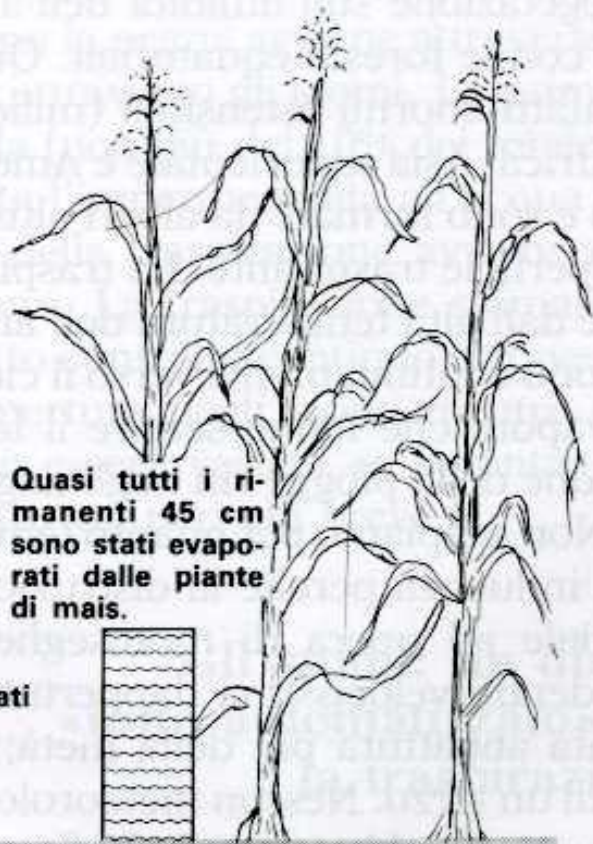


In una stagione
sul campo di
mais sono caduti
60 cm d'acqua.



Di questi
60 cm,
15 sono
stati evaporati
dal terreno.

Quasi tutti i ri-
manenti 45 cm
sono stati evapo-
rati dalle piante
di mais.



Per produrre 1 kg di semi



le piante di mais hanno traspirato



Per produrre 1 kg di uva servono circa 610 litri di acqua (media globale delle regioni di produzione)

Da 1 kg di uva si ricavano mediamente 0.7 litri di vino.

Quindi, per ogni litro di vino prodotto vengono consumati 870 litri di acqua.



<https://waterfootprint.org/en/>

Per produrre 1 kg di uva servono circa 610 litri di acqua (media globale delle regioni di produzione)

Da 1 kg di uva si ricavano mediamente 0.7 litri di vino.

Quindi, per ogni litro di vino prodotto vengono consumati 870 litri di acqua.

Un bicchiere di vino 'costa' 110 litri di acqua



**water
footprint
network**

<https://waterfootprint.org/en/>



Picea: 200 litri/giorno



Eperua: 1000 litri/giorno



Quercus: 500 litri/giorno

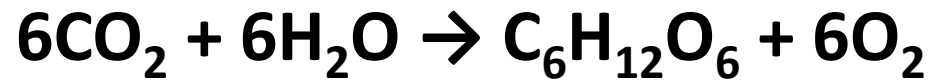


In una giornata di sole, una foglia di girasole perde in 1 ora l'equivalente in peso del suo contenuto totale di acqua!

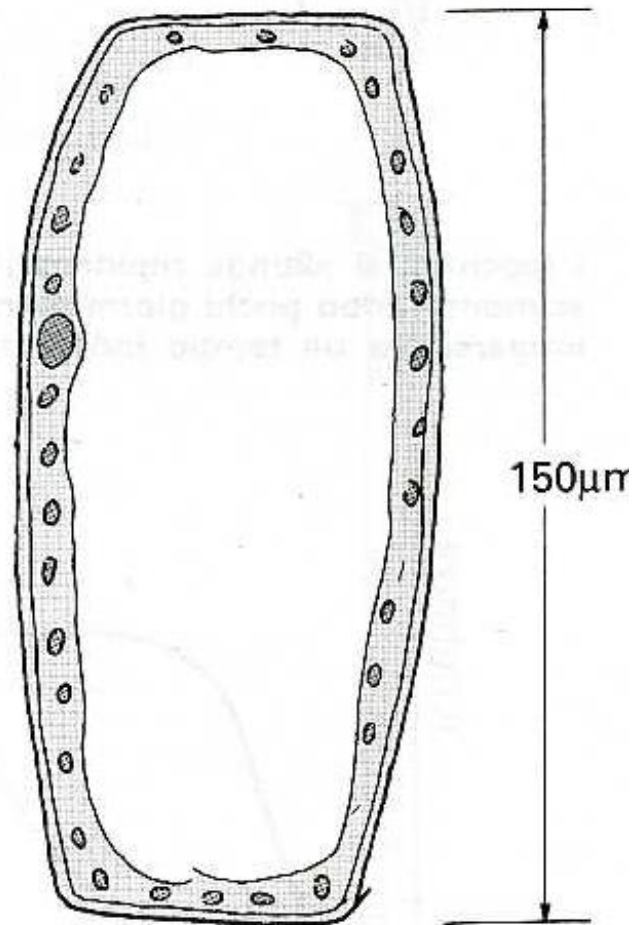
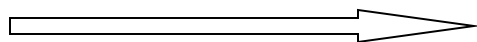
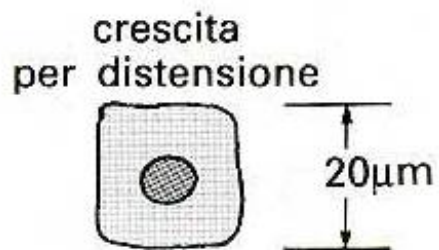
Dovrebbe apparire completamente secca, a meno che il suo contenuto di acqua non venga continuamente ripristinato. Quale meccanismo?

Come viene utilizzata tutta questa acqua dalla pianta?

1% utilizzata nelle reazioni fotosintetiche



2% utilizzata nei processi di accrescimento



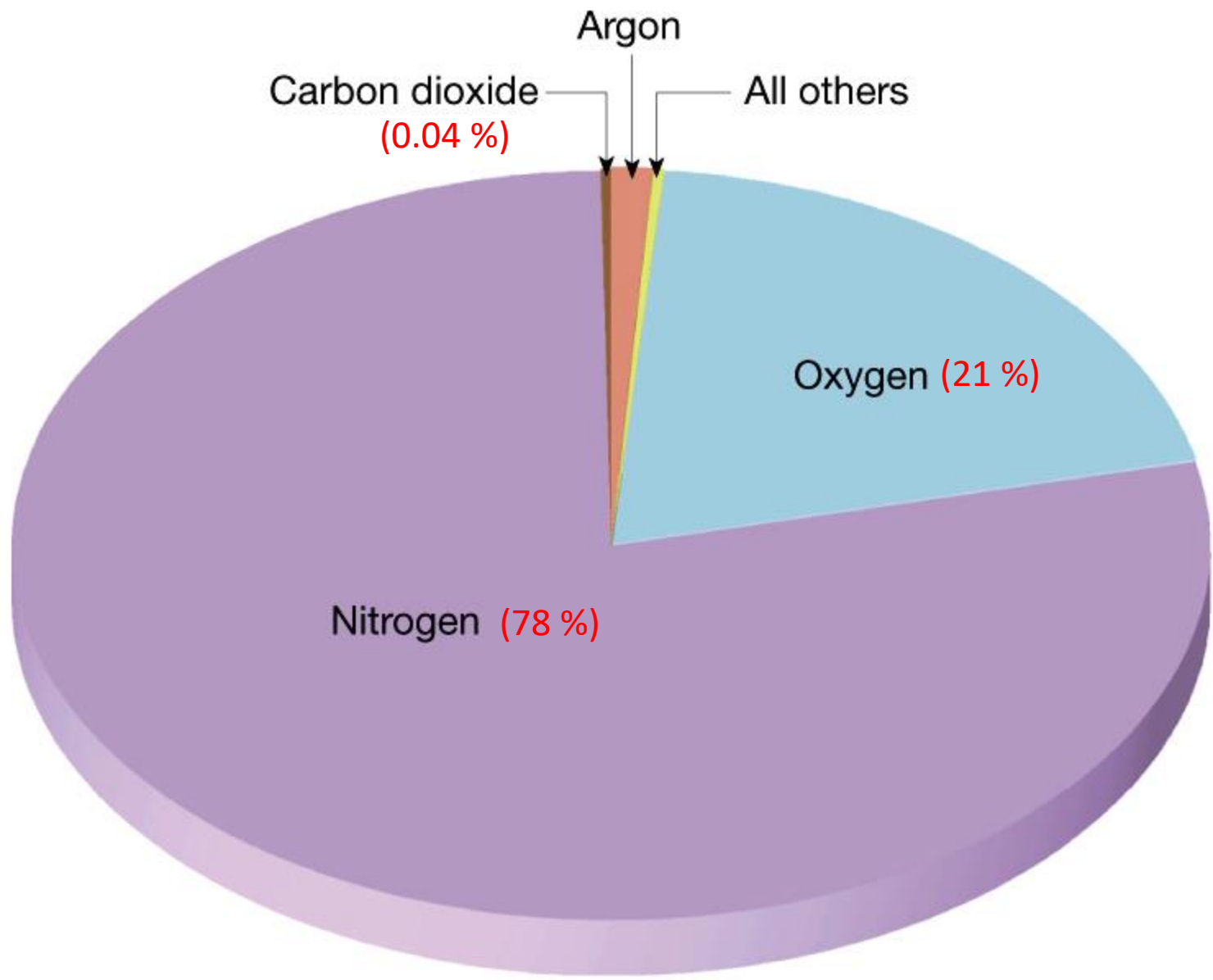
97% persa verso l'ambiente nel processo di **traspirazione**

Perché le piante perdono così grandi quantità di acqua?

Come fanno le piante a mantenere il loro stato di idratazione?

Come fanno le piante a sopravvivere in luoghi aridi?

Composizione dell'attuale atmosfera



ATMOSPHERIC CARBON DIOXIDE (1960-2021)

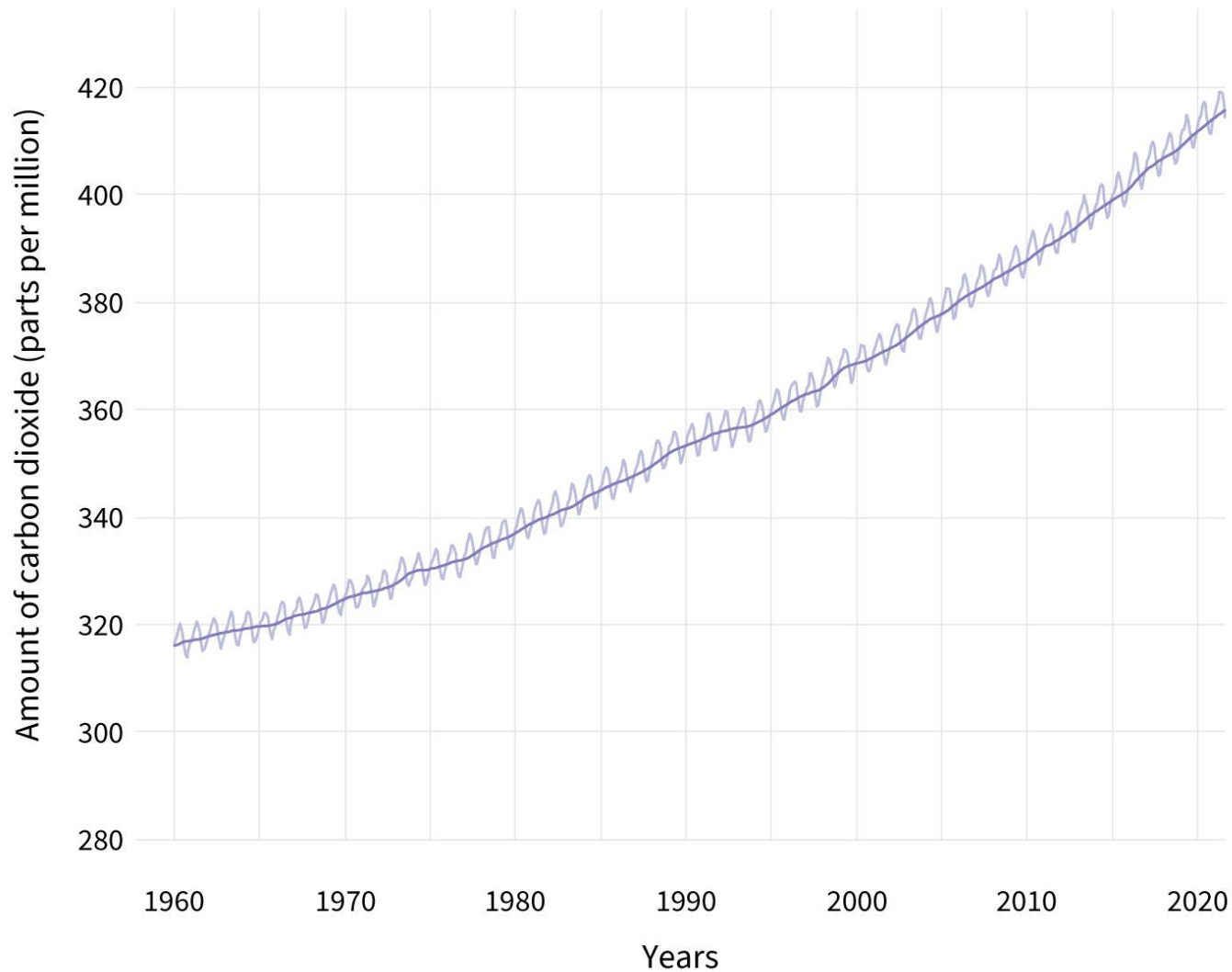


Table 2.2.1. Water use and resources acquisition (CO₂ in plants and O₂ in animals) at 20 °C and 50% relative humidity and taking into account the diffusability of gases which depends on their molecular weight. A human with a body temperature of 36.6 °C acts as an example for the animal kingdom

| | Plants | | Human | |
|--|-----------------|------------------|----------------|------------------|
| | CO ₂ | H ₂ O | O ₂ | H ₂ O |
| Concentration (ppm) | | | | |
| – in the atmosphere | 350 | 12 000 | 210 000 | 12 000 |
| – in the mesophyll or in breathed air | 250 | 24 000 | 160 000 | 62 000 |
| Gradient | 100 | VS 12 000 | 50 000 | VS 50 000 |
| Relationship between H ₂ O/CO ₂ or H ₂ O/O ₂ | | 192 | | 13 |

CO₂, M_w = 44

O₂, M_w = 32

H₂O, M_w = 18

La diffusione di CO₂ in aria è **1.6** volte più lenta di quella di H₂O

Il tasso di diffusione è direttamente proporzionale al **gradiente di concentrazione** + dipende dal **coefficiente di diffusione** (legge di Fick)



$$H_2O/CO_2 = (12000/100) \times 1.6 = 192$$



$$H_2O/O_2 = (50000/50000) \times 1.3 = 1.3$$

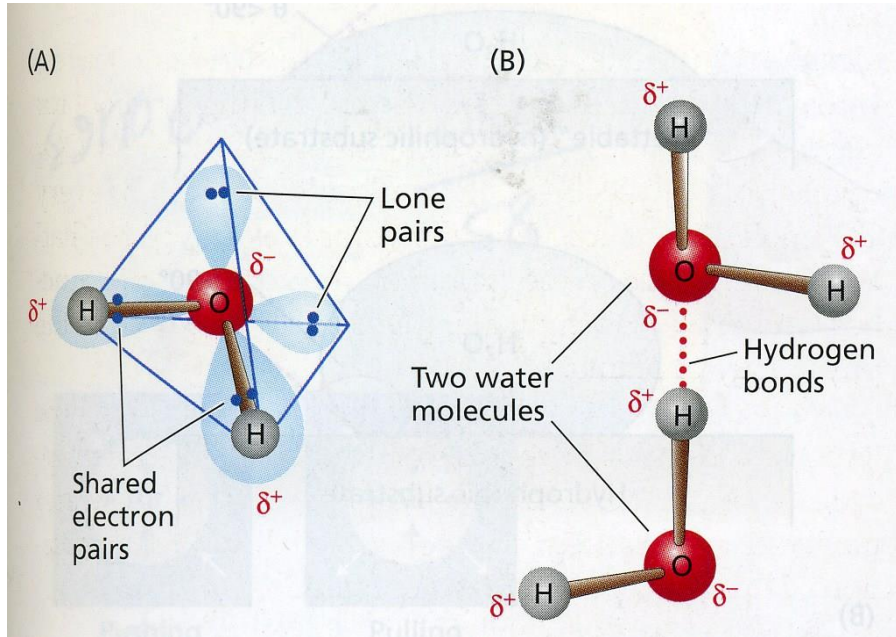
Lo stile di vita autotrofo, la fisica della diffusione dei gas e la concentrazione relativa di CO_2 e H_2O nell'atmosfera sono alla base del dilemma funzionale delle piante...

Non morire di fame, evitando di morire di sete!

H₂O

- 80-95% massa cellulare dei vegetali (vacuoli)
- solvente: reazioni chimiche cellulari, spostamento di molecole
- partecipa a reazioni chimiche
- influenza le proprietà delle macromolecole
- dissipazione di calore (calore specifico, calore latente di evaporazione)

Proprietà della molecola d'acqua



Energia del legame idrogeno:
 20 kJ mol^{-1}

Energia dei legami ionici e covalenti:
 $> 100 \text{ kJ mol}^{-1}$

Ciascuna molecola di acqua può formare fino a 4 legami idrogeno con molecole adiacenti: forti interazioni intermolecolari!

Legami idrogeno: si formano tra molecole di acqua o tra acqua e altre molecole che contengono atomi elettronegativi (O, N), specie se a loro volta legati ad H

Proprietà della molecola d'acqua

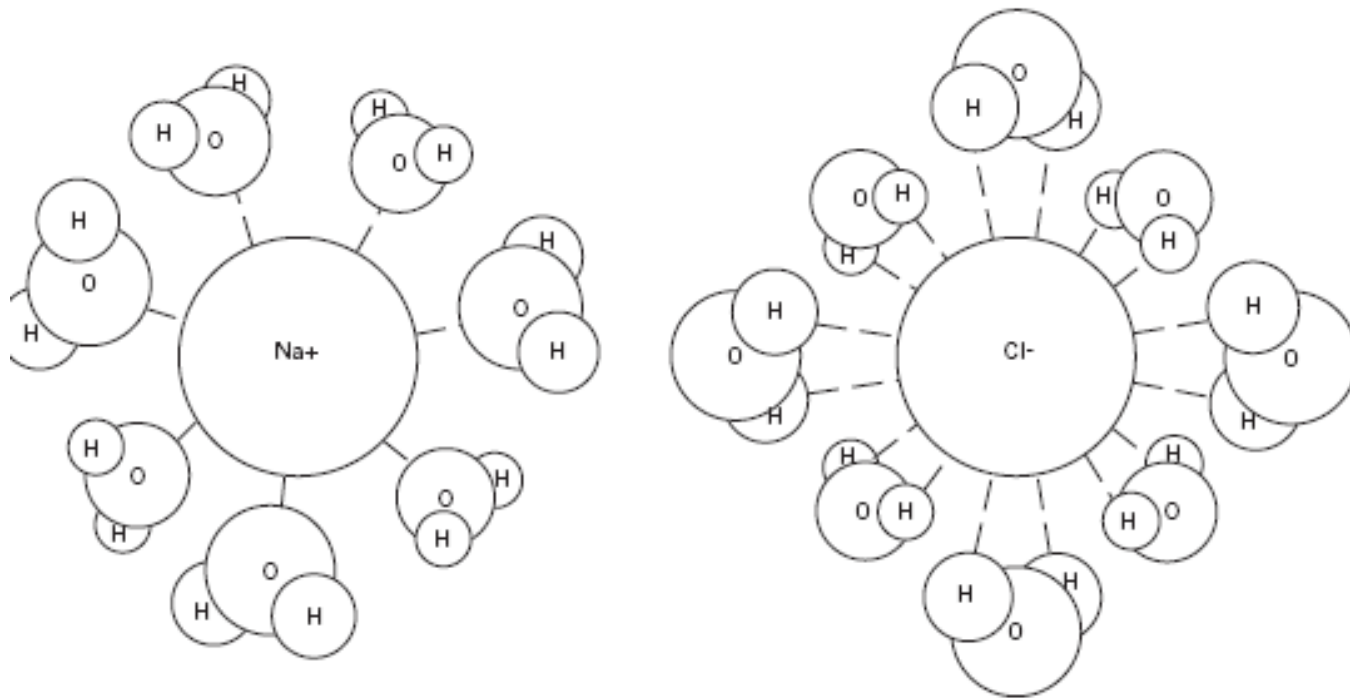
TABELLA 10.1 Alcune proprietà fisiche dell'acqua in confronto ad altre molecole di simile grandezza molecolare. Dato che le proprietà termiche sono definite su una base di energia per unità di massa, i valori sono dati in unità di joules per grammo

| | Massa molecolare (Da) | Calore specifico ($\text{J g}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$) | Punto di fusione ($^\circ\text{C}$) | Calore di fusione (J g^{-1}) | Punto di ebollizione ($^\circ\text{C}$) | Calore di vaporizzazione (J g^{-1}) |
|----------------------|-----------------------|---|---------------------------------------|---|---|--|
| Acqua | 18 | 4,2 | 0 | 335 | 100 | 2452 |
| Solfuro di idrogeno | 34 | – | –86 | 70 | –61 | – |
| Ammoniaca | 17 | 5,0 | –77 | 452 | –33 | 1234 |
| Biossido di carbonio | 44 | – | –57 | 180 | –78 | 301 |
| Metano | 16 | – | –182 | 58 | –164 | 556 |
| Etano | 30 | – | –183 | 96 | –88 | 523 |
| Metanolo | 32 | 2,6 | –94 | 100 | 65 | 1226 |
| Etanolo | 46 | 2,4 | –117 | 109 | 78 | 878 |

Proprietà termiche dell'acqua di fondamentale importanza biologica:

- Elevato calore specifico
- Elevata conduttività termica
- Elevato calore latente di fusione
- Elevato calore latente di evaporazione

L'acqua è un solvente eccellente per gli ioni o le molecole che contengono gruppi polari $-OH$ o $-NH_2$ (es: zuccheri, proteine...)



Tensione superficiale: le molecole di H₂O all'interfaccia con l'aria sono maggiormente attratte dalle altre molecole di H₂O che non dalla fase gassosa → tendenza a ridurre l'area superficiale all'interfaccia aria-liquido

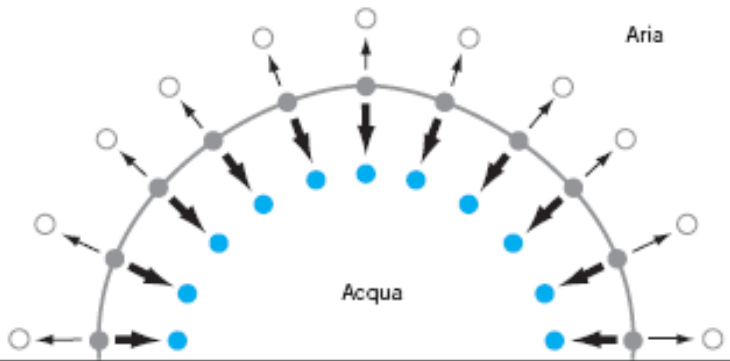


FIGURA 10.3 Dimostrazione schematica della tensione superficiale in una goccia d'acqua. Le attrazioni intermolecolari tra molecole di acqua vicine (frecce più grosse) sono più grandi delle attrazioni tra l'acqua e l'aria (frecce più sottili), e tendono quindi ad attirare le molecole d'acqua alla superficie verso la zona centrale del volume di acqua.

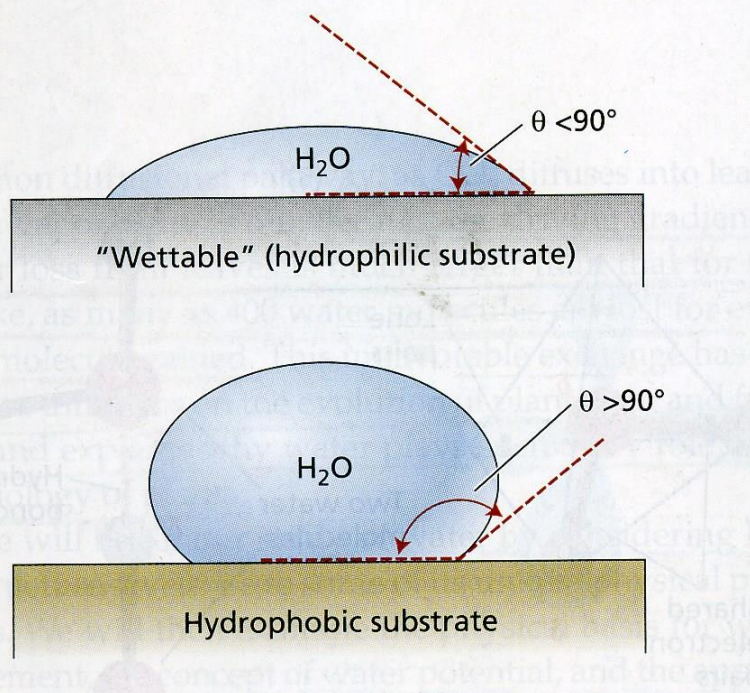
Tensione superficiale di vari liquidi a 20 °C (N m⁻¹):

| | |
|---------------|-------|
| Etanolo | 0.023 |
| Benzene | 0.028 |
| Olio di oliva | 0.032 |
| Acqua | 0.073 |
| Mercurio | 0.435 |

$T = \text{J m}^{-2} = \text{N m m}^{-2} = \text{N m}^{-1}$
 (energia necessaria per aumentare l'area di un'interfaccia aria-liquido)



(A)



Coazione: attrazione reciproca tra molecole di H₂O

Adesione: attrazione tra molecole di H₂O e superfici solide

Il grado di attrazione di un liquido rispetto a una superficie solida può essere quantificato misurando l'angolo di contatto

Goccia di acqua su foglia: alta tensione superficiale (coesione), bassa adesione

Goccia di mercurio sul tavolo: alta tensione superficiale (coesione), bassa adesione

Acqua su foglio di carta: alta adesione (nessuna goccia)

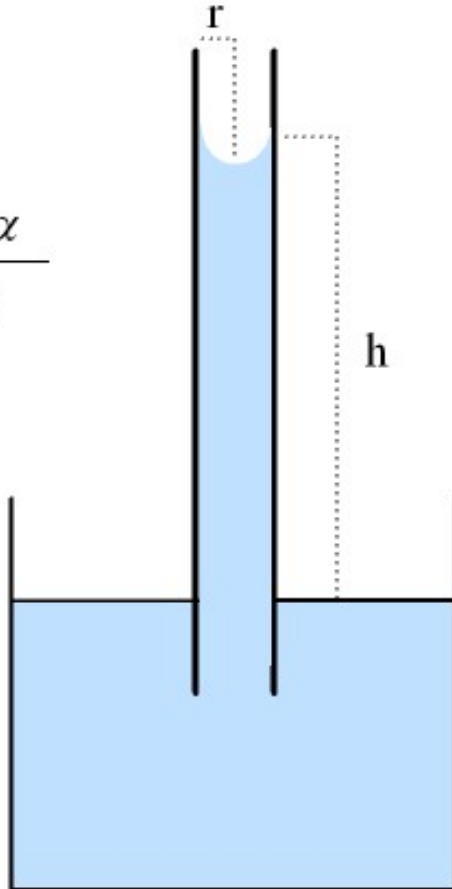


Capillarità: risultato dell'azione combinata di coesione + adesione + tensione superficiale

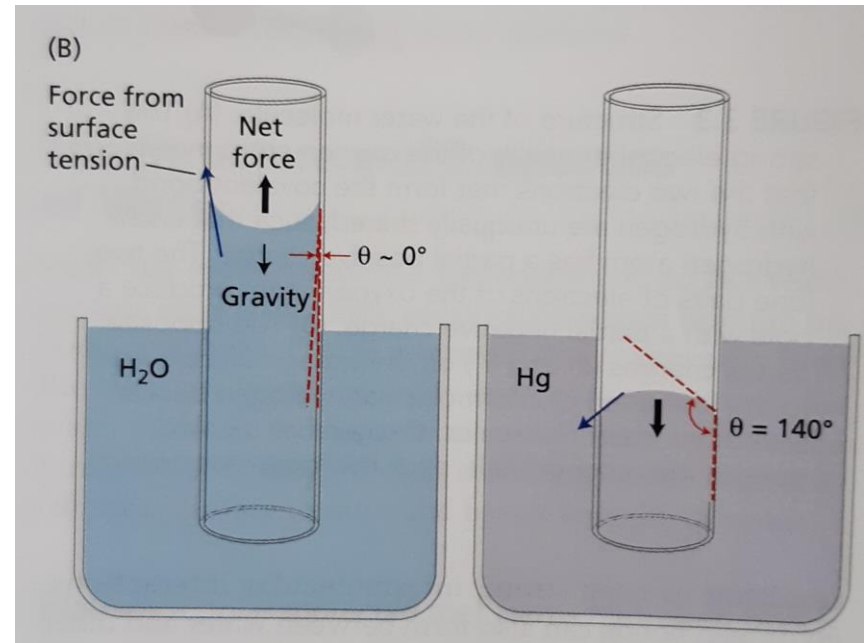
(B)

Legge di Jurin

$$h = \frac{2T \cos \alpha}{r \rho g}$$



L'adesione e la tensione superficiale esercitano una tensione sulle molecole di H₂O appena sotto la superficie causandone un movimento di risalita lungo il tubo. Il movimento si arresta quando la forza di risalita è bilanciata dal peso della colonna di H₂O



Nota: se la superficie del tubo è perfettamente 'bagnabile' (elevata adesione), l'angolo di contatto è pari a 0 e l'equazione si riduce a:
 $h = 2T/(r\rho g)$