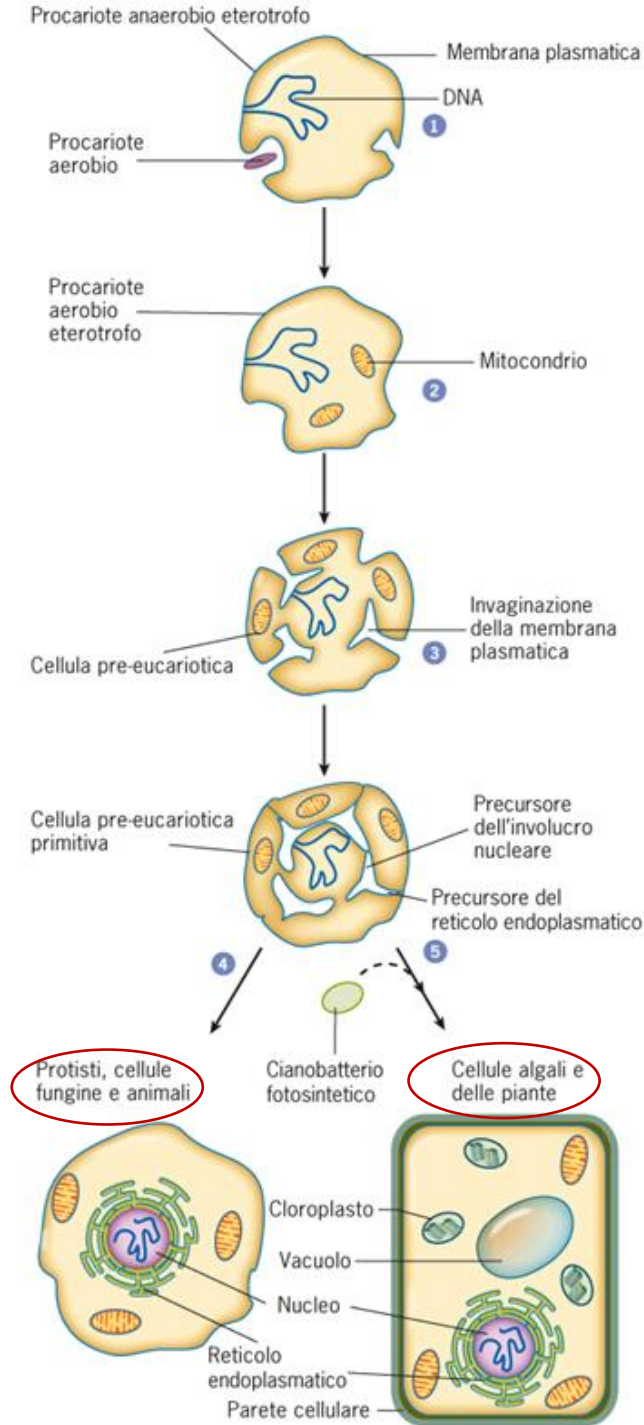


- Parete cellulare
- Membrana cellulare
- Organelli citoplasmatici
 - Cloroplasti
 - Cromoplasti
 - Amiloplasti
- Vacuolo

Evoluzione cellulare



Confronto tra cellule procariotiche ed eucariotiche

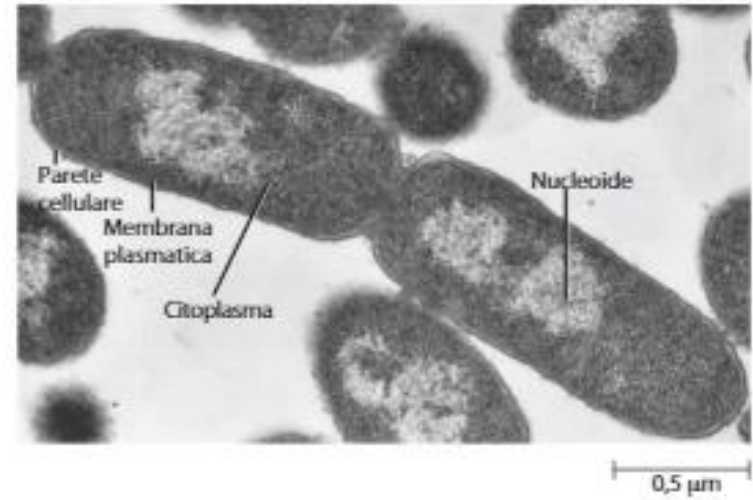
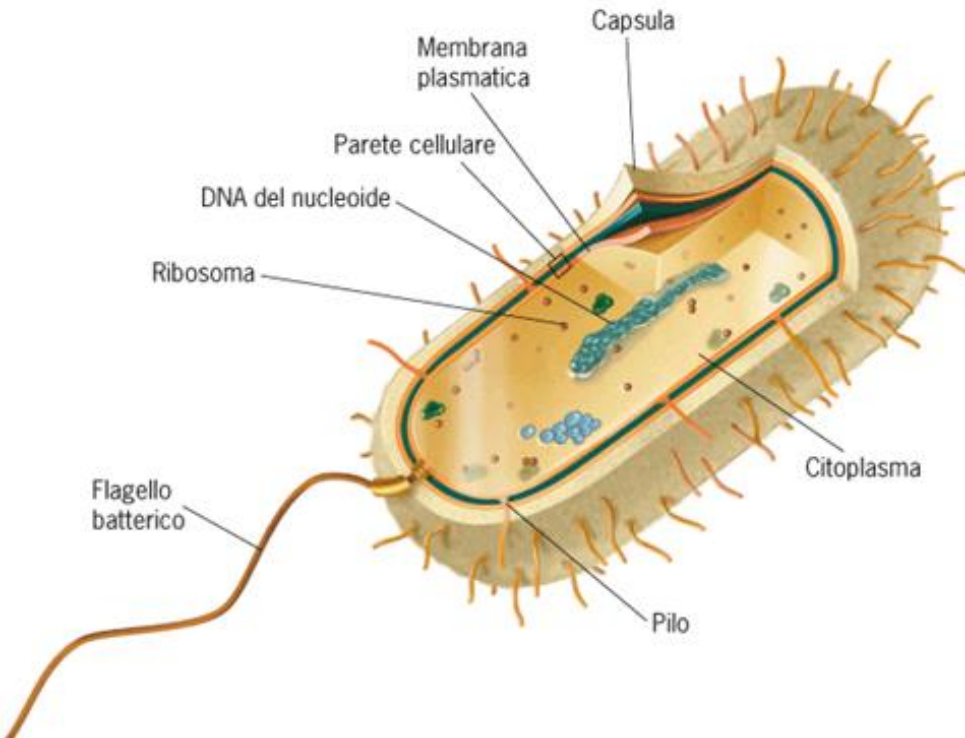
Caratteristiche comuni ai due tipi di cellule:

- Membrana plasmatica di struttura simile
 - Informazione genetica codificata dal DNA che usa lo stesso codice genetico
 - Meccanismi simili per la trascrizione e la traduzione dell'informazione genetica, compresi ribosomi simili
 - Vie metaboliche condivise (ad esempio, glicolisi e ciclo degli ATC)
 - Apparato simile per la conservazione dell'energia chimica sotto forma di ATP (localizzato nella membrana plasmatica dei procarioti e nella membrana mitocondriale degli eucarioti)
 - Meccanismi simili di fotosintesi (tra cianobatteri e piante verdi)
 - Meccanismo simile per la sintesi e l'inserzione delle proteine di membrana
 - Proteasomi (strutture che digeriscono le proteine) di struttura simile tra archeobatteri ed eucarioti
-

Caratteristiche delle cellule eucariotiche che non si trovano nei procarioti:

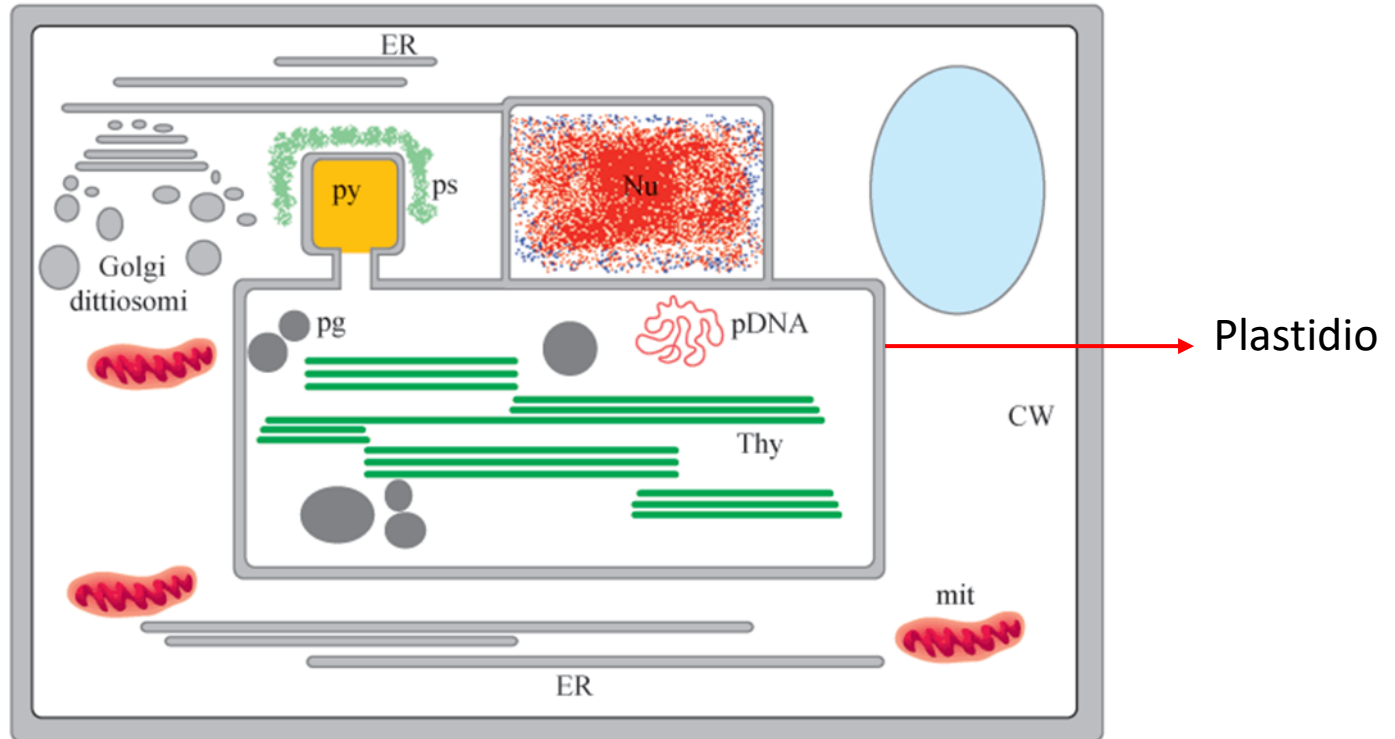
- Divisione della cellula in nucleo e citoplasma, separati da un involucro nucleare contenente pori di struttura complessa
 - Cromosomi complessi formati da DNA e proteine associate, capaci di compattarsi in strutture mitotiche
 - Organelli citoplasmatici membranosi complessi (comprendenti reticolo endoplasmatico, complesso del Golgi, lisosomi, endosomi, perossisomi e gliossisomi)
 - Organelli citoplasmatici specializzati per la respirazione aerobia (mitocondri) e per la fotosintesi (cloroplasti)
 - Sistema citoscheletrico complesso (comprendente microfilamenti, filamenti intermedi e microtubuli) e proteine motore associate
 - Flagelli e ciglia complessi
 - Capacità di ingerire materiale particolato mediante la formazione di vescicole per inflessione della membrana plasmatica (fagocitosi)
 - Pareti cellulari contenenti cellulosa (nelle piante)
 - Divisione cellulare che utilizza un fuso mitotico contenente microtubuli per separare i cromosomi
 - Presenza di due copie dei geni per ogni cellula (diploidia), ognuna derivante da ciascun genitore
 - Presenza di tre diversi enzimi deputati alla sintesi di RNA (RNA polimerasi)
 - Riproduzione sessuale richiedente meiosi e fecondazione
-

Cellula procariotica batterica



Ray F. Owen, Susan E. Etkin
La biologia delle piante di Raven
ZANICHELLI

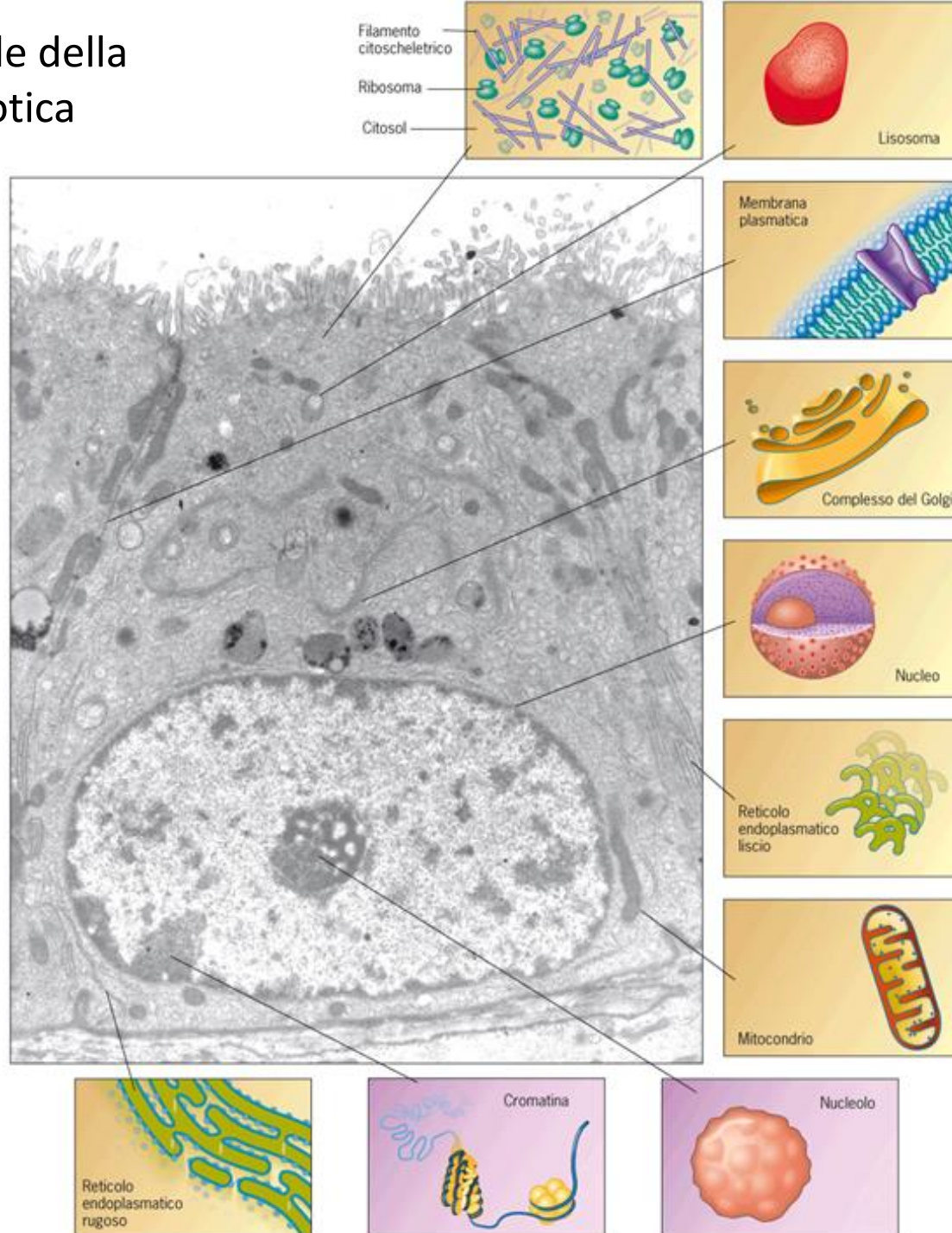
Cellula delle alghe brune (protisti eucarioti)



Giacomo Tripodi
Introduzione alla Botanica sistematica
EdiSES

ER = Reticolo endoplasmatico
Nu = Nucleo
Thy = Tilacoidi
cw = Parete cellulare
mit = Mitocondrio

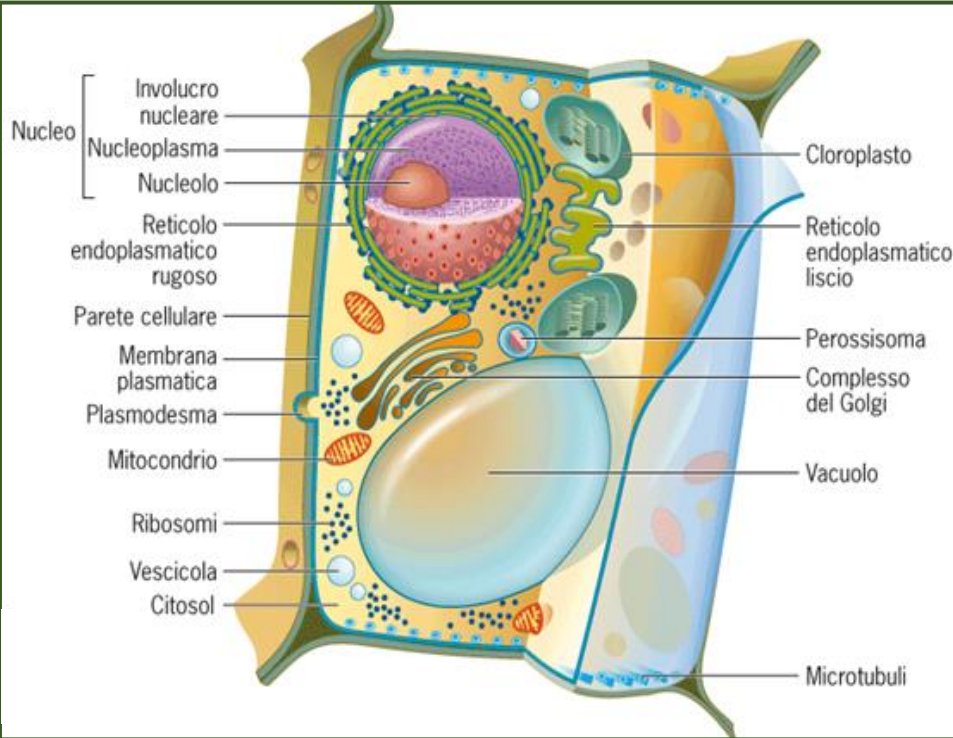
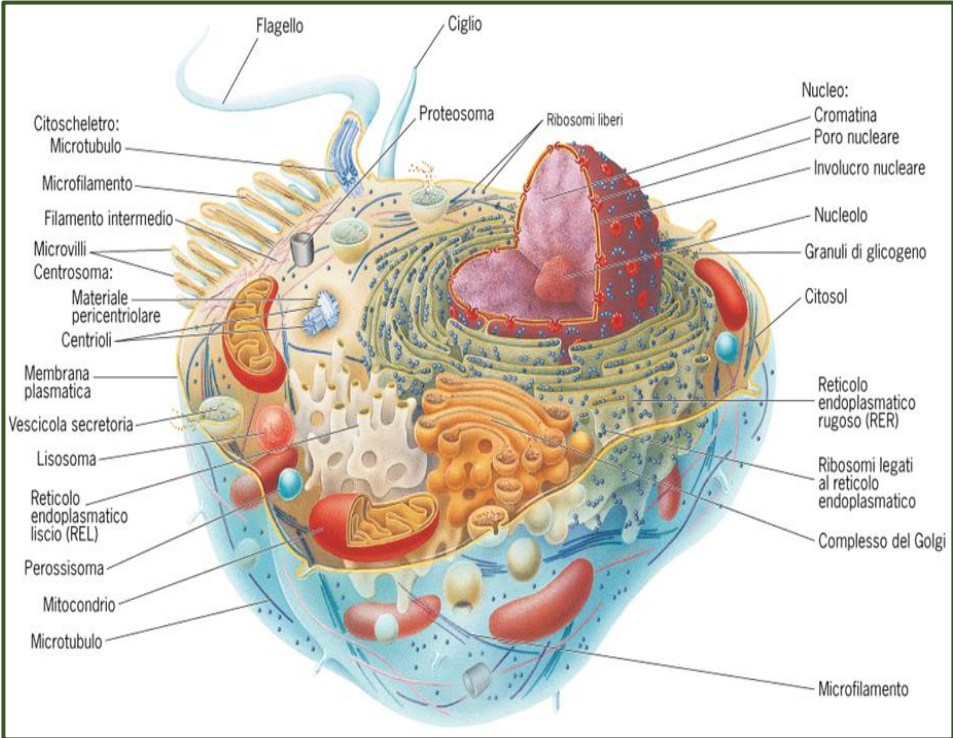
Struttura generale della cellula eucariotica



L'evoluzione da organismi semplici a complessi porta a una forma cellulare **'tipica'** delle piante: ha forma geometrica, è immobile e se adulta non può cambiare forma (parete cellulare), contiene soprattutto acqua (sistema vacuolare molto esteso), è autotrofa (presenza dei plastidi)

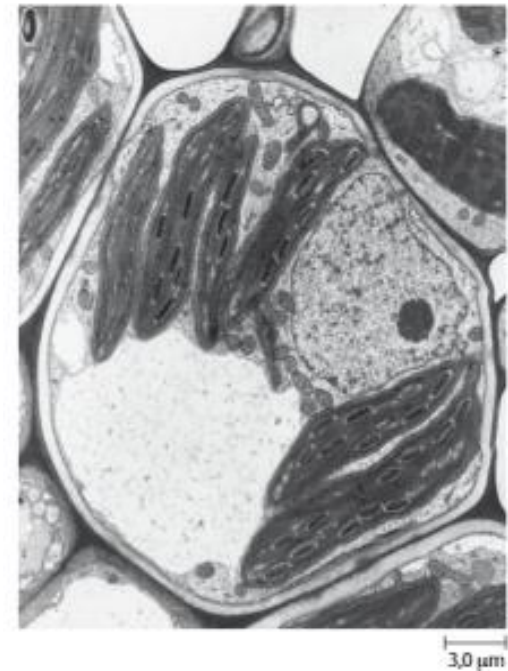
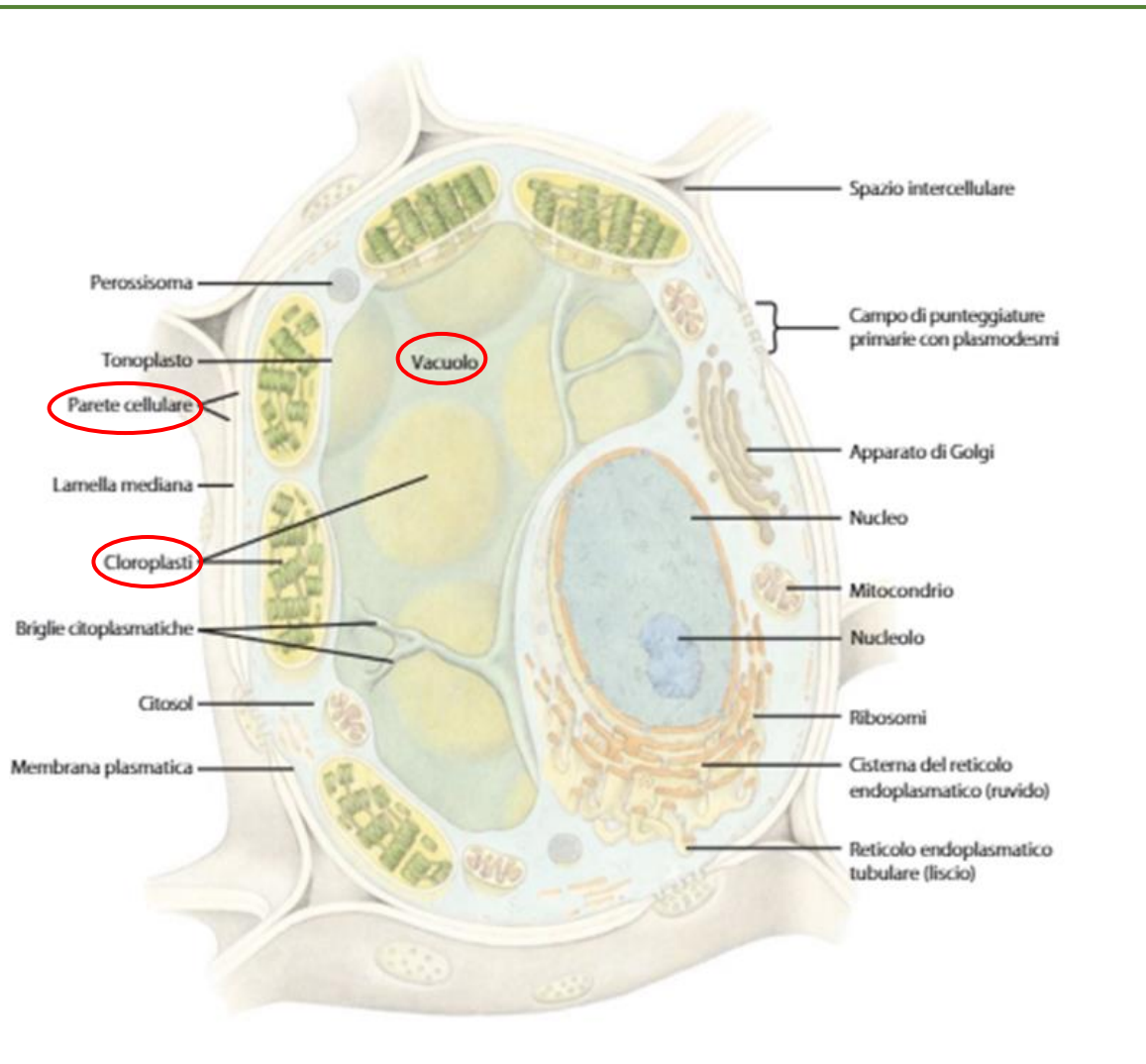
Cellula eucariotica **ANIMALE**

Cellula eucariotica **VEGETALE**



Peculiarità della cellula vegetale

- *Parete cellulare* con plasmodesmi (canali citoplasmatici)
- *Plastidi*: vari ruoli metabolici (es. cloroplasti, amiloplasti, cromoplasti)
- *Vacuolo*: grande scomparto di accumulo (70 – 80 % del volume cellulare)



Parete cellulare

La struttura e la composizione chimica della parete cellulare è differente nei vari gruppi tassonomici:

- *Batteri*: pluristratificata e costituita da peptidoglicani
- *Alghe*: pluristratificata con composizione chimica variabile
- *Funghi*: pluristratificata costituita da chitina (micosina) e cellulosa (Oomiceti)
- *Piante terrestri*: pluristratificata con composizione celluloso-pectica



E' presente all'esterno di tutte le cellule vegetali

È una struttura rigida che si accresce in direzione centripeta (esterno verso interno)

Presenta plasmodesmi e punteggiature per il passaggio di acqua e sostanze

La crescita delle piante è dovuto a fenomeni di **DIVISIONE** e **DISTENSIONE** cellulare

Strato esterno: cellule in accrescimento, estensibile, struttura simile in tutte le cellule (0.1 - 1 μm)

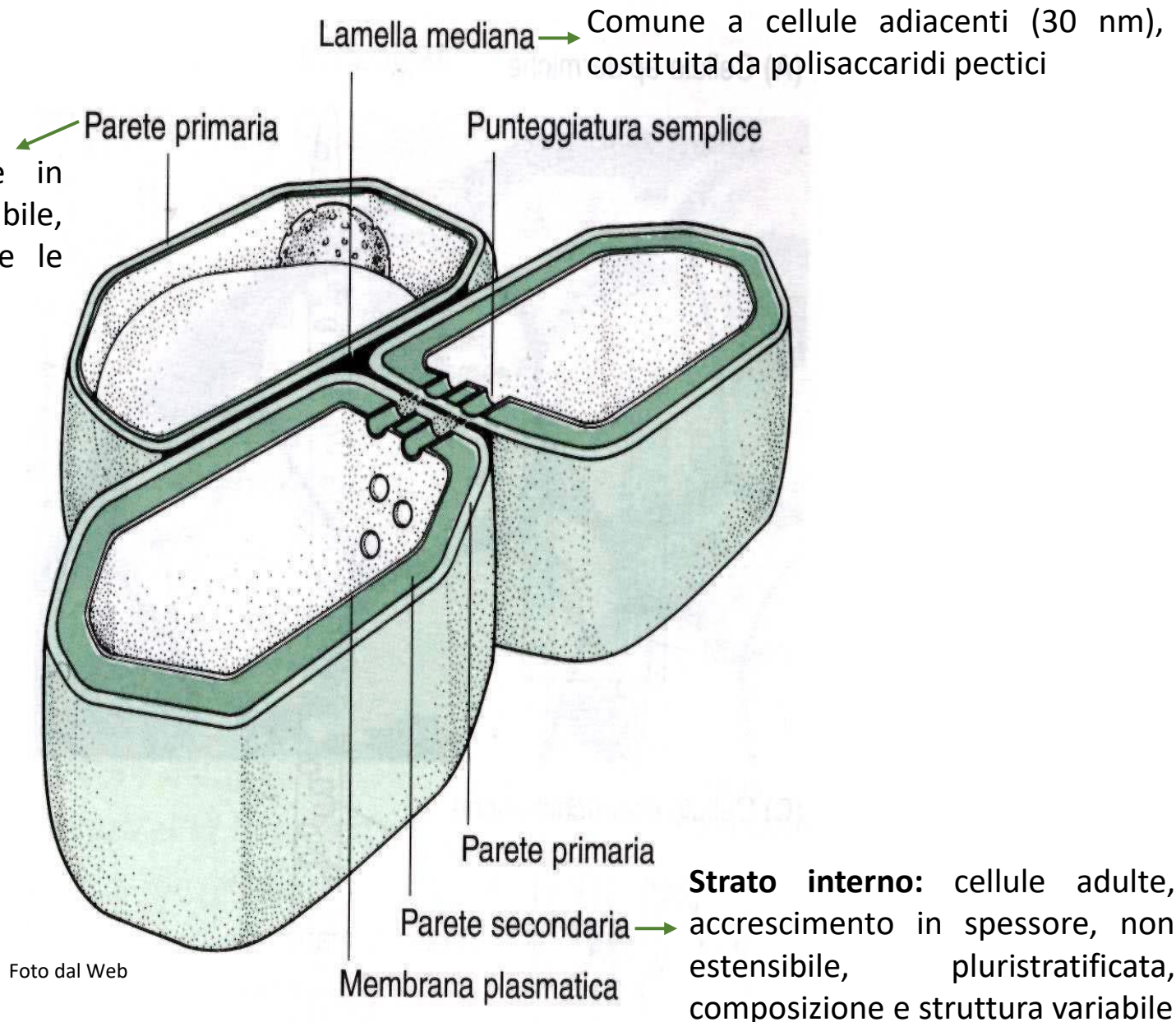


Foto dal Web

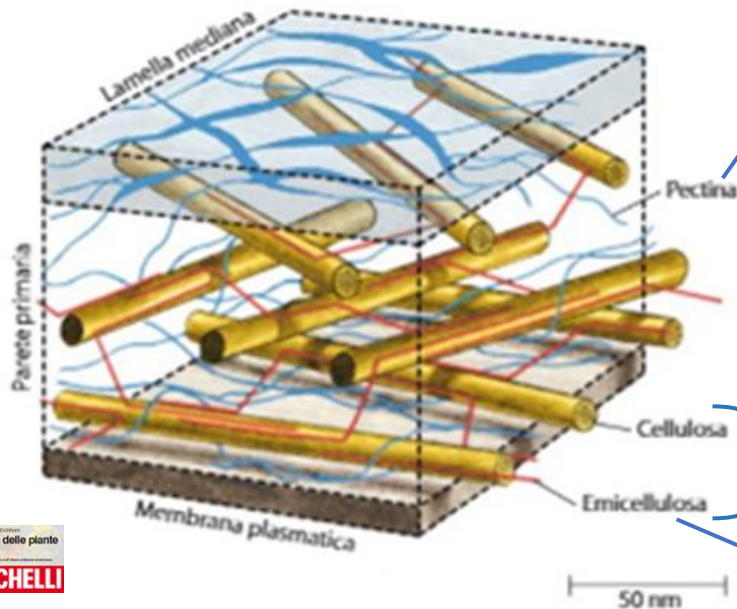
PARETE PRIMARIA

CELLULOSA: monomeri di D(+)glucosio con legame β 1-4; 10-15 % della parete primaria

Microfibrille adiacenti e parallele, immerse in una **MATRICE** di molecole non cellulosiche:

Polisaccaridi: emicellulose e pectine

Proteine strutturali: glicoproteine (estensine), glicolipidi ed enzimi (perossidasi, fosfatasi, cellulasi, pectinasi)

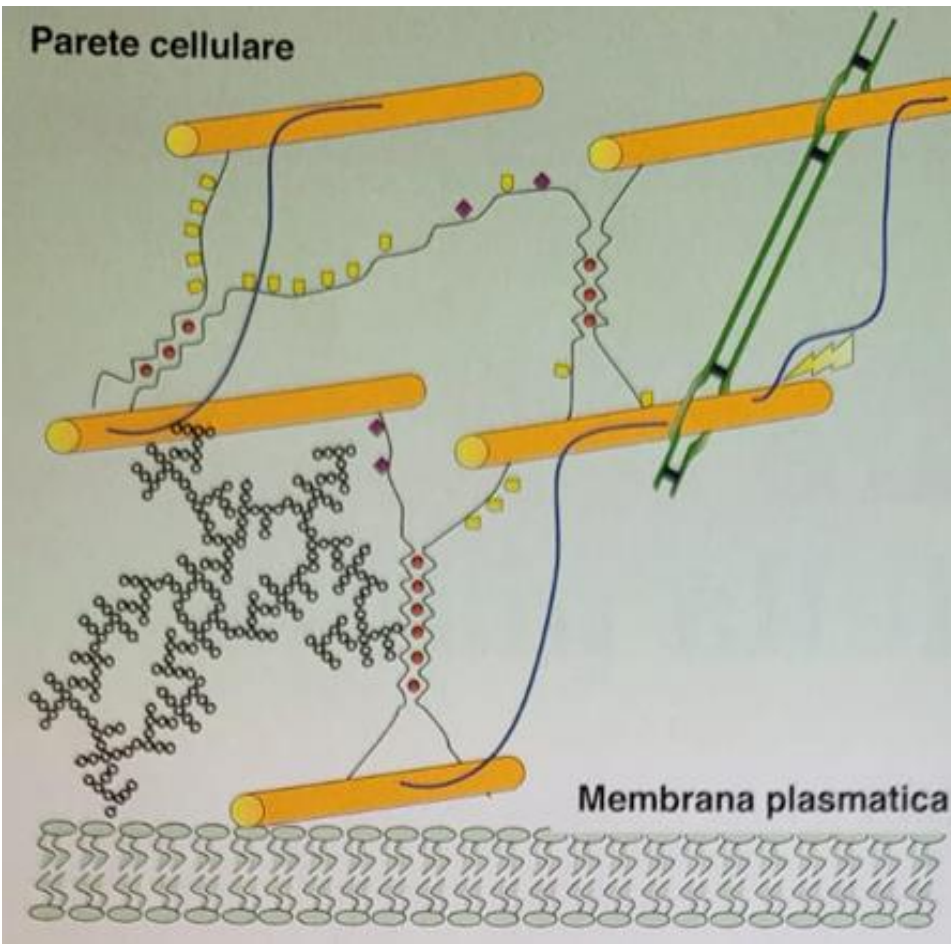


Polisaccaridi fortemente idrofili (plasticità e flessibilità; distensione cellulare)

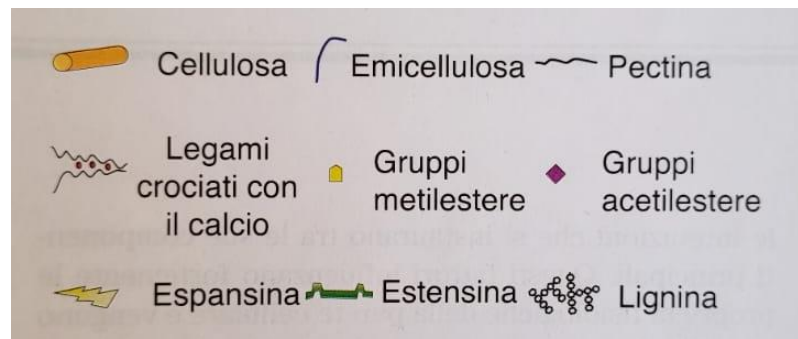
Reticolo cellulosa-emicellulose

Regola l'aumento delle dimensioni cellulari (limita l'estensibilità)

Disposizione *casuale*: la cellula si accresce in tutte le direzioni (forma sferica)
Disposizione *parallela*: la cellula si accresce solo in lunghezza



- *cristallina*: micelle (cellulosa)
- *amorfa*: emicellulose e pectine



La componente cristallina è sintetizzata da complessi enzimatici (cellulosa sintetasi) che si muovono all'interno della membrana plasmatica

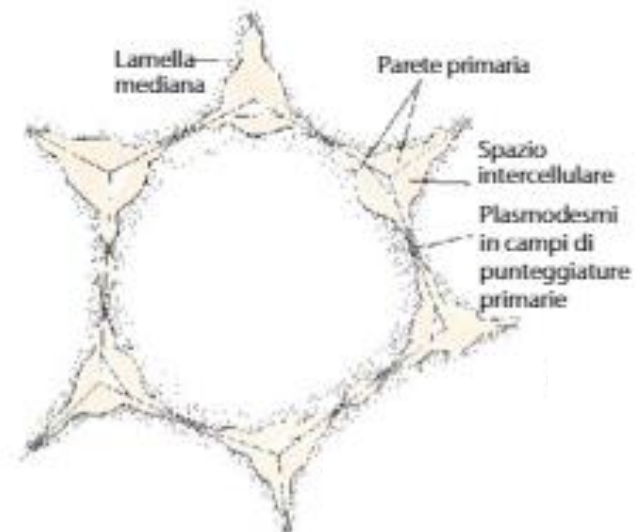
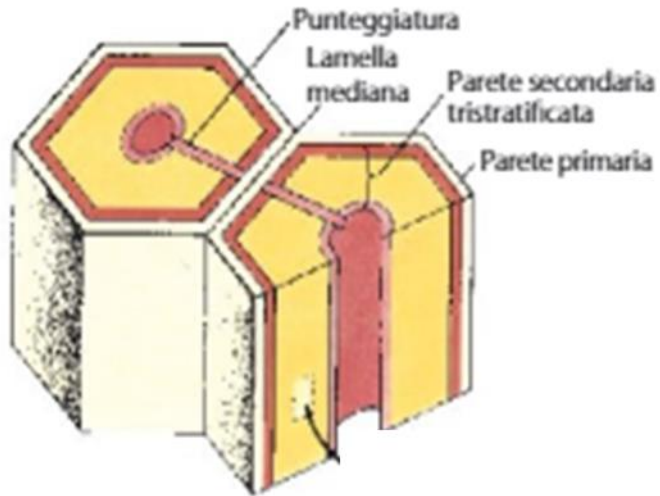
La componente amorfa è sintetizzata nel reticolo endoplasmatico e nell'apparato del Golgi e secreta all'esterno della cellula (esocitosi)

LAMELLA MEDIANA (SOSTANZA INTERCELLULARE)

strato in comune tra le pareti delle cellule adiacenti; contribuisce alla loro adesione



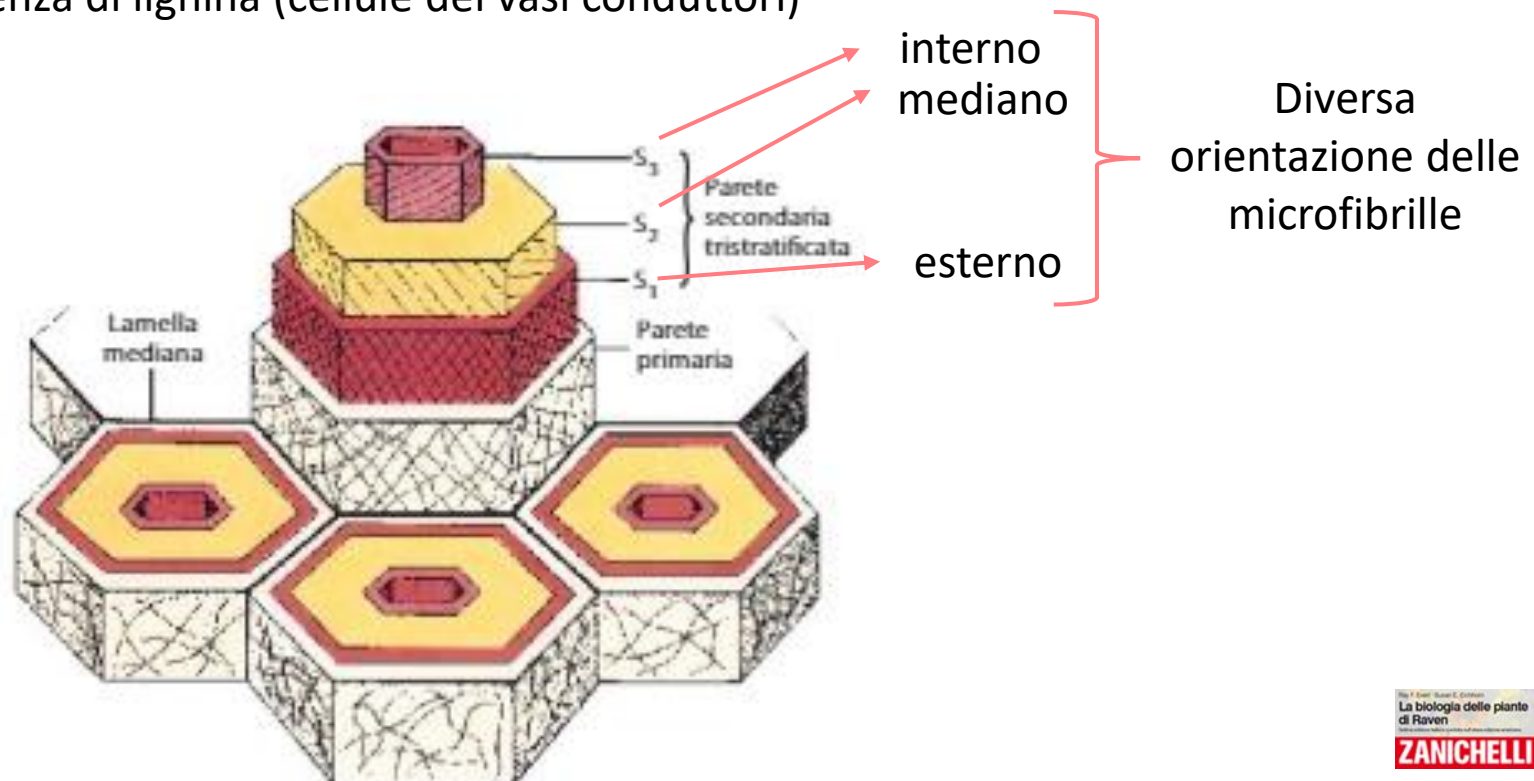
- PECTINE: polimeri dell'acido galatturonico; funzione cementante
- Acqua, proteine strutturali, enzimi



PARETE SECONDARIA

Viene deposta all'interno della parete primaria dopo che ha terminato la crescita in spessore (nelle cellule adulte)

- Spessore variabile (3-5 μm), rigida e non estensibile
- Tristratificata; in ogni strato le microfibrille di cellulosa sono parallele tra loro
- Il 60% è costituito da cellulosa immersa in una matrice ridotta; le pectine possono mancare (mancanza di elasticità)
- Assenti le proteine strutturali e gli enzimi
- Funzione importante nelle cellule specializzate per il sostegno e trasporto
- Presenza di lignina (cellule dei vasi conduttori)



Plasmodesmi

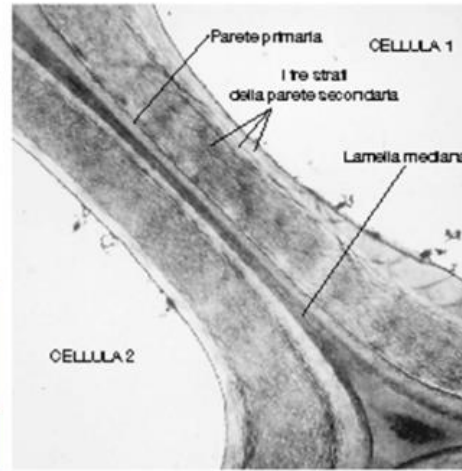
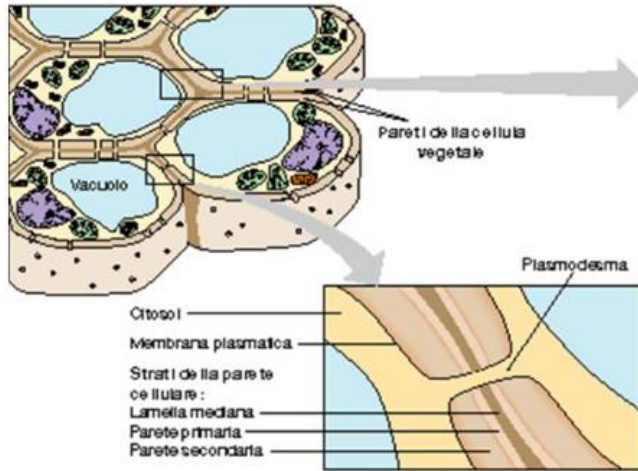
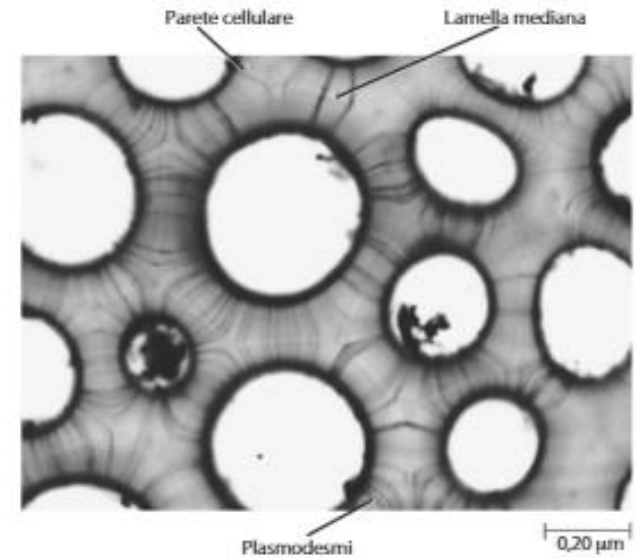


Foto dal WEB

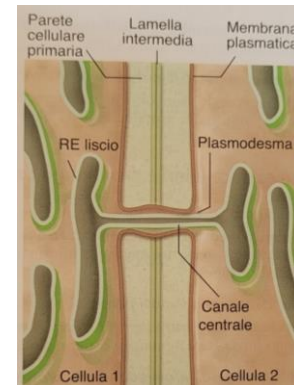


- Canali citoplasmatici che attraversano la parete cellulare
- Riuniti in “campi di punteggiature”
- Comunicazione tra i protoplasti di due le cellule adiacenti
- Attraversati da tubuli (desmotubuli)
- Passaggio di acqua, ioni, zuccheri, aminoacidi, molecole segnale



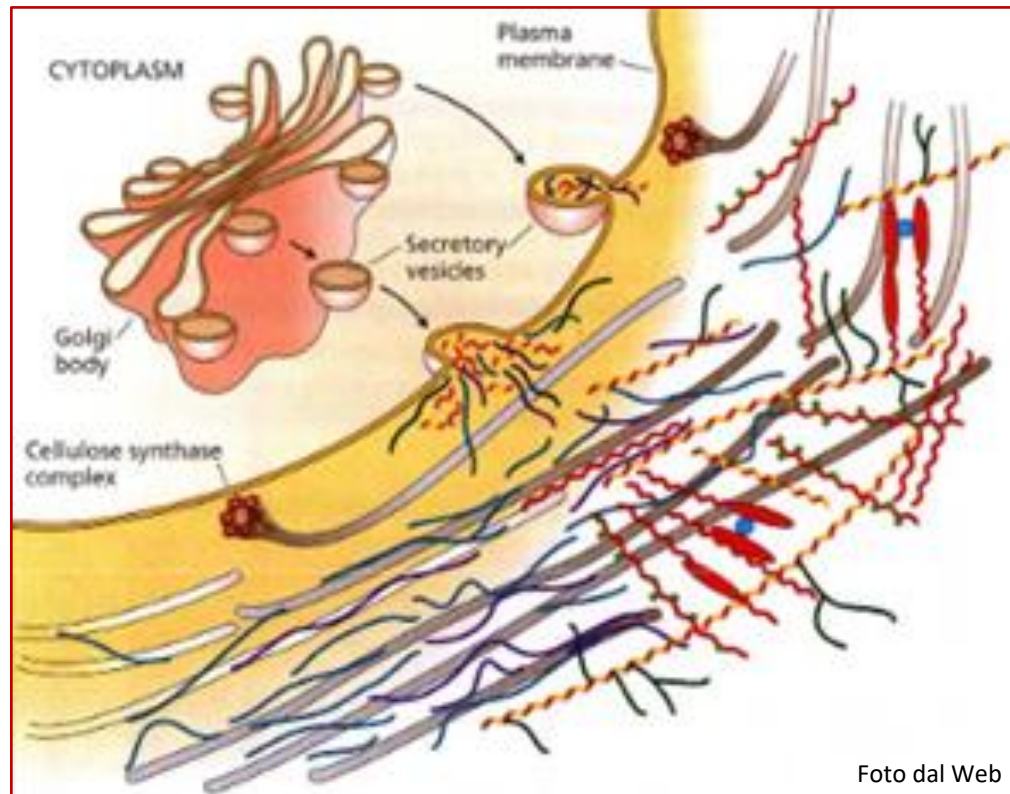
Trasporto di
acqua e soluti

SIMPLASTICO: attraverso i plasmodesmi
APOPLASTICO: attraverso le pareti cellulari



Funzioni della parete cellulare

- Assicura rigidità (funzione meccanica)
- Determina le dimensioni e la forma cellulare (la struttura varia in composizione e aspetto nei vari tipi cellulari)
- Protegge la cellula (il protoplasma) dagli stress biotici e abiotici
- Controbilancia la pressione osmotica del succo cellulare e del vacuolo
- Interviene nel riconoscimento delle cellule (presenza di molecole segnale)
- Contribuisce all'assorbimento, trasporto e secrezione delle sostanze



Modificazioni della Parete

cellule adulte differenziate; cambiamento della funzionalità cellulare

Deposito all'INTERNO
della parete

Lignificazione: **lignina** (polimeri di composti fenolici); rigidità e resistenza alla compressione (funzione meccanica e di sostegno)

Mineralizzazione: silice e carbonato di calcio

Pigmentazione: sostanze colorate (tannini e fenoli)

Gelificazione: matrice di mucillagini (trattengono acqua)

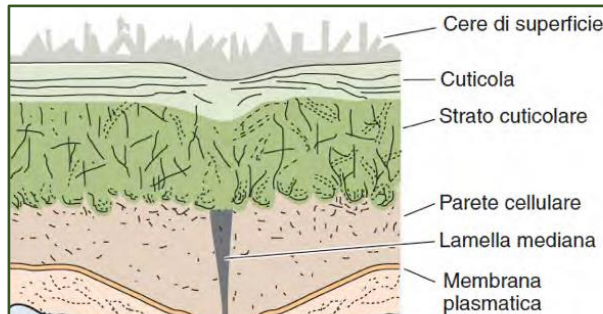
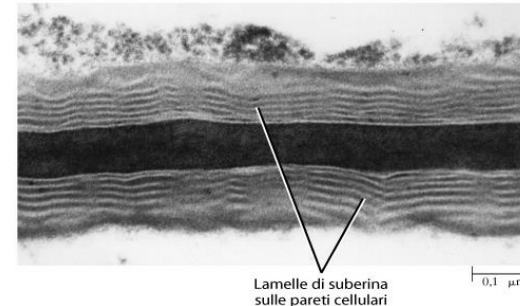


Foto dal Web



Deposito all'ESTERNO
della parete

Cutinizzazione: **cutina** (polimero di acidi grassi); forma la cuticola che riduce le perdite di acqua (impermeabilizzazione)

Suberificazione: **suberina** (polimero di acidi grassi e composti fenolici); forma lamelle di suberina in senso centripeto (protezione)

Presenza di cere: sostanze grasse (protezione)

Integrità strutturale della parete cellulare (Cell Wall Integrity)

Drammaticamente alterata

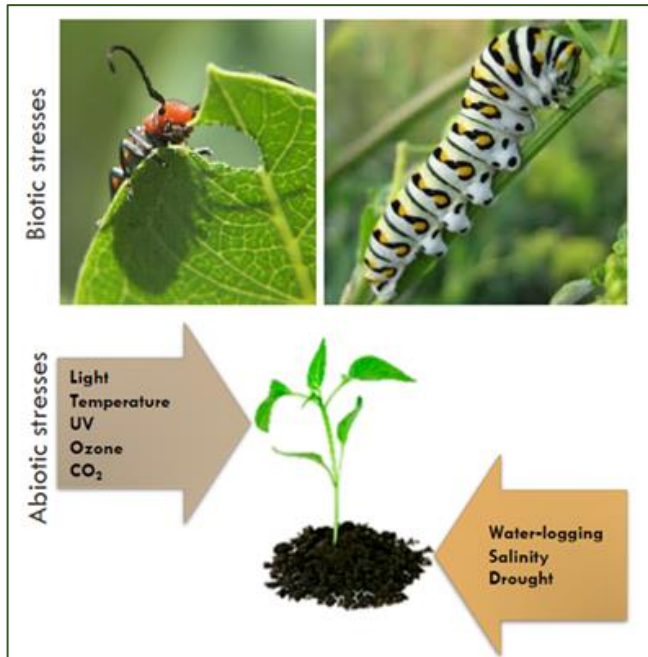


Foto dal Web



Stress BIOTICI
Stress ABIOTICI
Danni meccanici



ATTIVAZIONE RIPOSTE IMMUNITARIE

Interazione pianta-patogeno

Il patogeno deve superare la parete cellulare

Enzimi microbici degradano la pectina e interagiscono con gli inibitori proteici della parete cellulare che li inattiva innescando la risposta immunitaria

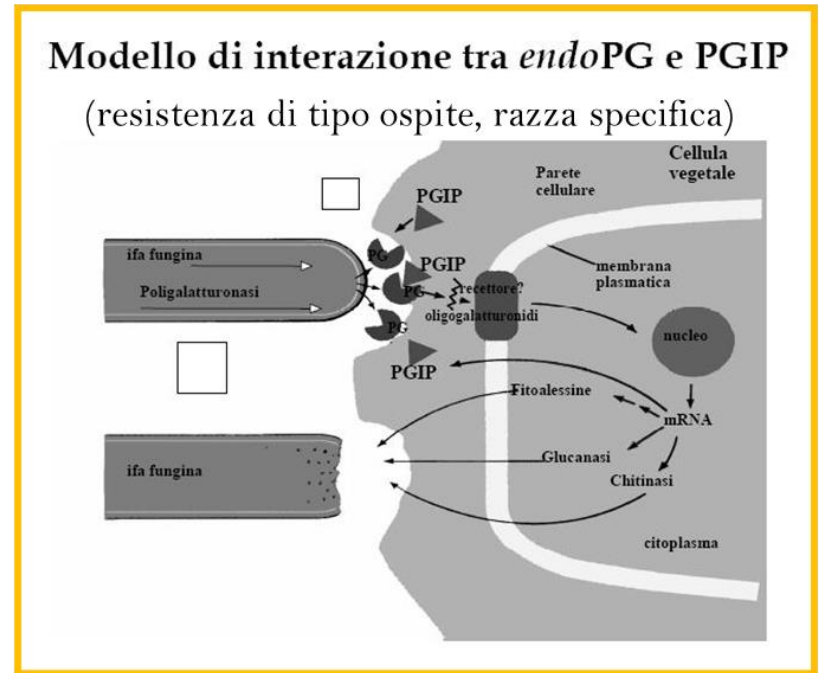
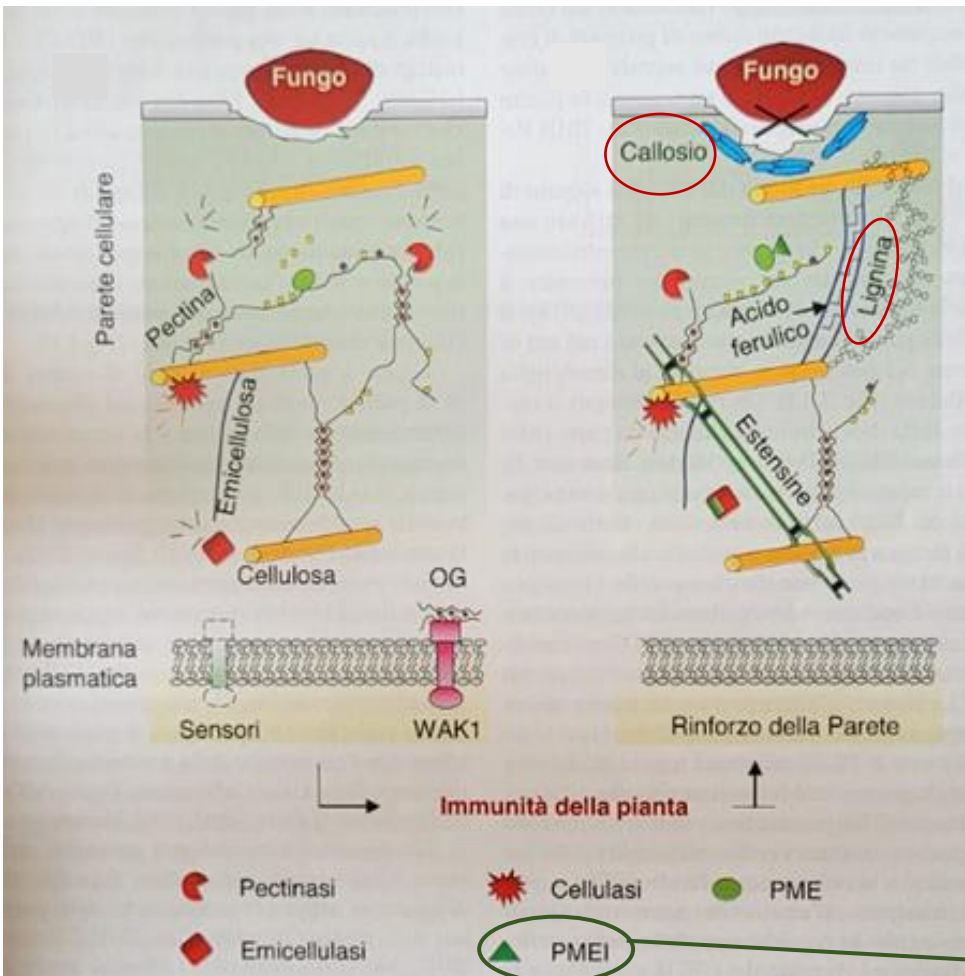


Foto dal Web

Inibitore della PME
(pectina metilesterasi)

I meccanismi di difesa comportano un rimodellamento della parete cellulare necessario per prevenire il progredire della malattia

Contrastare l'adesione, penetrazione e colonizzazione del patogeno

Creazione di un ambiente ostile al patogeno che ne impedisce e/o rallenta la diffusione

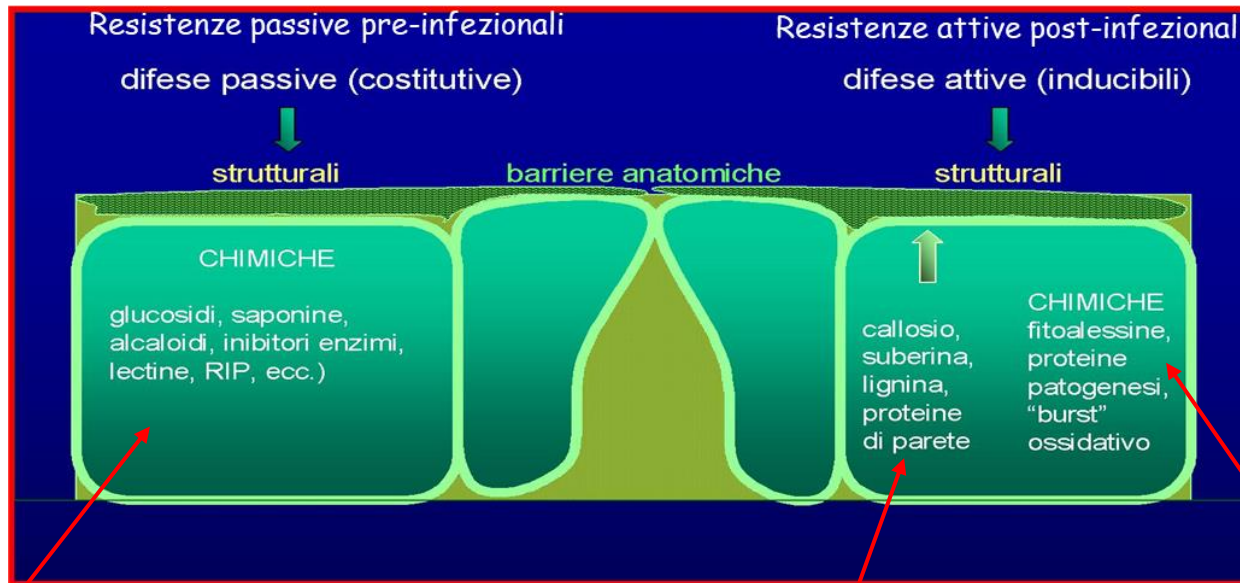


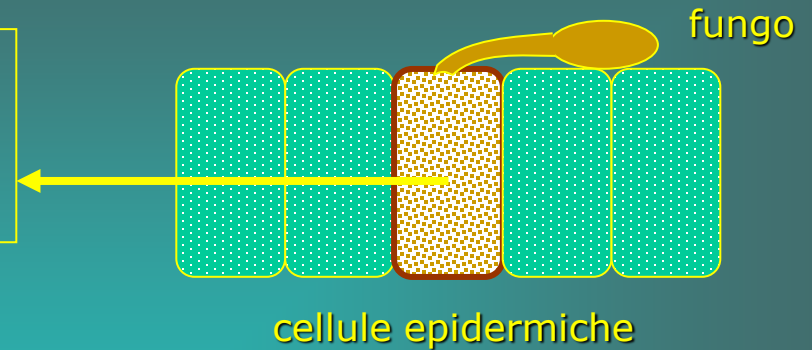
Foto dal Web

essudati ad attività antifungina, sintetizzati precedentemente al tentativo di infezione

sostanze normalmente assenti o presenti in quantità ridotte

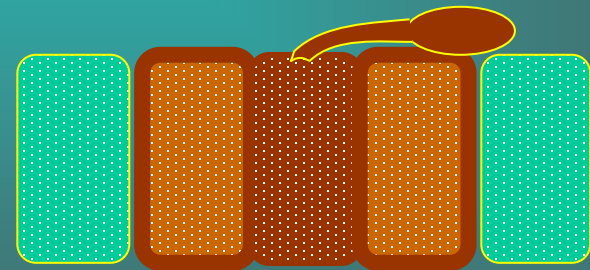
Produzione di ormoni da ferita e di suberina, formazione di tulle o di gomme contenenti tannini, **ispessimenti delle pareti cellulari**

- “burst” ossidativo
- sintesi di fitoalessine
- rafforzamento della parete cellulare



Tali modificazioni perturbano, a loro volta, l'equilibrio omeostatico delle cellule adiacenti, generando, in esse, una serie di reazioni

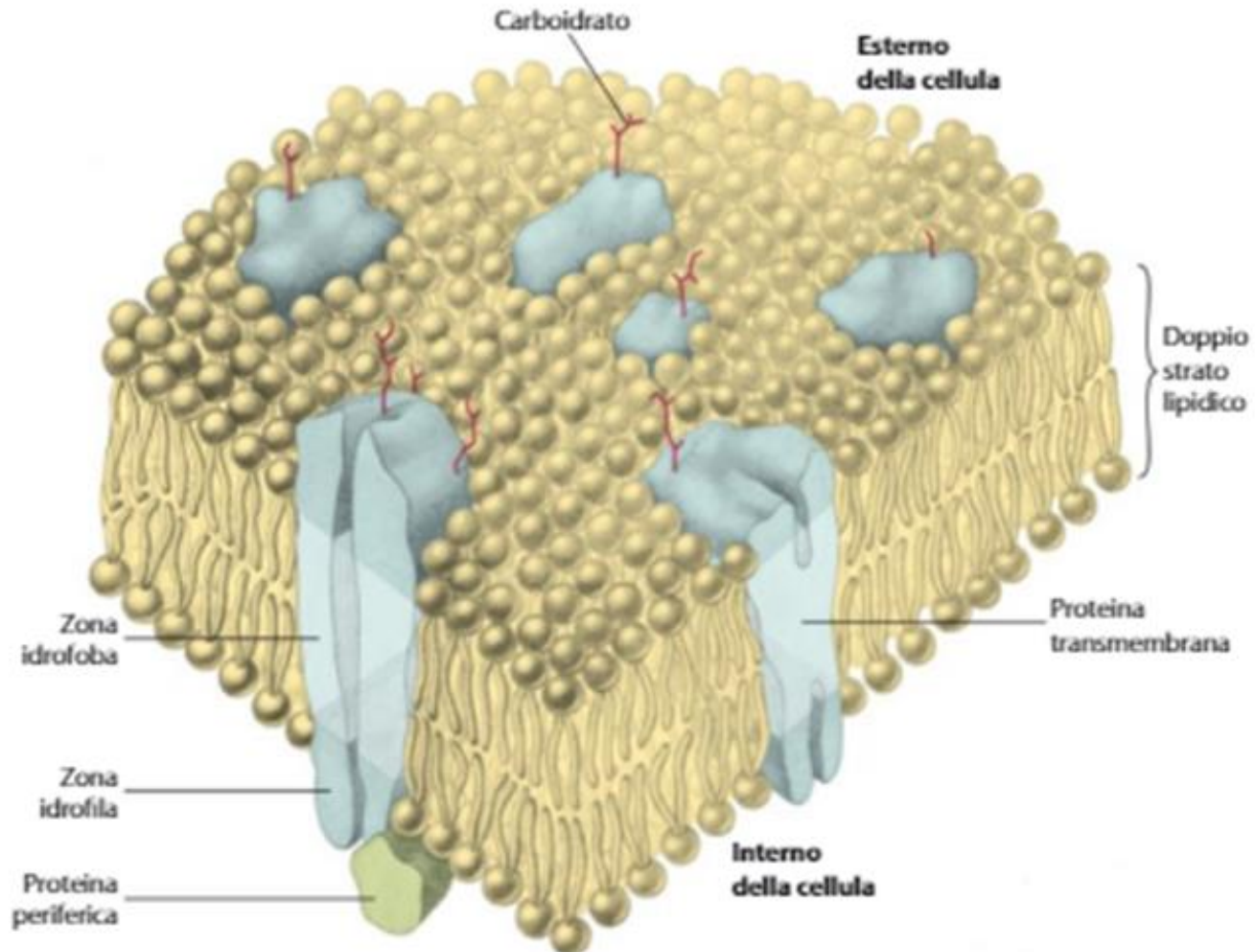
Si crea un ambiente ostile che limita l'espansione del patogeno, privandolo, nel contempo, dei nutrienti essenziali



Membrana plasmatica

doppio strato lipidico; selettivamente permeabile

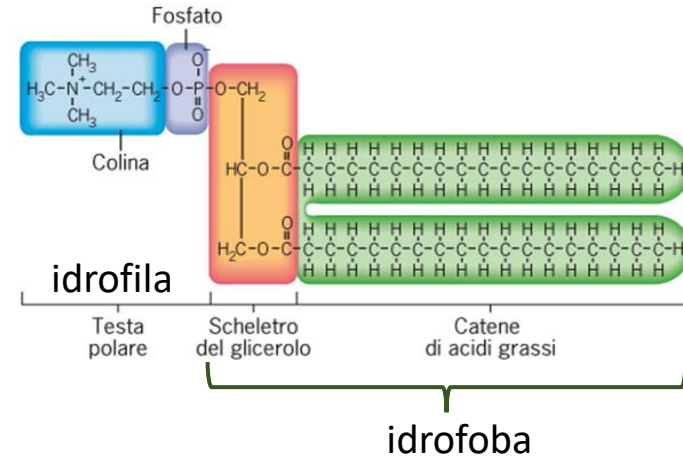
Modello a MOSAICO FLUIDO



LIPIDI
(40-50 %)

FOSFOLIPIDI

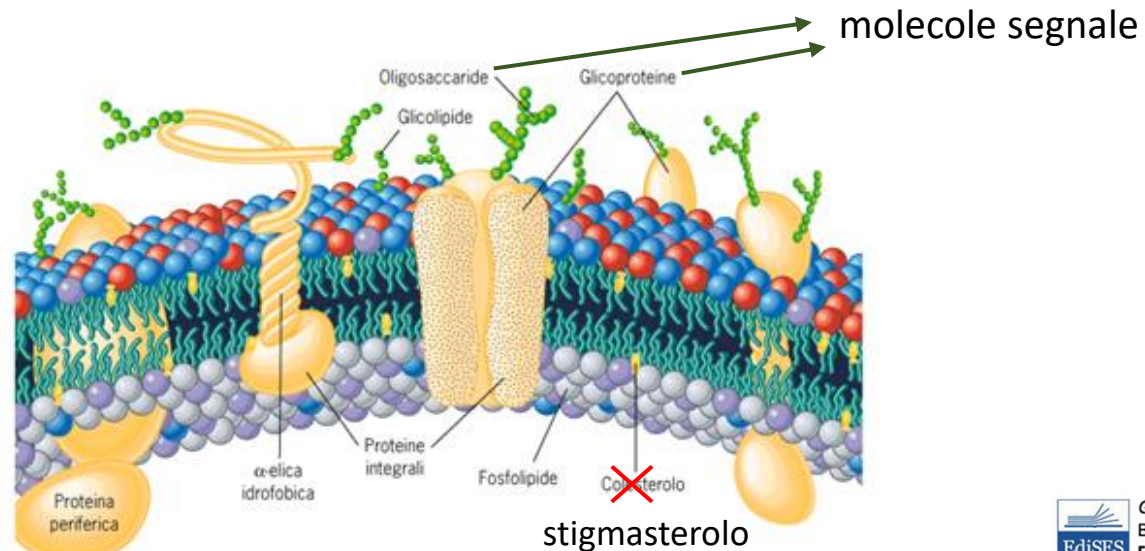
STEROLI
(stigmasterolo)



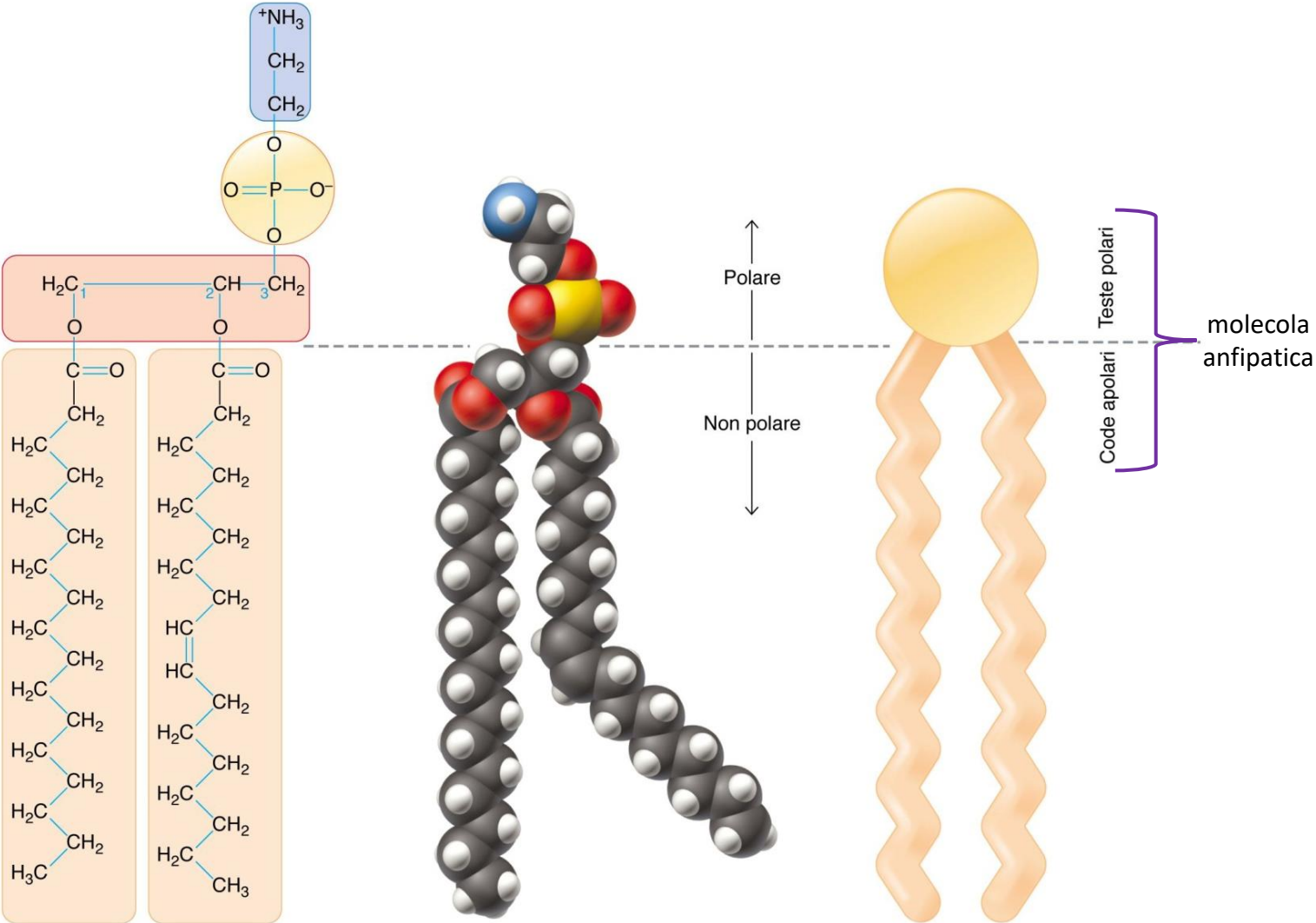
PROTEINE
(60-50%)

- TRANSMEMBRANA (attraversano il doppio strato)
- INTEGRALI (legano lipidi e sono strettamente associate alla membrana)
- PERIFERICHE (non penetrano nel doppio strato; idrofile)

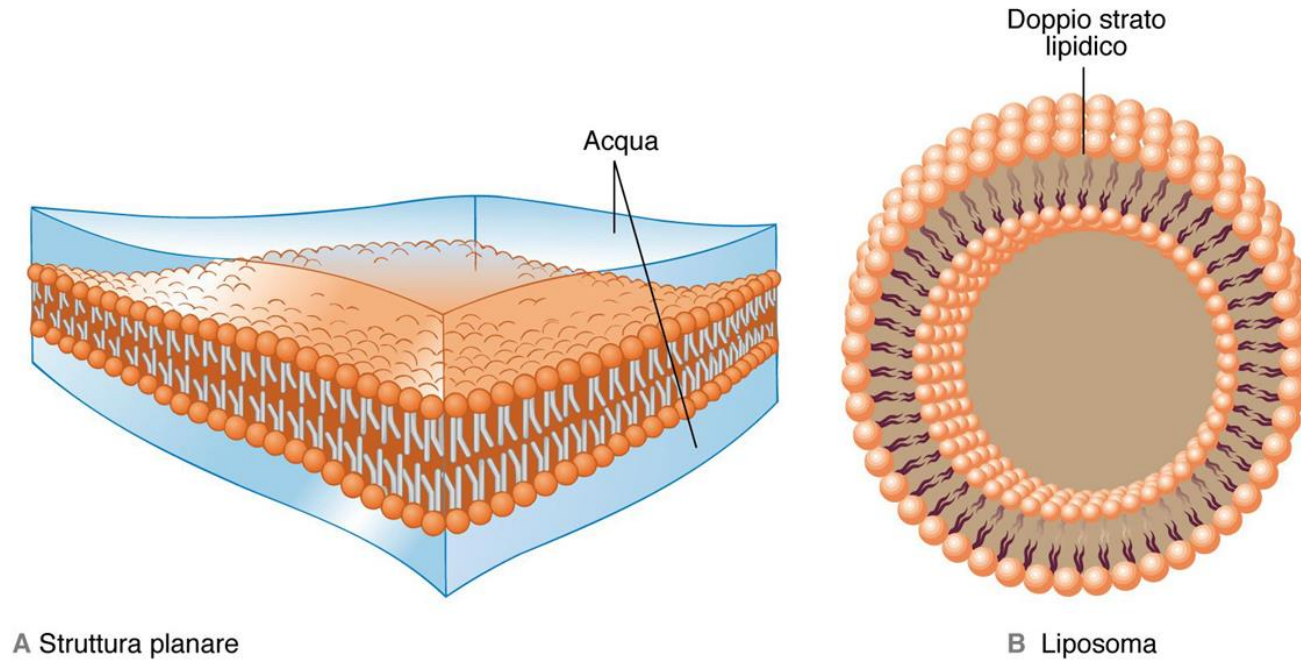
Funzionalità della membrana



FOSFOGLICERIDE



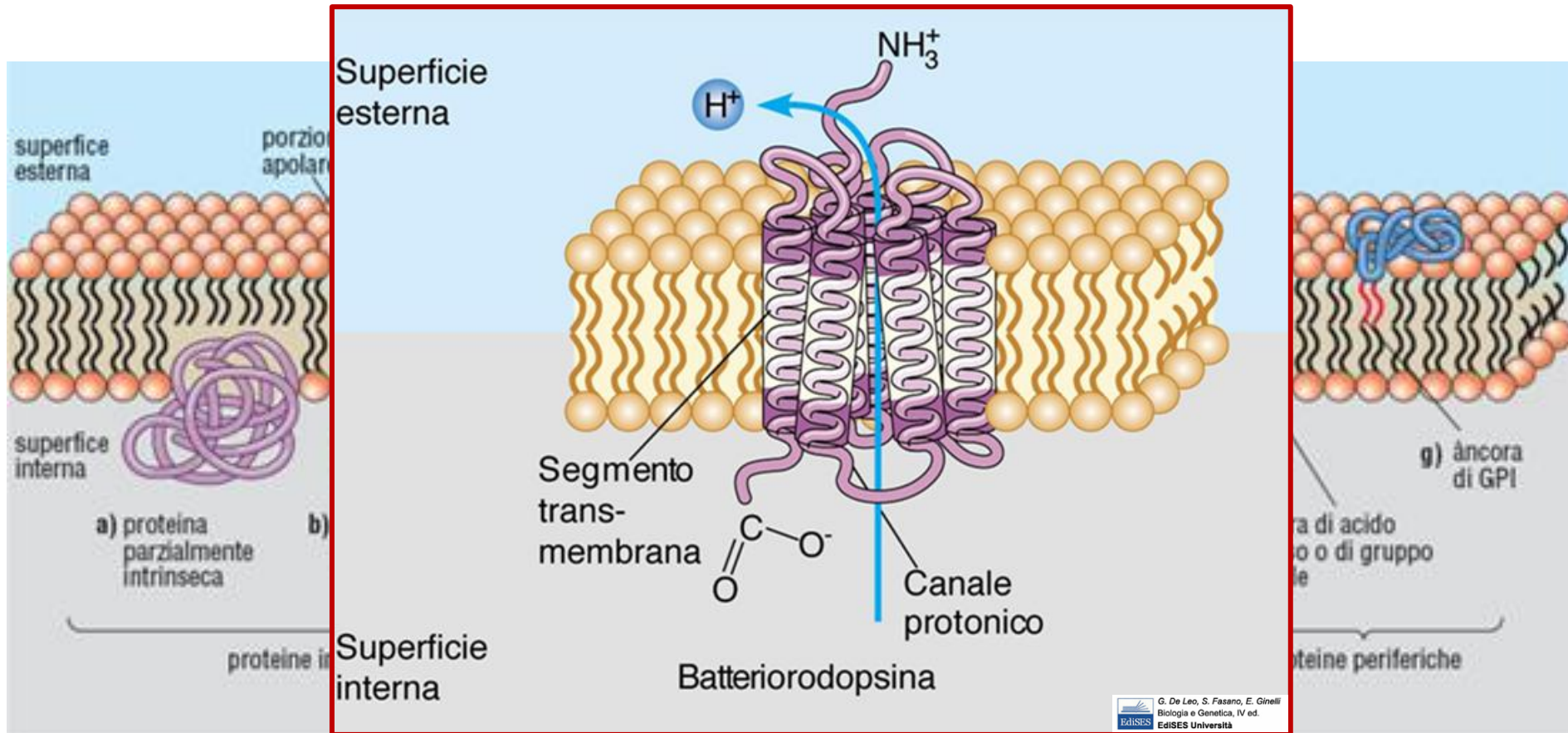
Organizzazione strutturale dei fosfolipidi in ambiente acquoso



In acqua i fosfolipidi anfipatici formano un doppio strato lipidico in cui le **teste idrofile** interagiscono con l'acqua e le **code idrofobe** sono rivolte verso l'interno del doppio strato

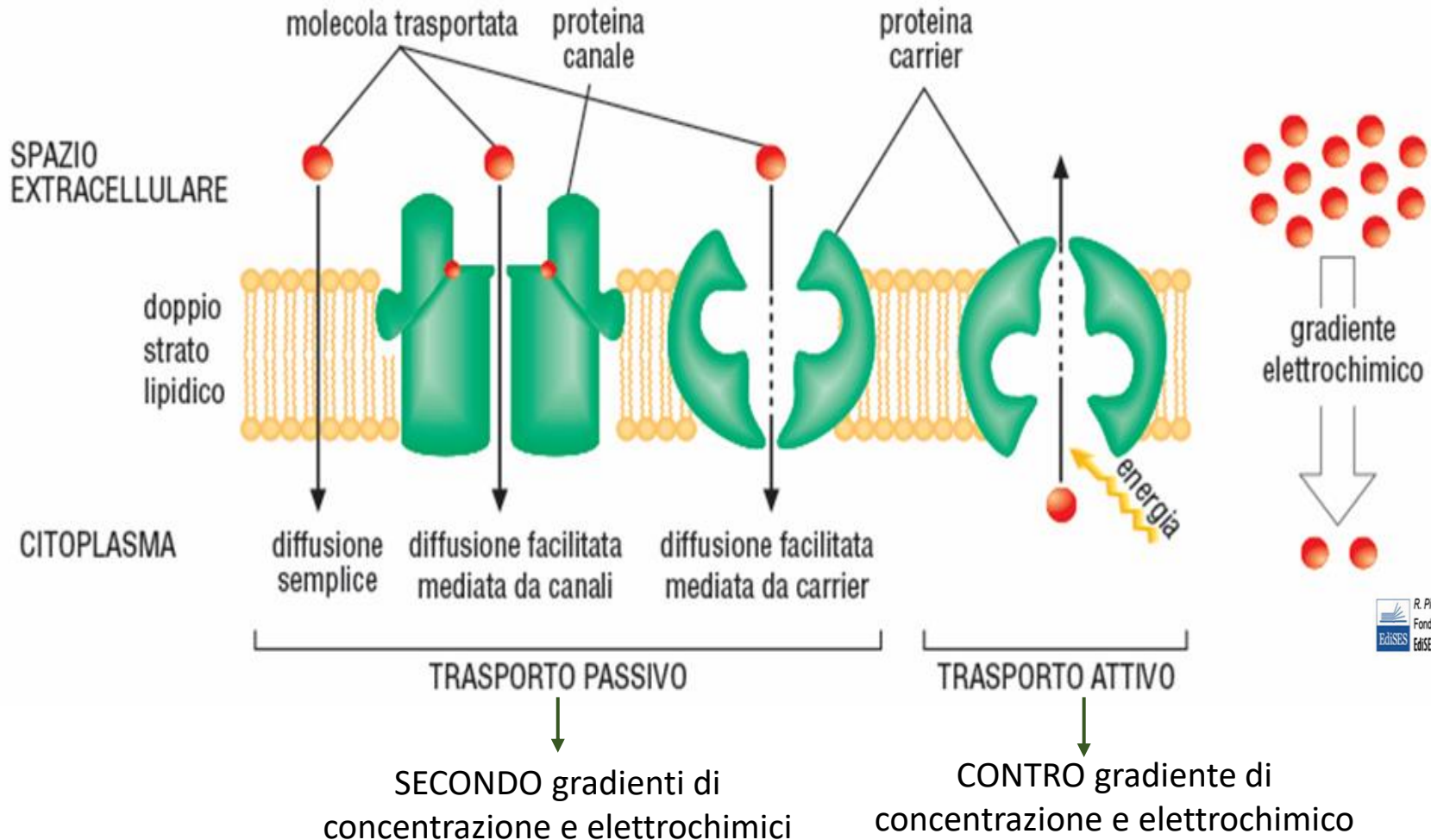
Possono formare doppi strati planari o strutture sferiche chiuse dette liposomi

Principali classi di proteine di membrana



I segmenti idrofili sporgono all'esterno e all'interno della membrana

Trasporto di soluti attraverso la membrana plasmatica

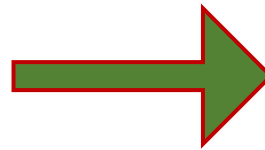


- 1) *Gradiente di concentrazione*: concentrazioni relative ai due lati della membrana:
- 2) *Gradiente elettrochimico*: differenza di potenziale elettrico attraverso la membrana (*Potenziale di membrana*); distribuzione disuguale degli ioni
- 3) Per i canali lo stato di apertura o chiusura del canale (GATED)

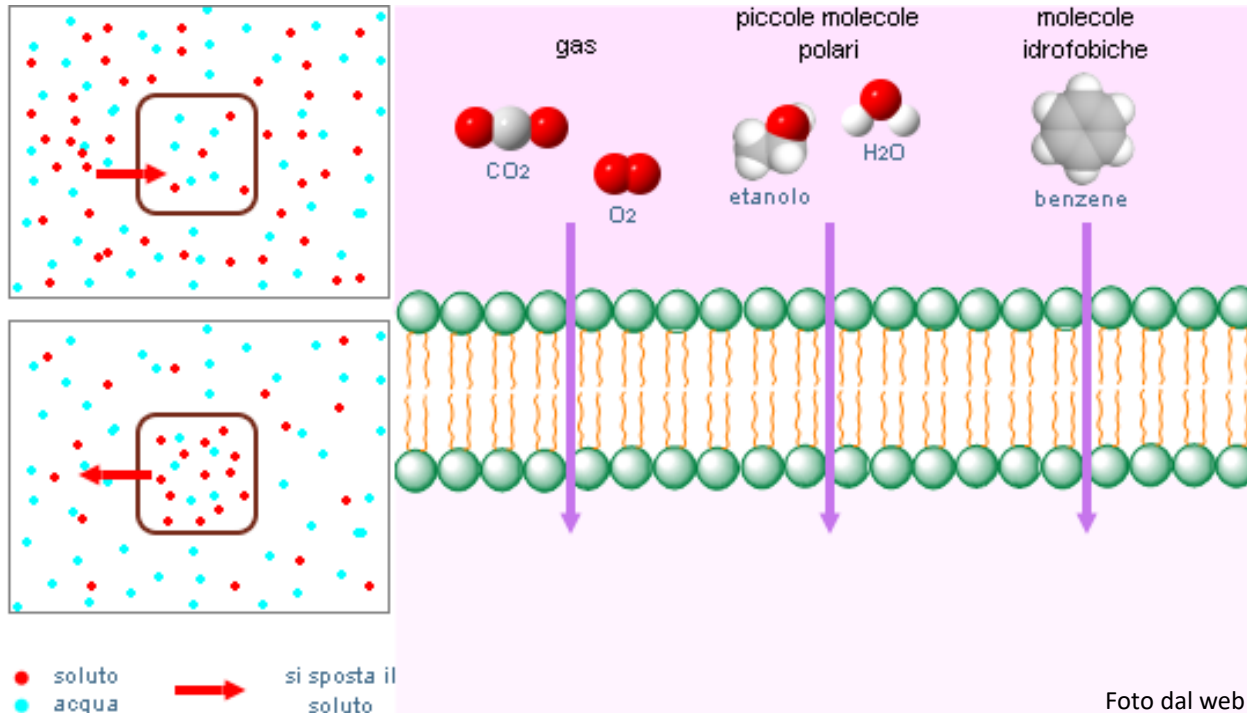
DIFFUSIONE SEMPLICE

le molecole e gli ioni dissolti in acqua sono in costante movimento casuale che provoca il loro spostamento tra regioni a diversa concentrazione fino al raggiungimento dell'equilibrio (uguale concentrazione tra i due lati)

ALTA
concentrazione

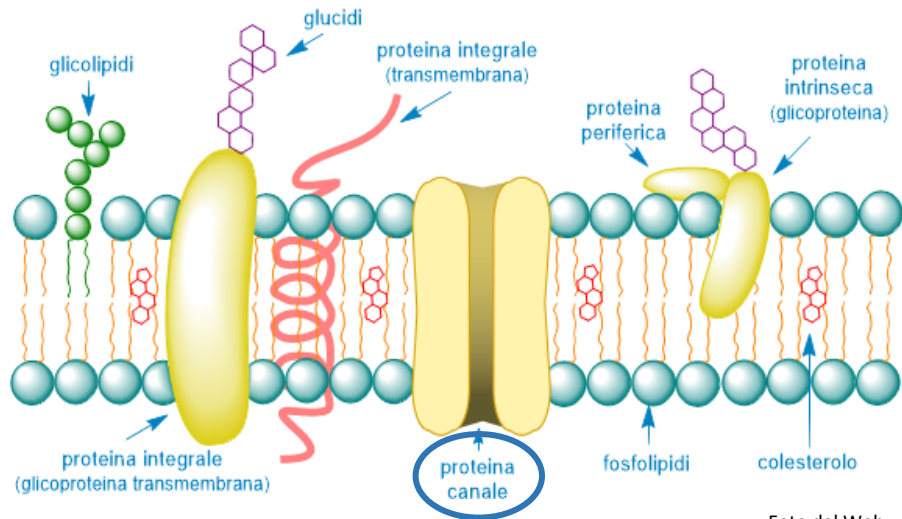


BASSA
concentrazione

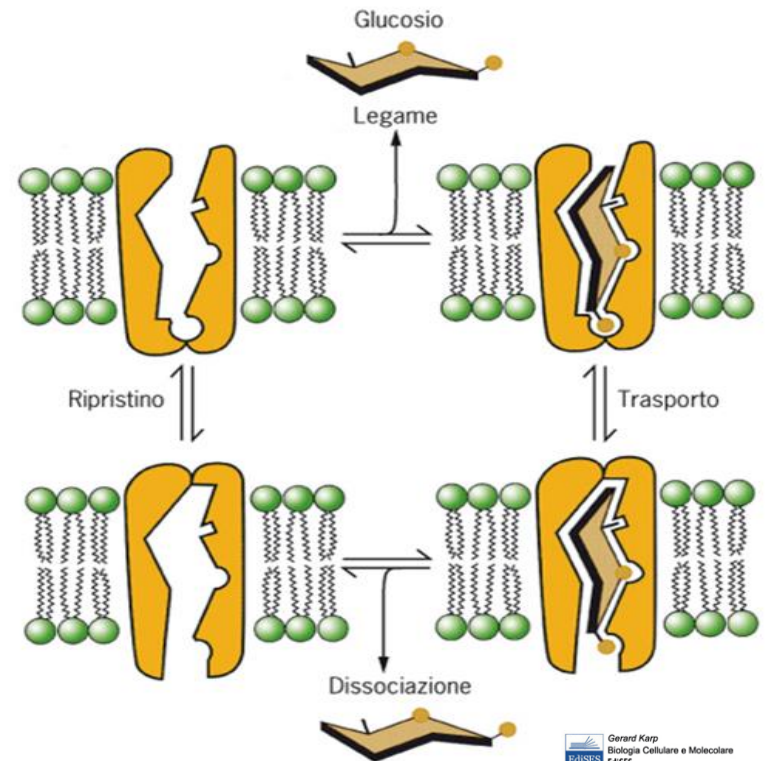


DIFFUSIONE FACILITATA

Le molecole che non possono attraversare la membrana per via della grandezza e del doppio strato lipidico, utilizzano *proteine canale* o *proteine trasportatrici* a condizione che la concentrazione della molecole sia più **ALTA ALL'ESTERNO** che all'interno della cellula

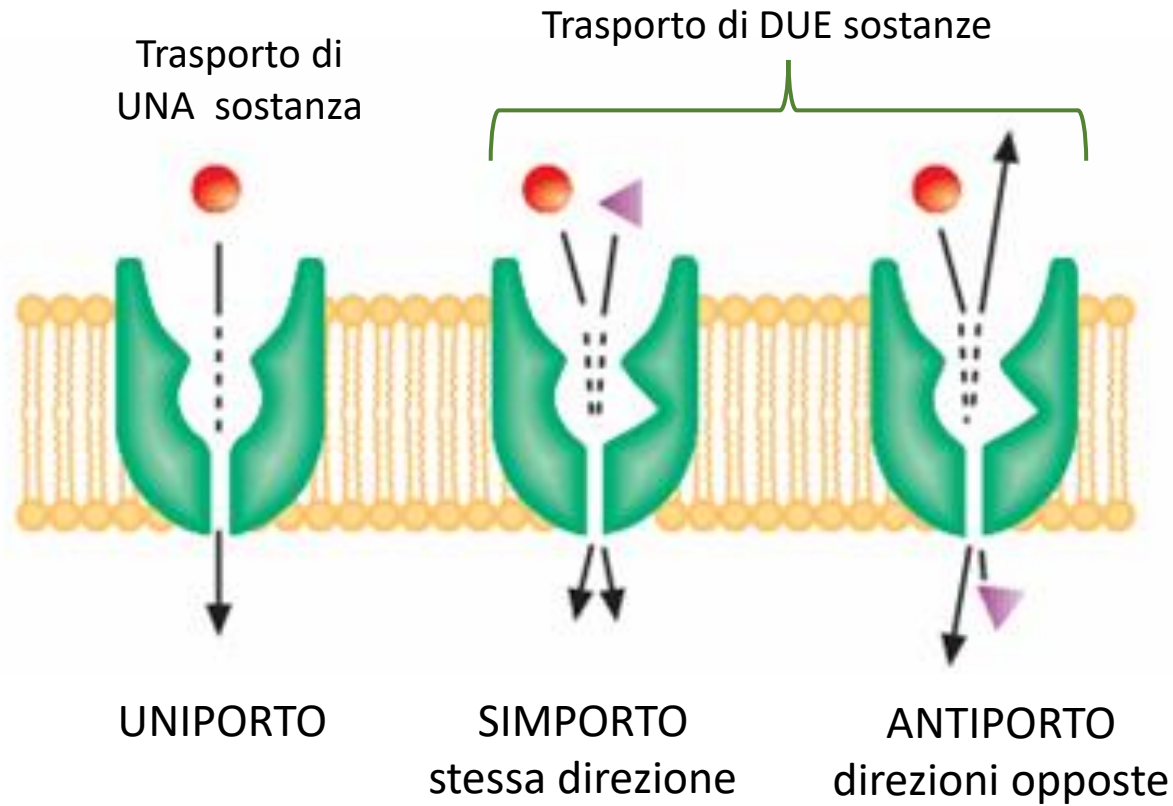


Le proteine canale hanno una parte interna idrofila
Alcuni canali "GATED" si aprono/chiodono in risposta ad uno stimolo chimico o elettrico



La proteina trasportatrice assume conformazioni alternative per esporre il sito di legame per il glucosio all'interno o all'esterno della membrana

Proteine di trasporto *diffusione facilitata*



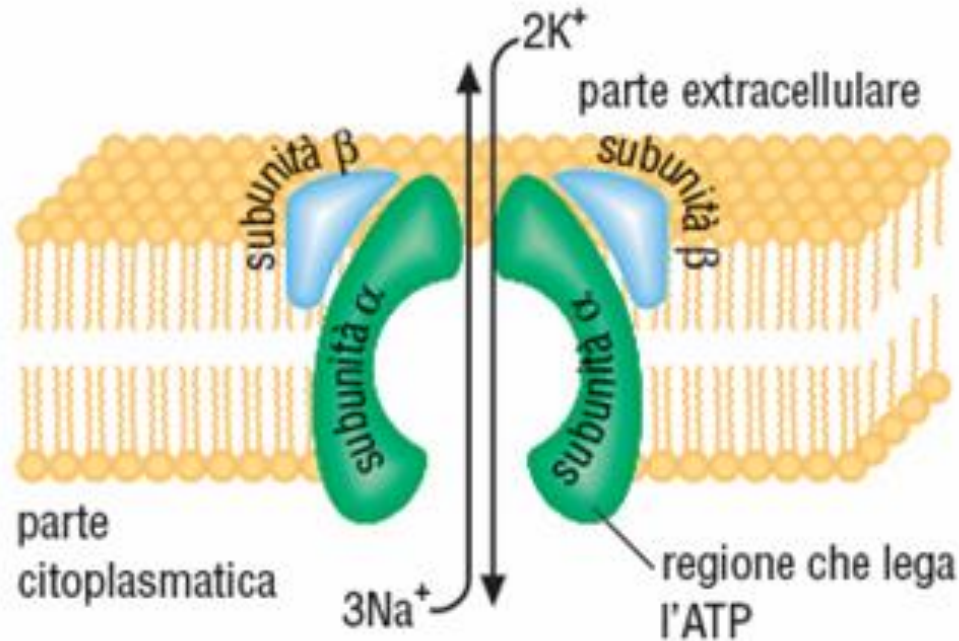
La membrana è
selettivamente permeabile



proteine selettive per un solo tipo
di molecola o ione, in alcuni casi
per più di un anione o catione

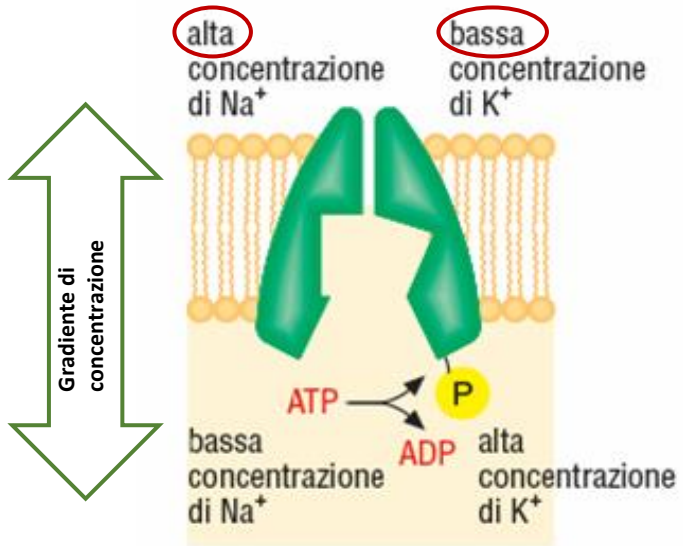
TRASPORTO ATTIVO

Proteine di trasporto: pompa Na^+/K^+ -ATPasi

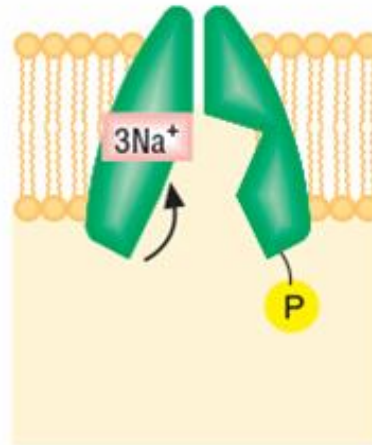


La subunità α contiene i siti per l'idrolisi dell'ATP: attività di trasporto

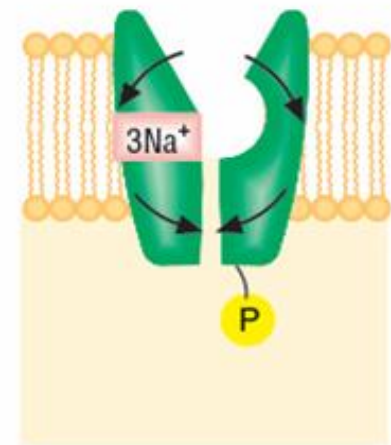
La subunità β è responsabile della maturazione e assemblaggio della pompa all'interno della membrana: regola l'attività della subunità α



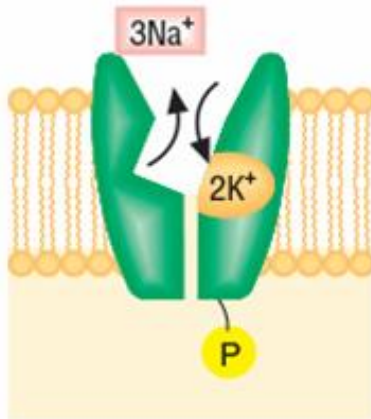
a)



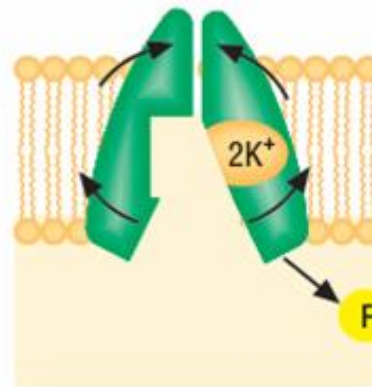
b)



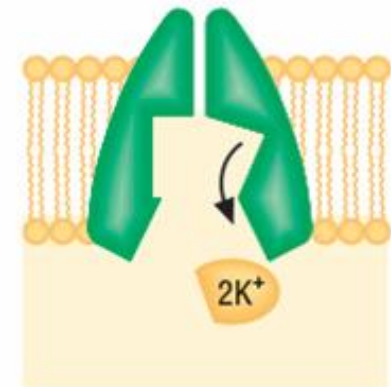
c)



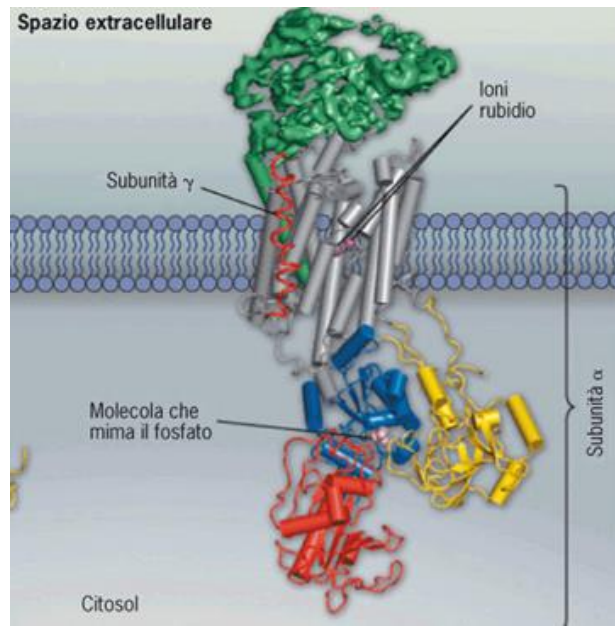
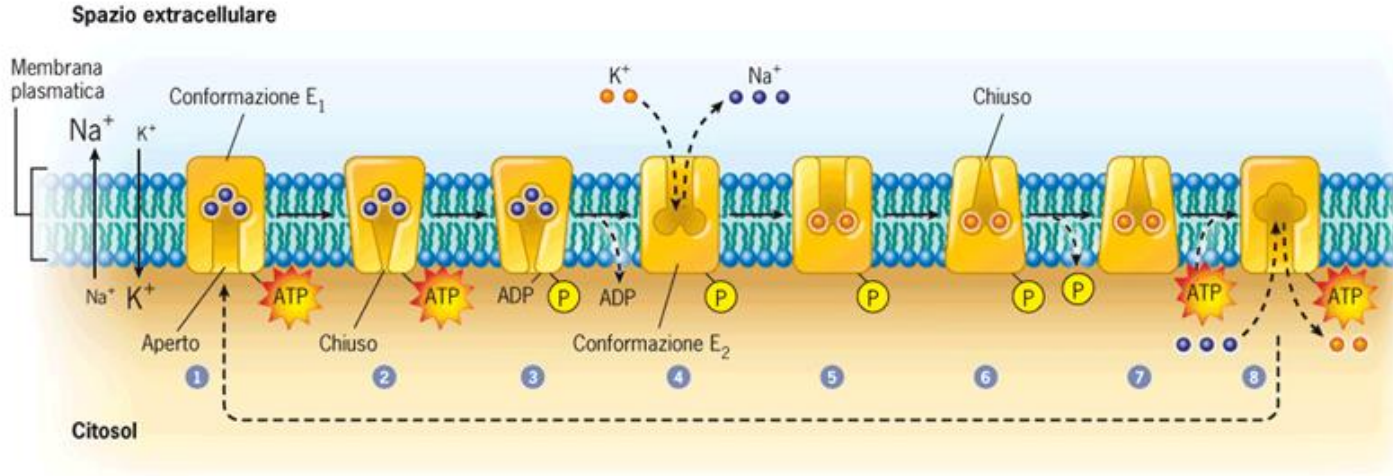
d)



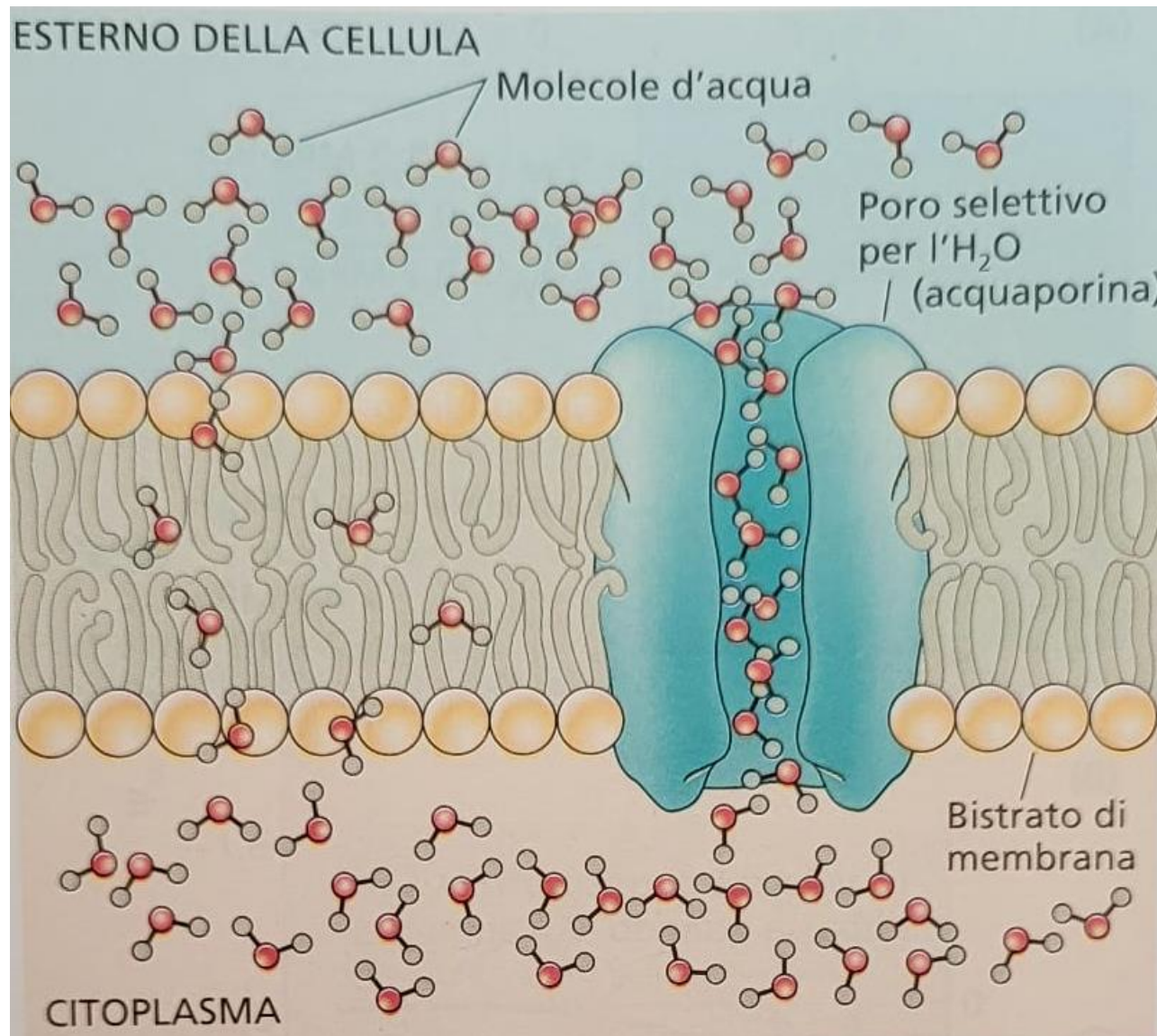
e)

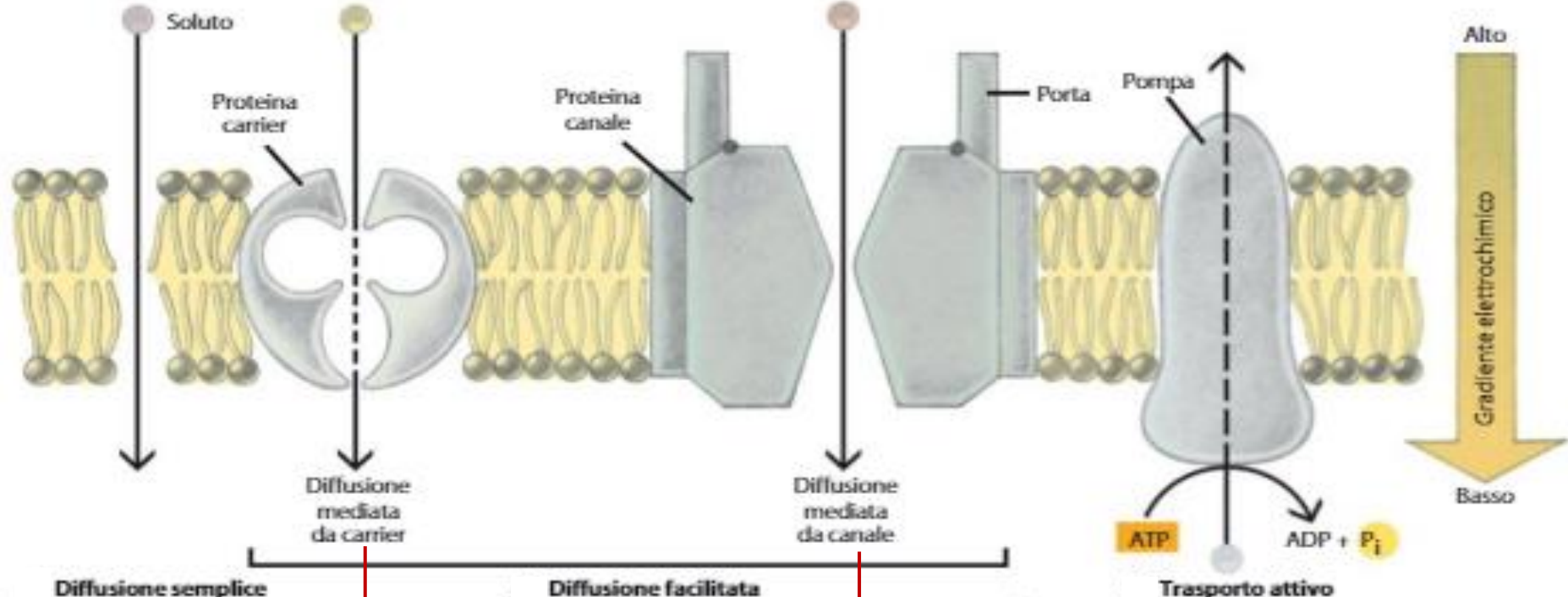


f)



ACQUAPORINE: proteine integrali che formano canali selettivi per l'acqua, facilitano la diffusione dell'acqua nelle cellule





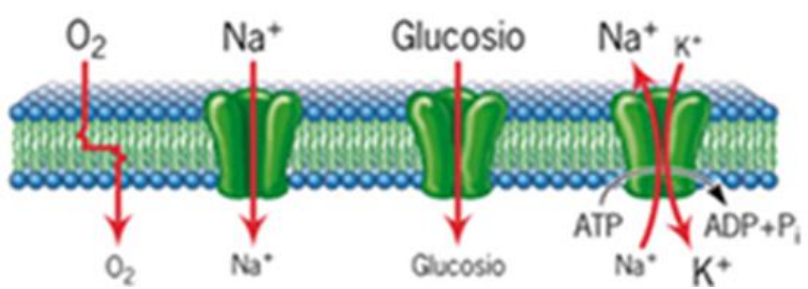
Diffusione semplice
Diffusione facilitata
Trasporto passivo

Apolari: O₂, CO₂,
 ormoni steroidei
Polari: acqua

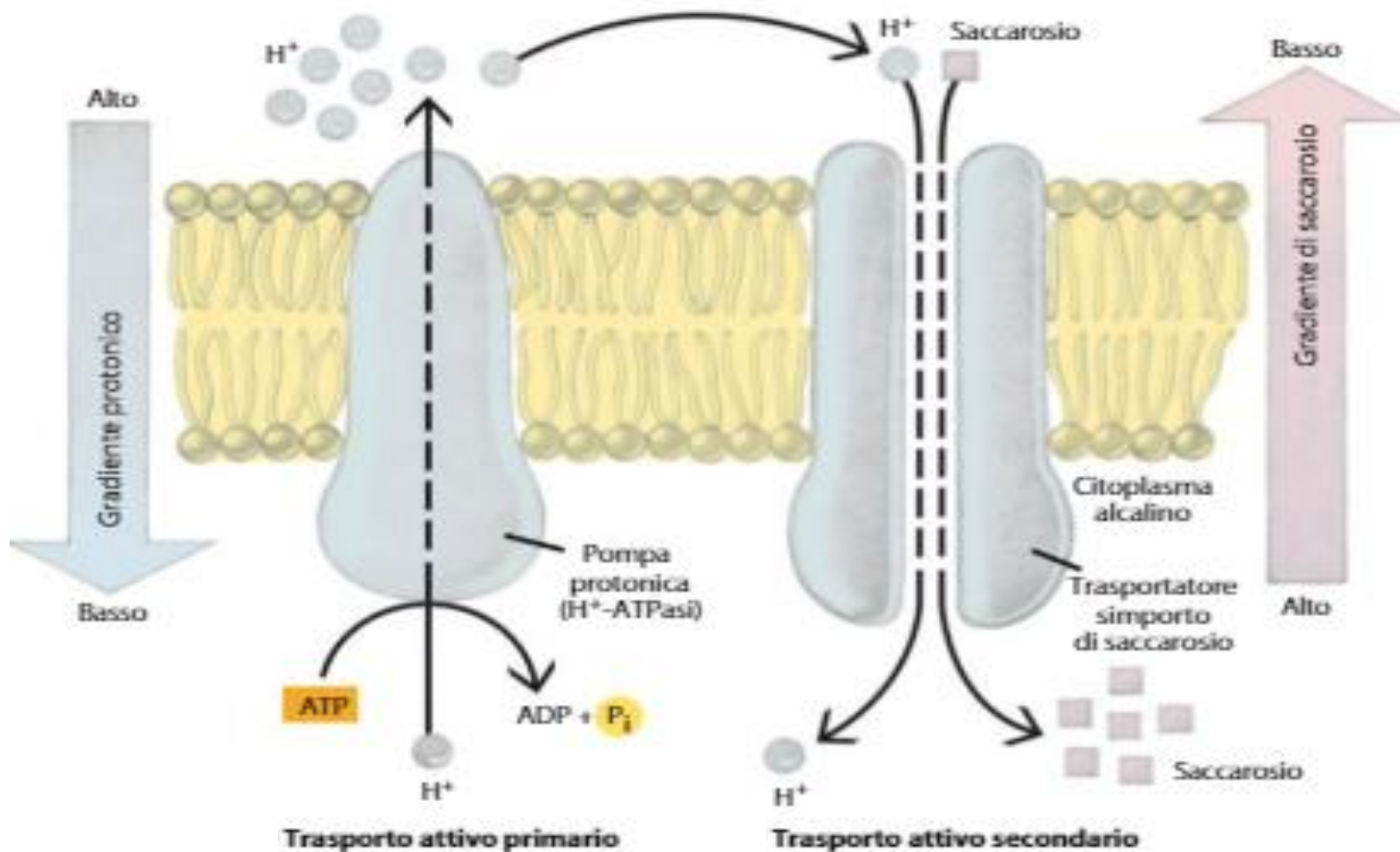
soluto specifico; cambiamento
 conformazionale

"porte" (*gating*) per il passaggio di
 determinati soluti (Na⁺, K⁺, Ca⁺², Cl⁻)

By F. Oprea, S. Rossi, E. Dronetti
 La biologia delle piante
 di Raven
ZANICHELLI



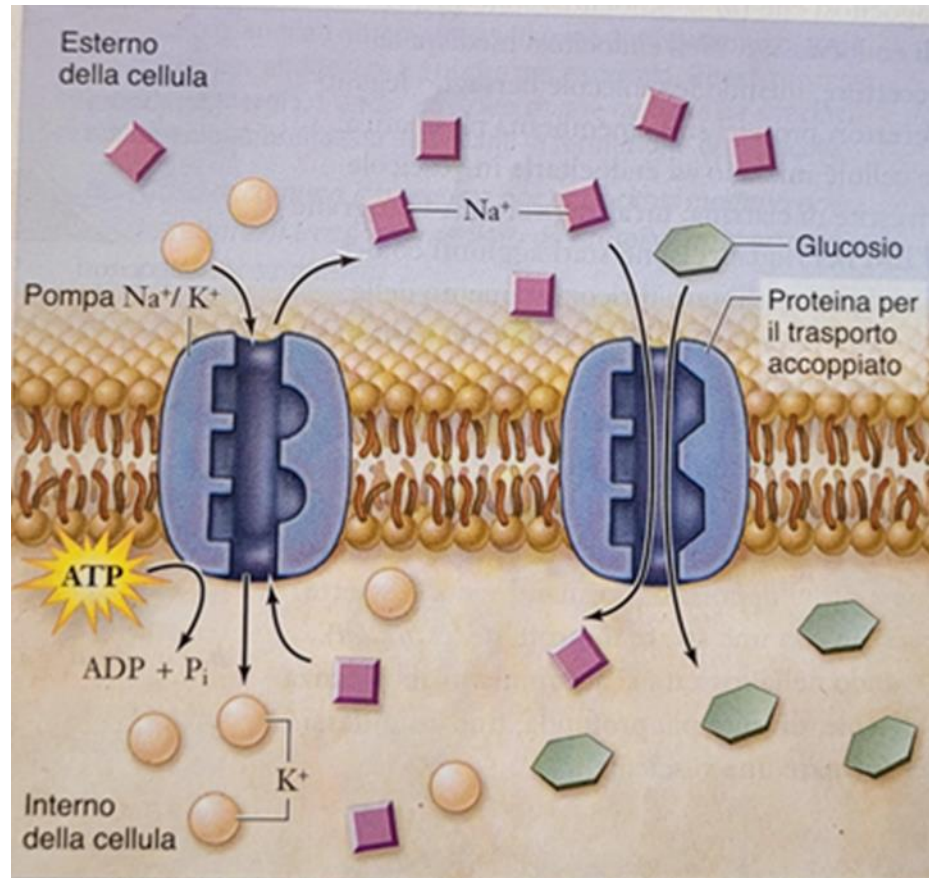
Il trasporto attivo è sempre mediato da proteine carrier (co-trasportatore)



H⁺ contro gradiente crea gradiente protonico che fornisce energia per il trasporto del saccarosio contro gradiente di concentrazione

SIMPORTO: trasporto di due soluti (co-trasporto) nella stessa direzione
ANTIPORTO: trasporto di due soluti (co-trasporto) nella direzione opposta

Trasporto secondario: utilizzo dell'energia immagazzinata in un gradiente ionico



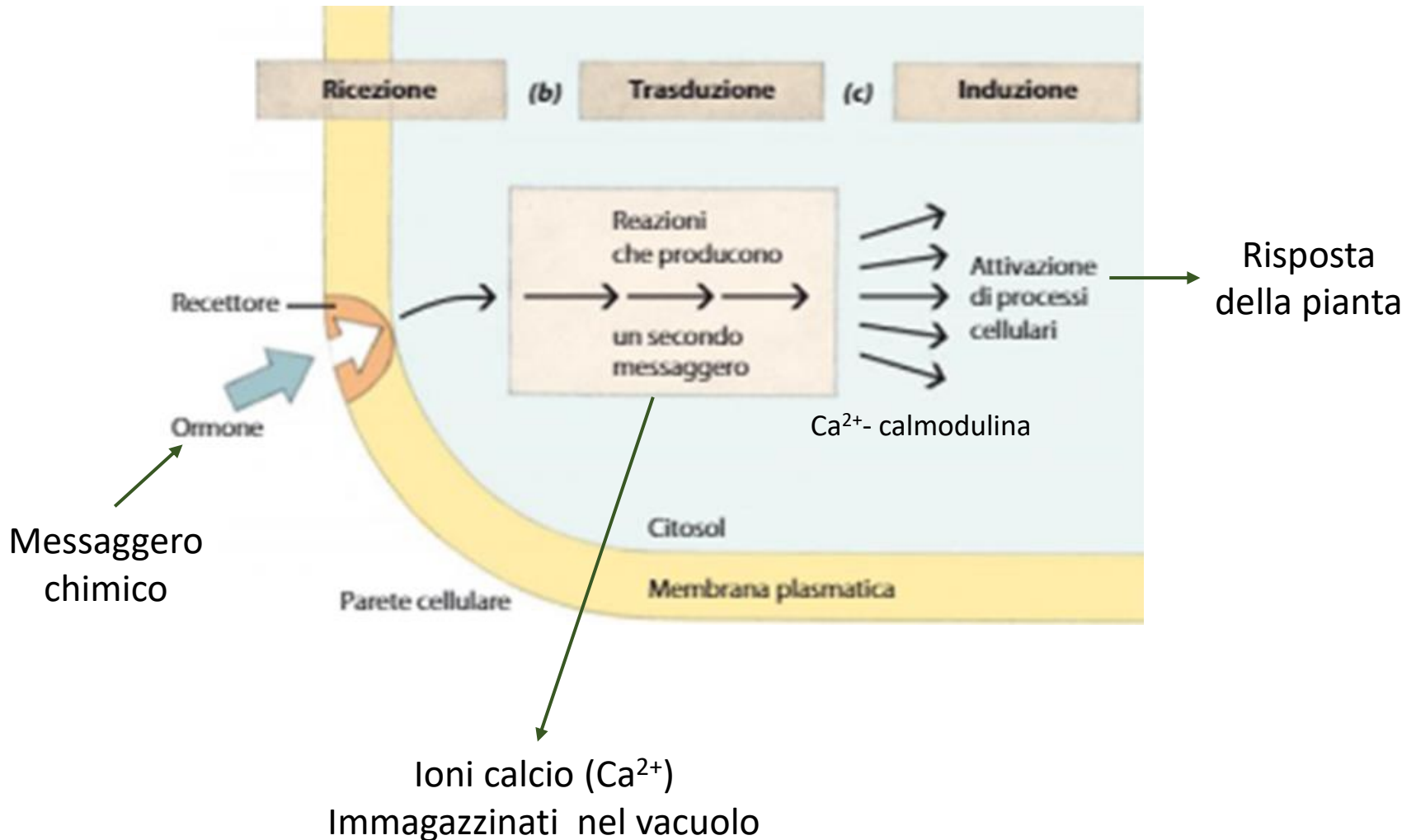
La pompa Na⁺/k⁺ mantiene una concentrazione di Na⁺ molto bassa all'interno della cellula

Il gradiente di Na⁺ rappresenta una riserva di energia necessaria per il trasporto del glucosio che avviene per diffusione facilitata mediante un co-trasportatore Na⁺/glucosio

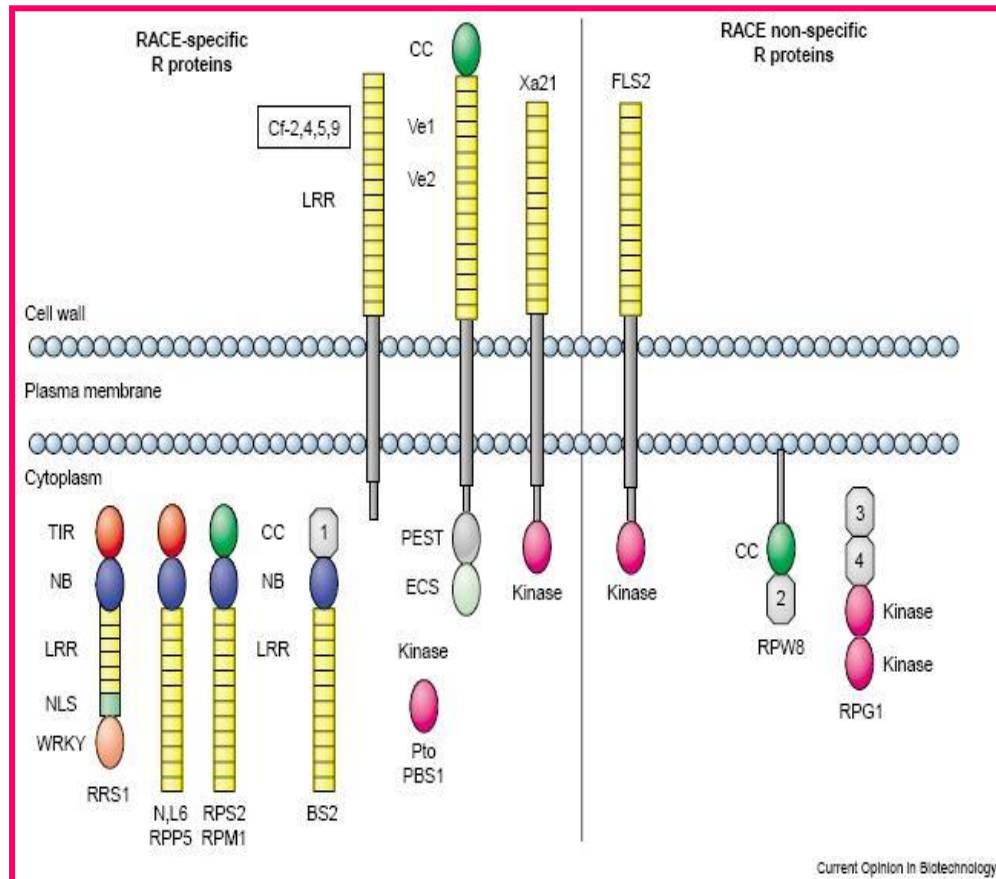
Per ogni molecola di glucosio sono trasportati 2 ioni Na⁺ (2:1 alta forza trainante)

Trasduzione del segnale

conversione di un segnale esterno in una risposta cellulare/fisiologica



Proteine di resistenza



(Hammond-Kosach K. & J.E. Parker, Curr Opin Biotech 2003, 14: 177-193)

Leucine-rich repeats (LRR)
specificità nel riconoscere e
regolare le interazioni

Nucleotide binding sites (NB)
cambiamenti conformazionali
per trasmettere il segnale

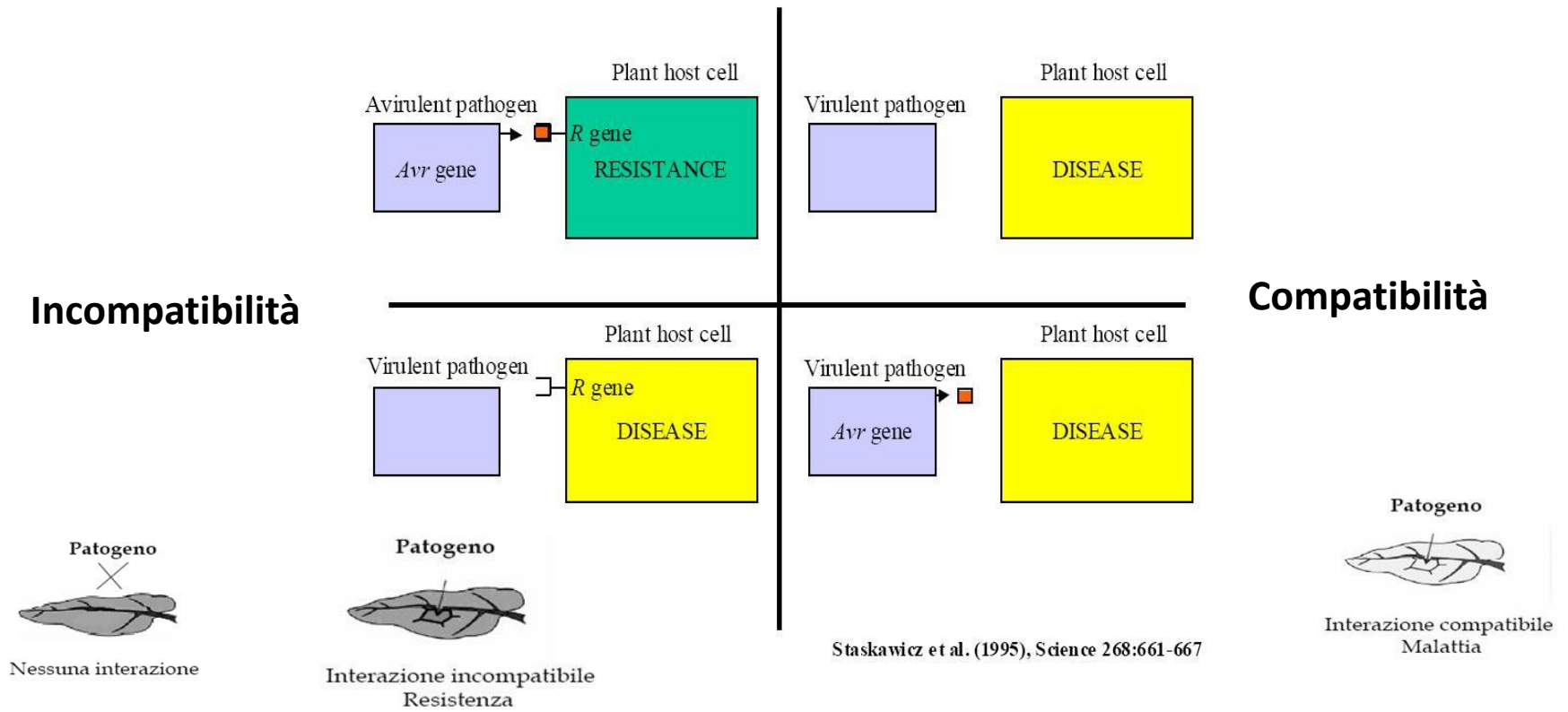
WRKY pianta-specifico
riconosce elementi multipli
indotti dal patogeno

Teoria "GENE FOR GENE"

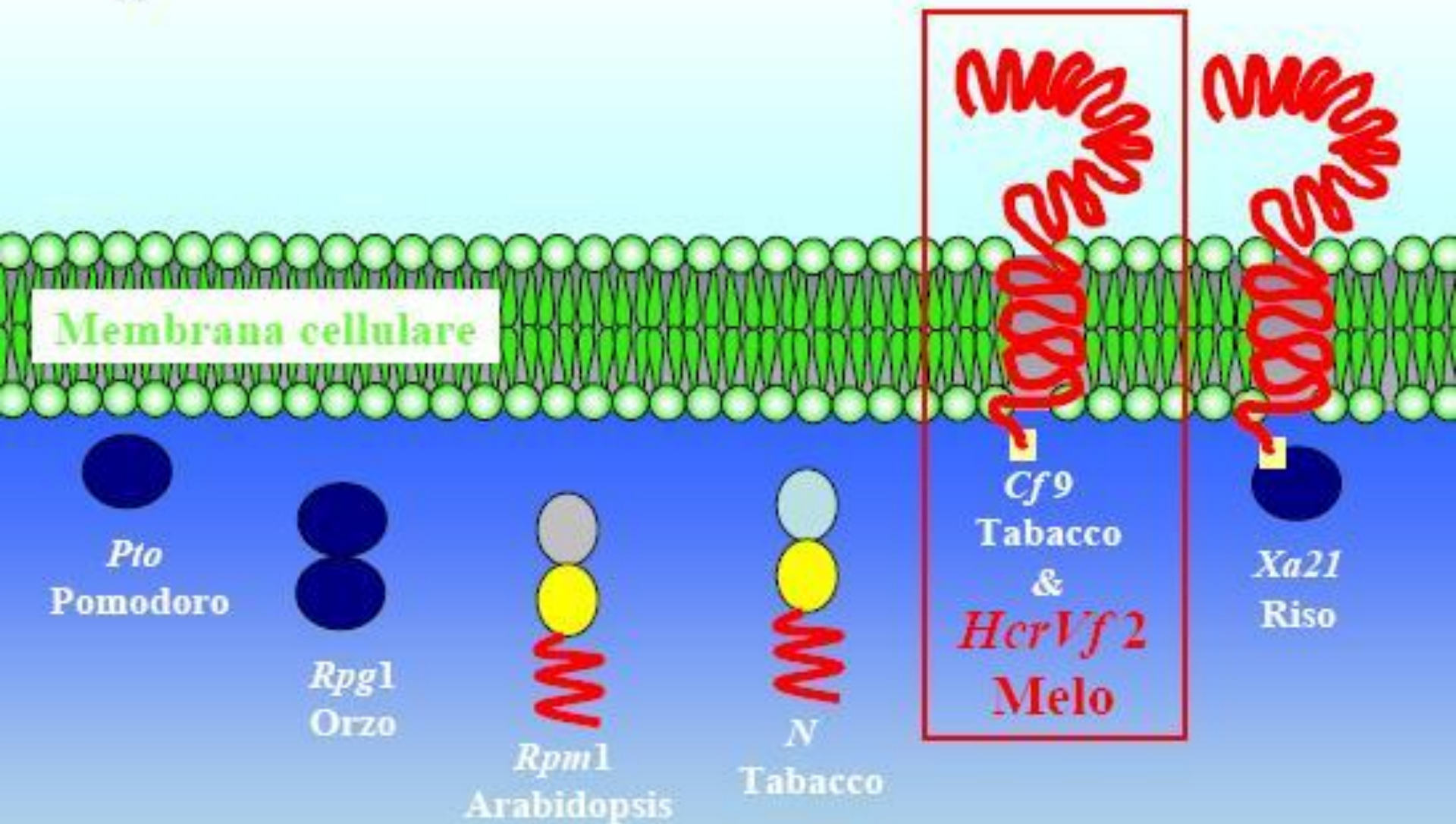
(Flor H.H., 1942; 1971)

"Per ciascun gene che conferisce resistenza all'ospite esiste un corrispondente gene che conferisce avirulenza al patogeno e viceversa"

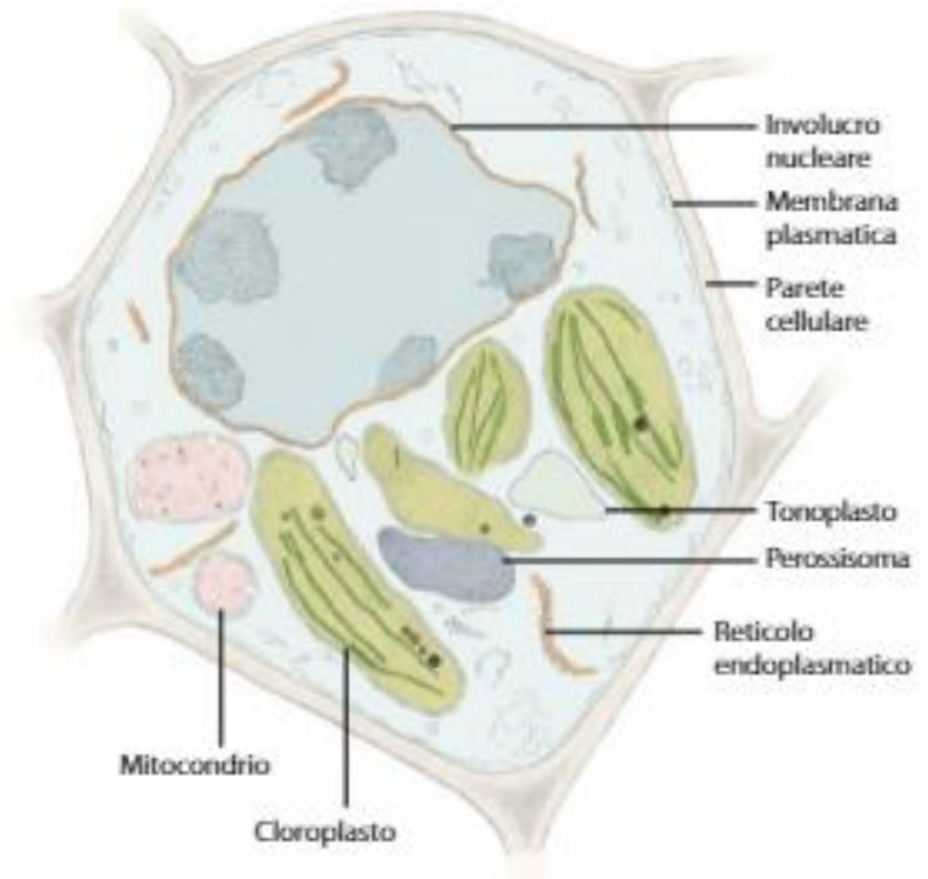
Gene-for-gene interactions

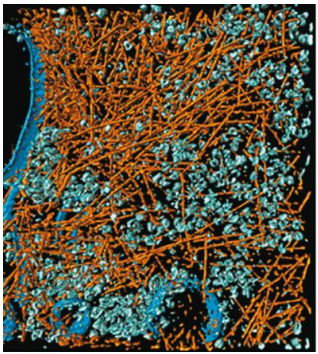


Tipi di Geni di Resistenza



Membrane cellulari





Gerard Karp
Biologia Cellulare e Molecolare
EdiSES

CITOPLASMA

Il citoplasma è in continuo movimento: *correnti citoplasmatiche* o *ciclosi*

Citosol = succo cellulare o matrice citoplasmatica



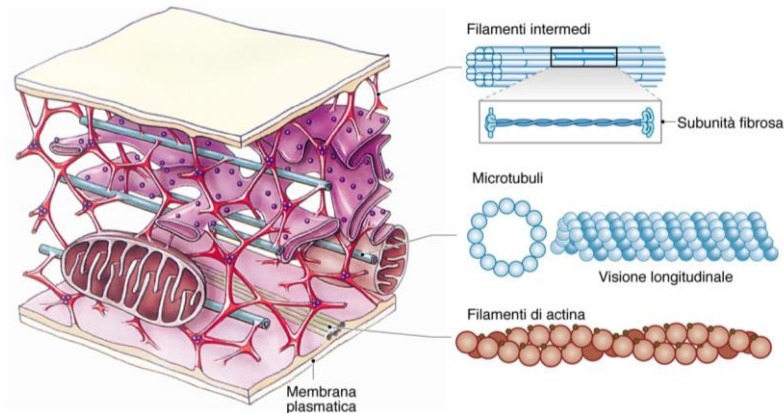
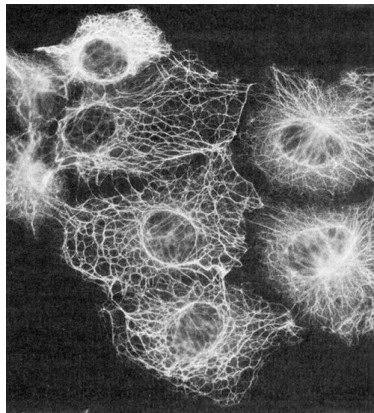
Organelli delimitati da due membrane: *plastidi e mitocondri*

Organelli delimitati da una sola membrana: *perossisomi, vacuolo*

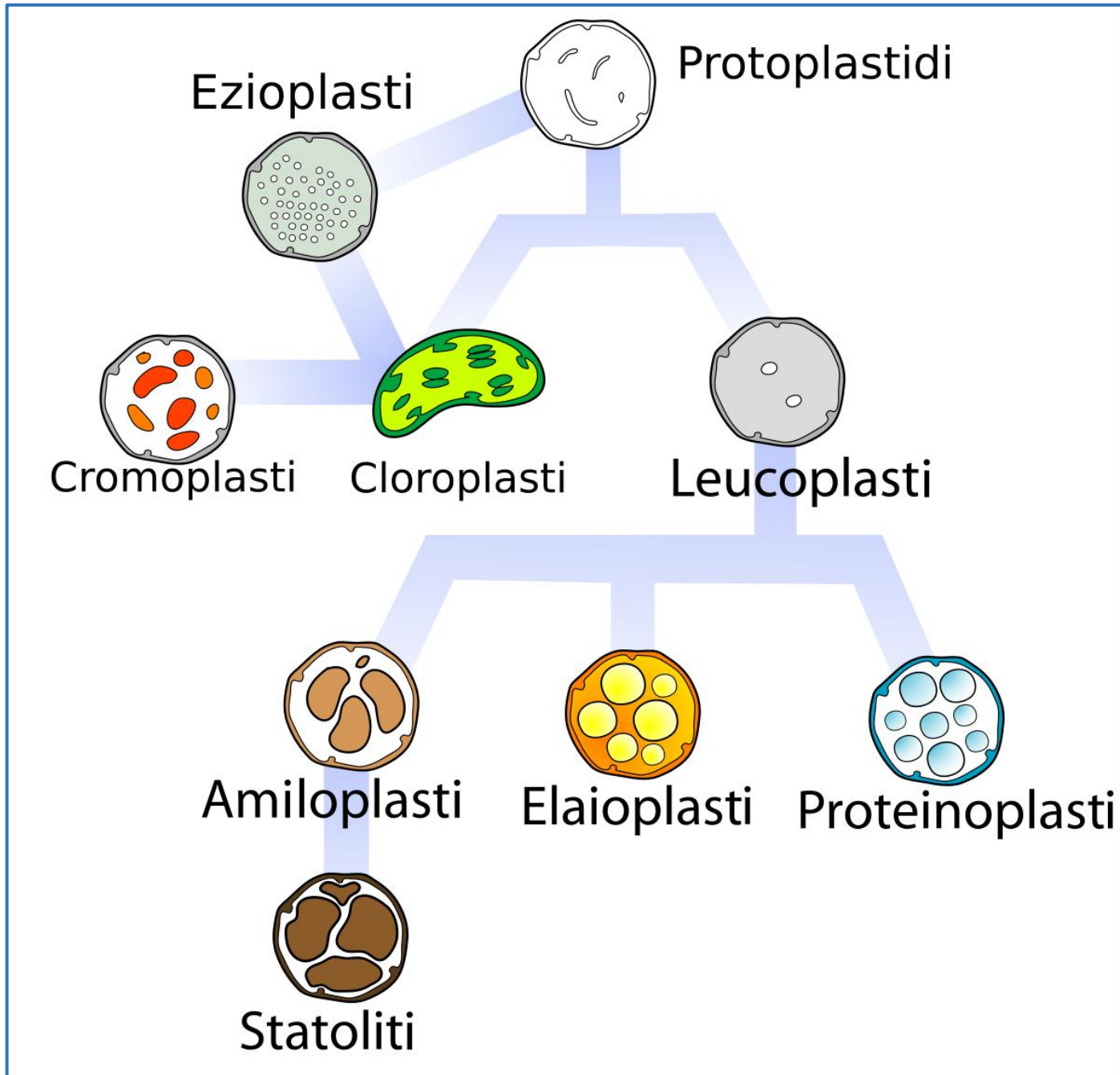
Sistema di membrane: *reticolo endoplasmatico, apparato del Golgi ecc.*

Citoscheletro: rete intricata di filamenti che si estende per tutto il citoplasma
(*microtubuli e filamenti di actina*)

Organelli privi di membrana: *ribosomi*



I PLASTIDI



Caratteristiche comuni

✓ Involucro a doppia membrana

esterna: permeabile al passaggio di composti plastidiali

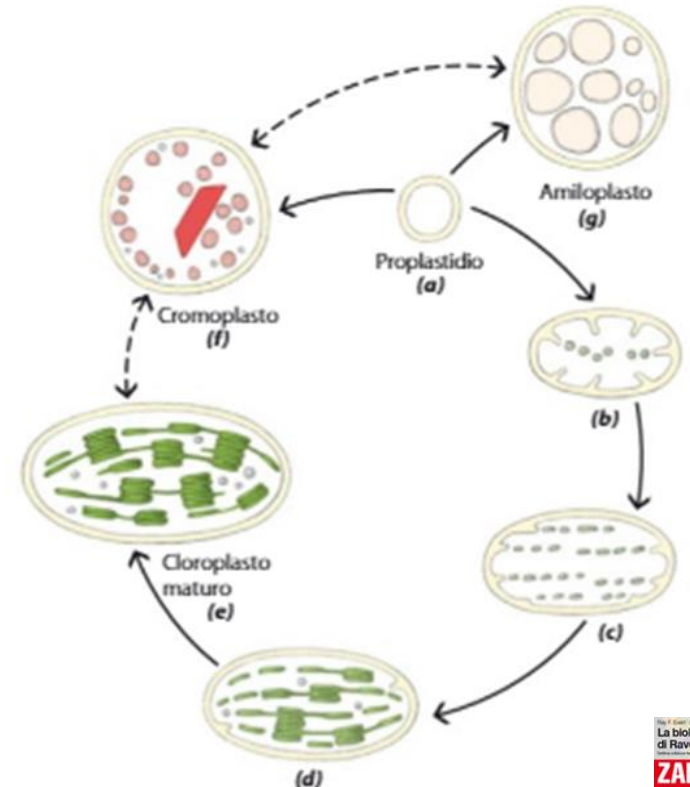
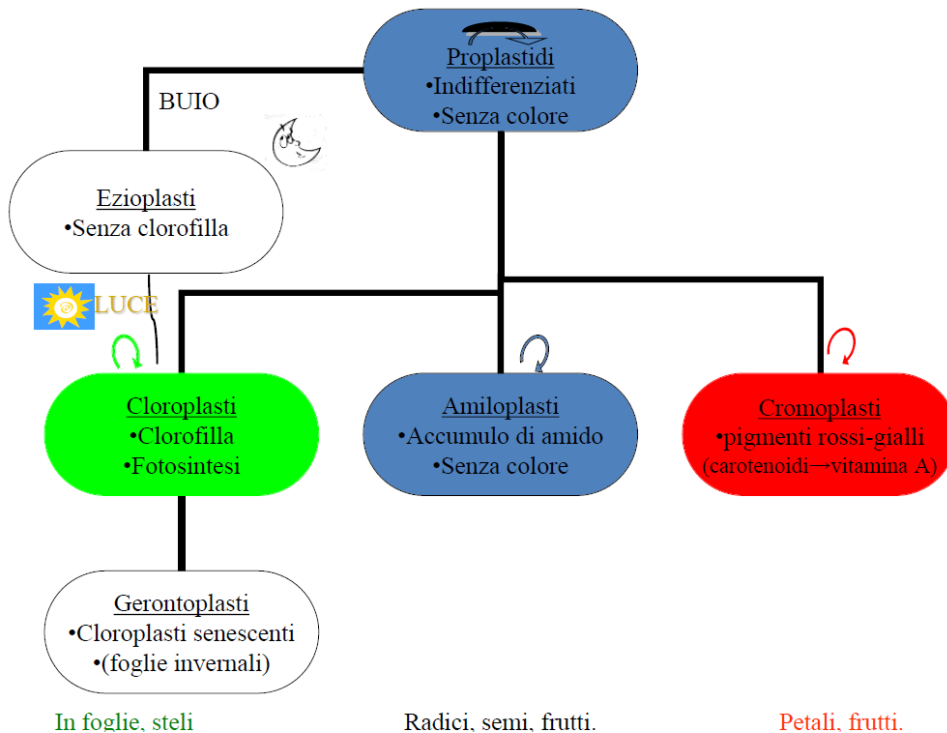
interna: regola il flusso di metaboliti e ioni inorganici

✓ Matrice interna "STROMA" contenente metaboliti, ioni, proteine, ribosomi, DNA, lipidi

✓ Hanno proprio DNA e apparato trascrizionale/traduzionale

✓ Numero variabile in base al tipo cellulare e allo stato fisiologico della pianta

✓ Plasticità nella differenziazione: fattori genetici organo e tessuto specifici



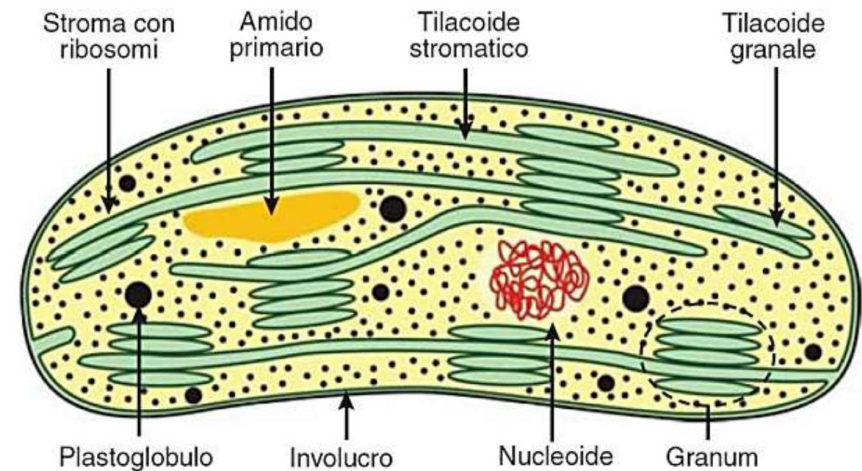
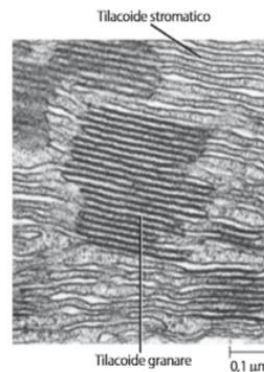
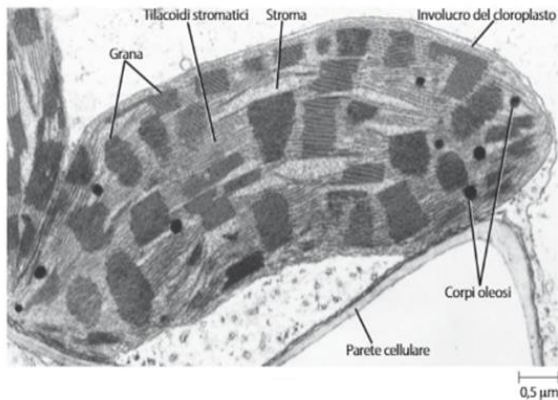
Cloroplasti

Organelli **semiautonomi metabolicamente attivi**
(*piante, alghe e cianobatteri*)

FOTOSINTESI CLOROFILLIANA

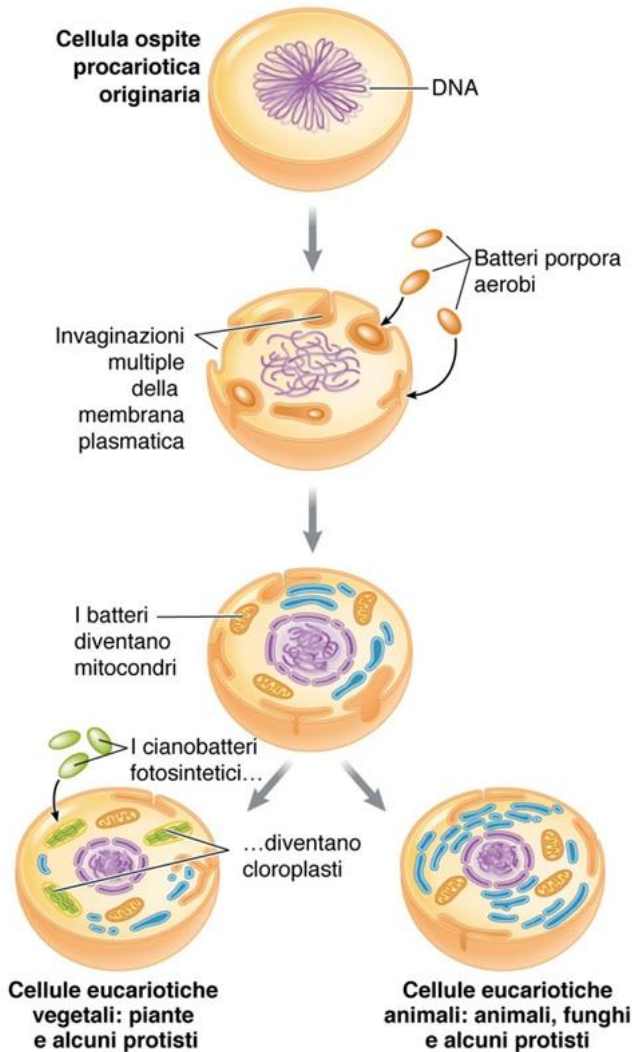
utilizzano l'energia solare, acqua, minerali e anidride carbonica per sintetizzare composti organici

- **TILACOIDI:** clorofilla e carotenoidi
- **STROMA:** ribosomi (70S), DNA, amido primario, lipidi (plastoglobuli)
- Forma e numero variabile; divisione indipendente dal nucleo
- Orientamento verso la luce
- Sintesi di amminoacidi, acidi grassi, ormoni, vitamine e metaboliti secondari

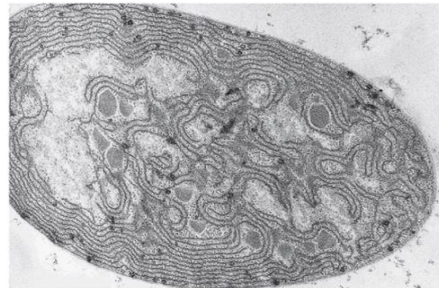


Teoria endosimbiontica

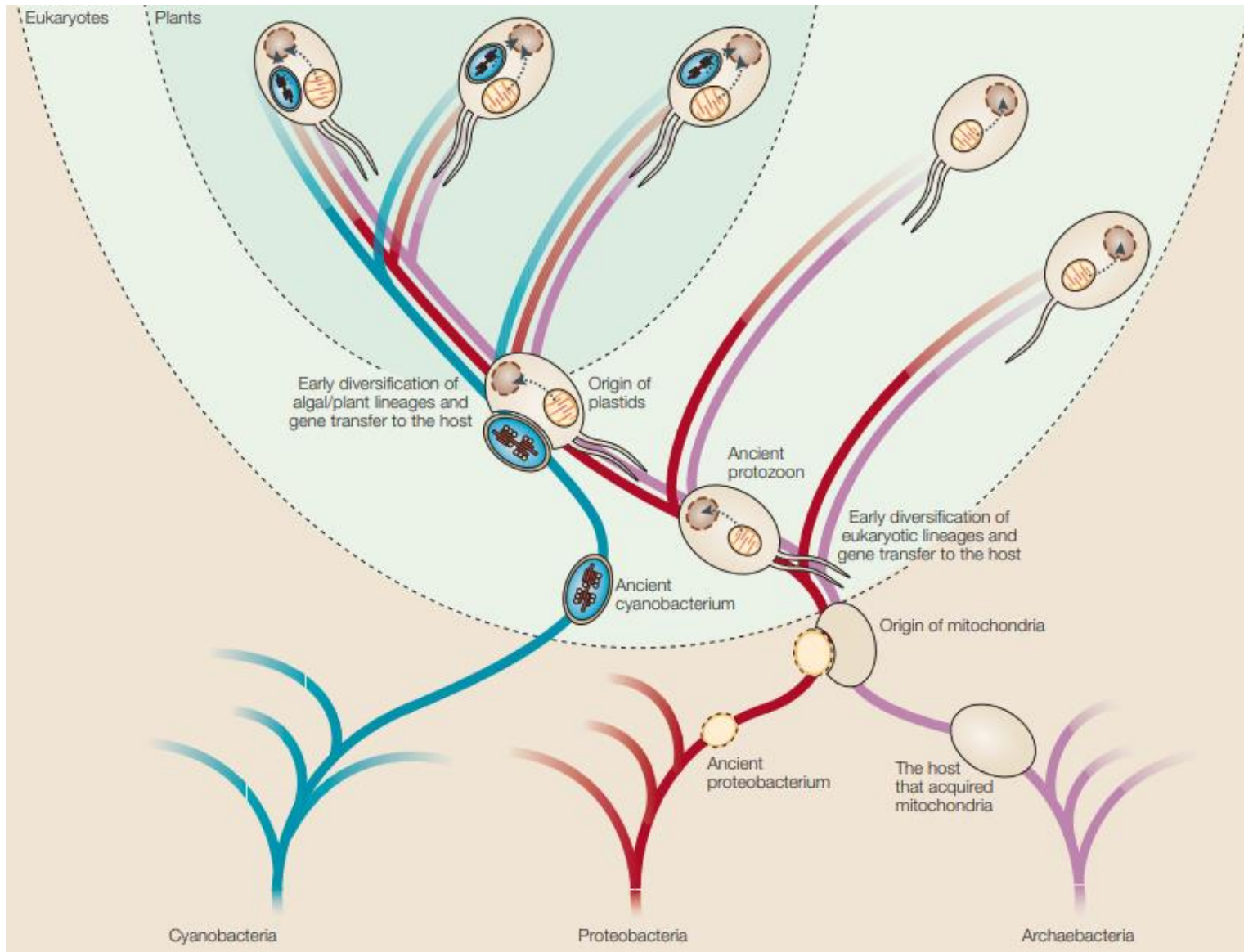
Plastidi e mitocondri possono essere derivati da cianobatteri inglobati all'interno delle prime cellule eucariotiche



Martin W, Rujan T, Richly E, Hansen A, Cornelsen S, Lins T, Leister D, Stoebe B, Hasegawa M, Penny D (2002) Evolutionary analysis of *Arabidopsis*, cyanobacterial, and chloroplast genomes reveals plastid phylogeny and thousands of cyanobacterial genes in the nucleus. Proc Natl Acad Sci USA 99:12246–12251

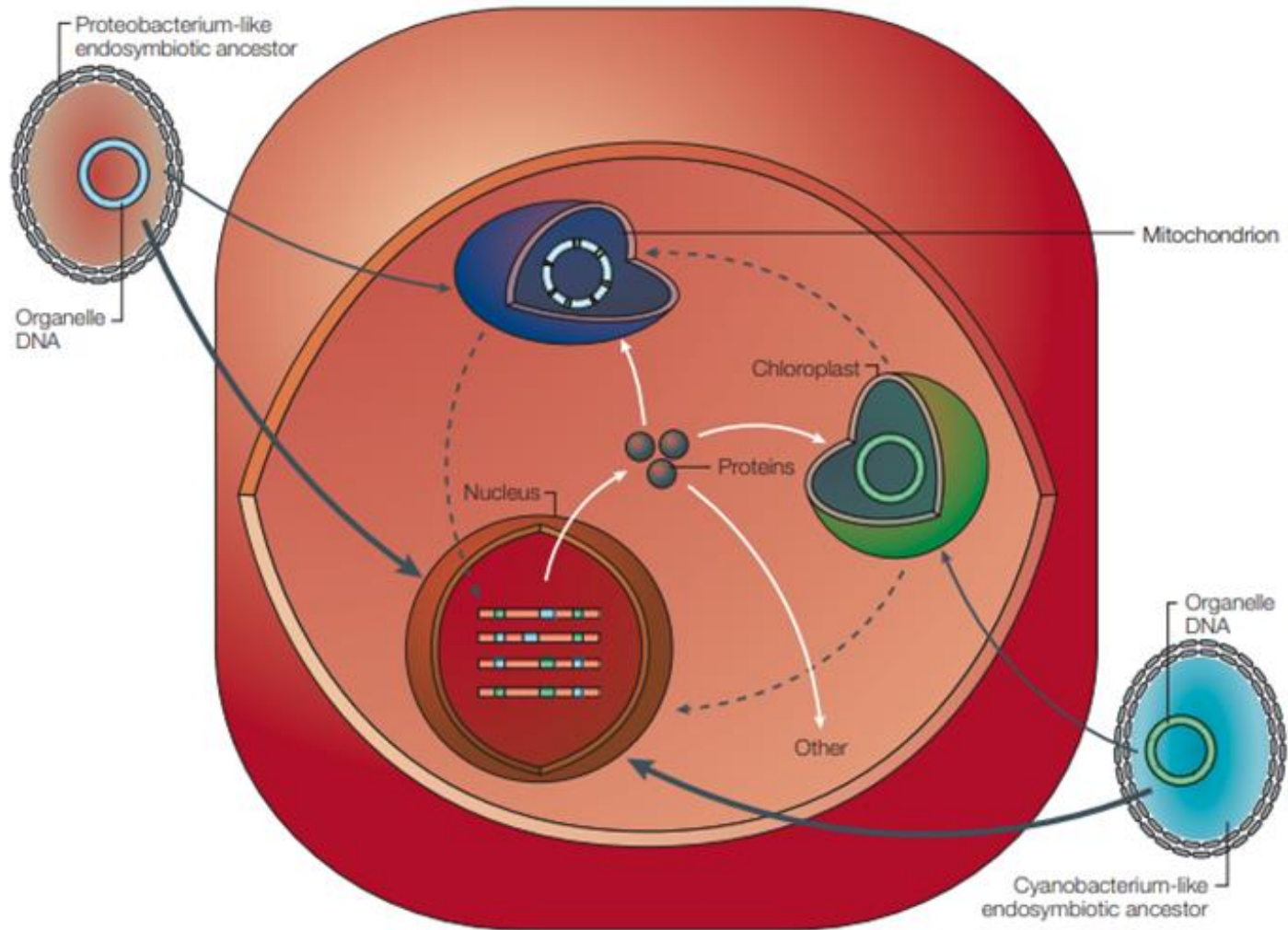


co-evoluzione dei genomi nucleari e degli organelli



Timmis et al., 2004. Endosymbiotic gene transfer: organelle genomes forge eukaryotic chromosomes. NATURE REVIEWS, 5: 123-135

Il cloroplasto dipende dai geni nucleari ed importa più del 90% delle proteine dal citoplasma



I tilacoidi

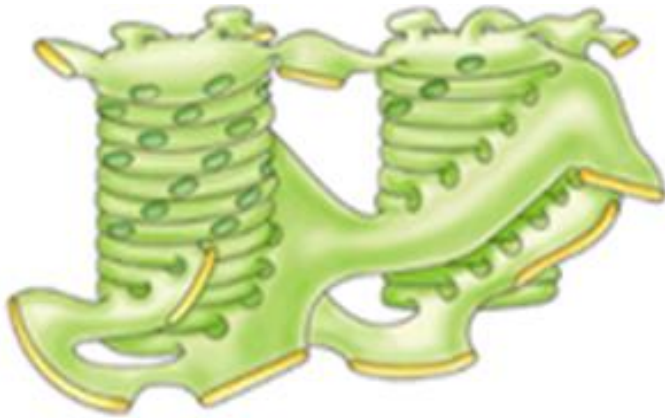
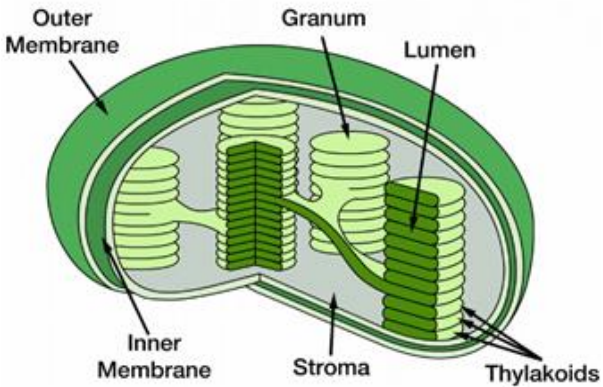
cisterne delimitate da membrana

Sede della fotosintesi

Si distinguono in:

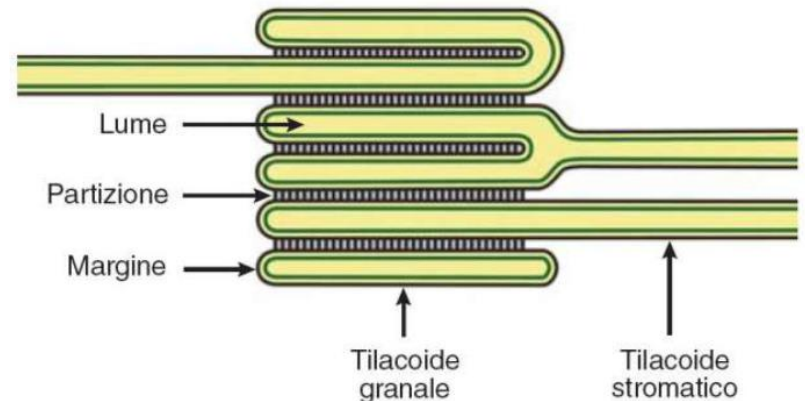
Tilacoidi dei grana (*granum*)

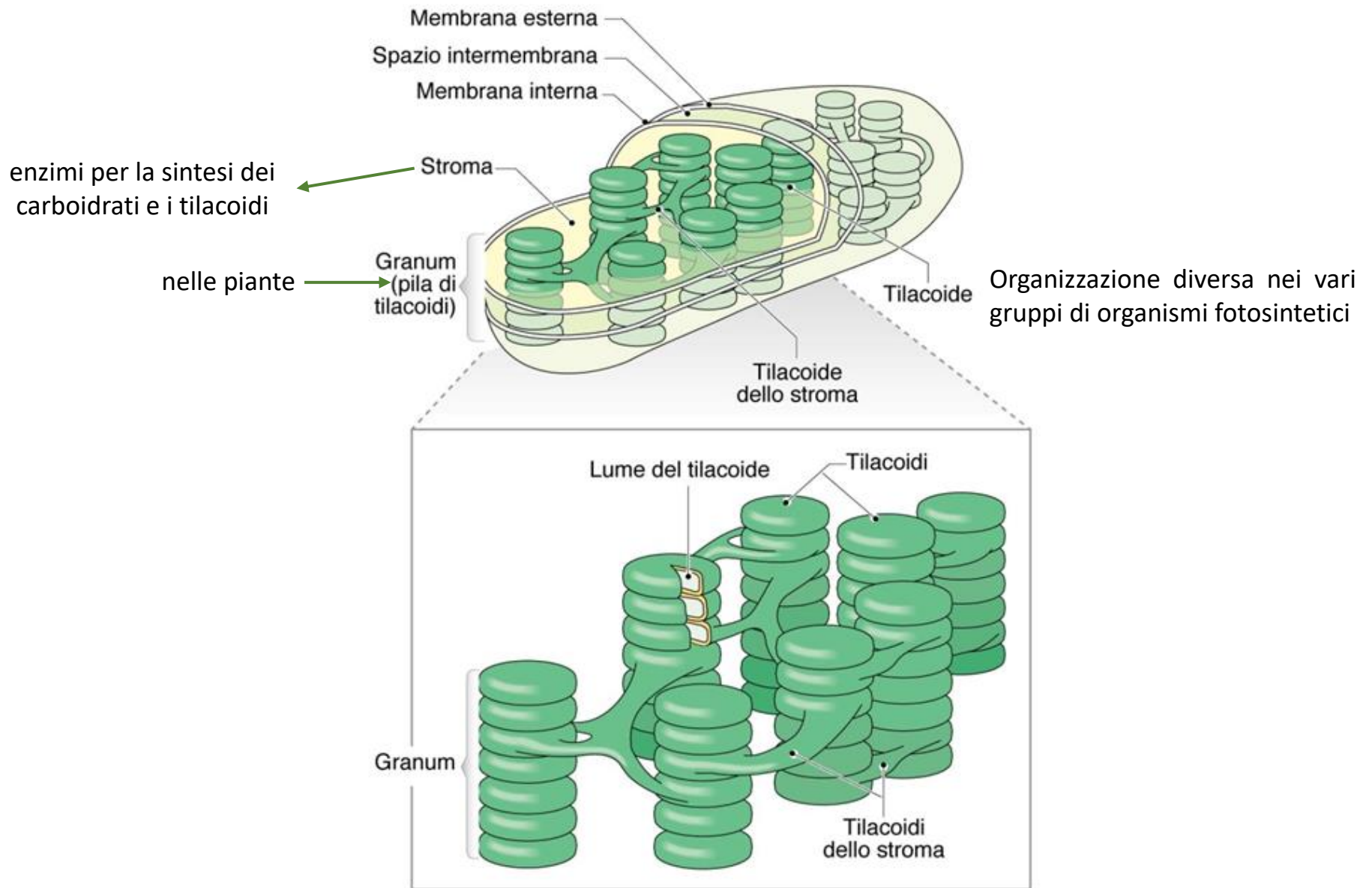
Tilacoidi stromatici (intergrana)



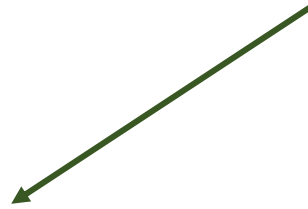
Alcuni tilacoidi stromatici ascendono ad elica (destrogiro) intorno al grana in modo che gli spazi interni dei tilacoidi siano interconnessi tra loro.

GRANA: pile di tilacoidi a forma di disco distanziati tra loro e connessi dai tilacoidi stromatici





MEMBRANA ESTERNA permeabile a molecole piccole attraverso canali, *porine*
MEMBRANA INTERNA molto selettiva; *proteine trasportatrici specifiche*

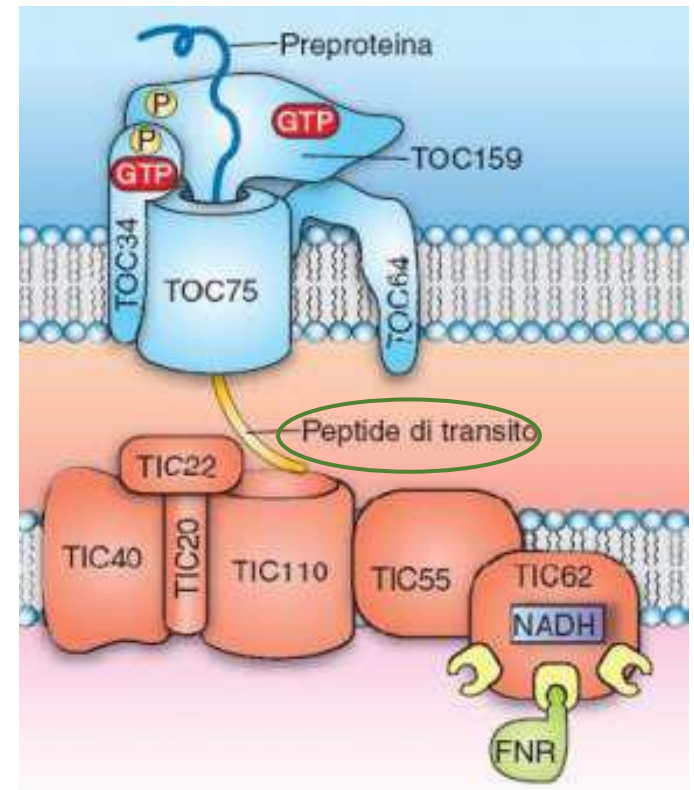


Le proteine per il cloroplasto hanno un piccolo peptide di transito nella porzione ammino-terminale (eliminato durante il passaggio)

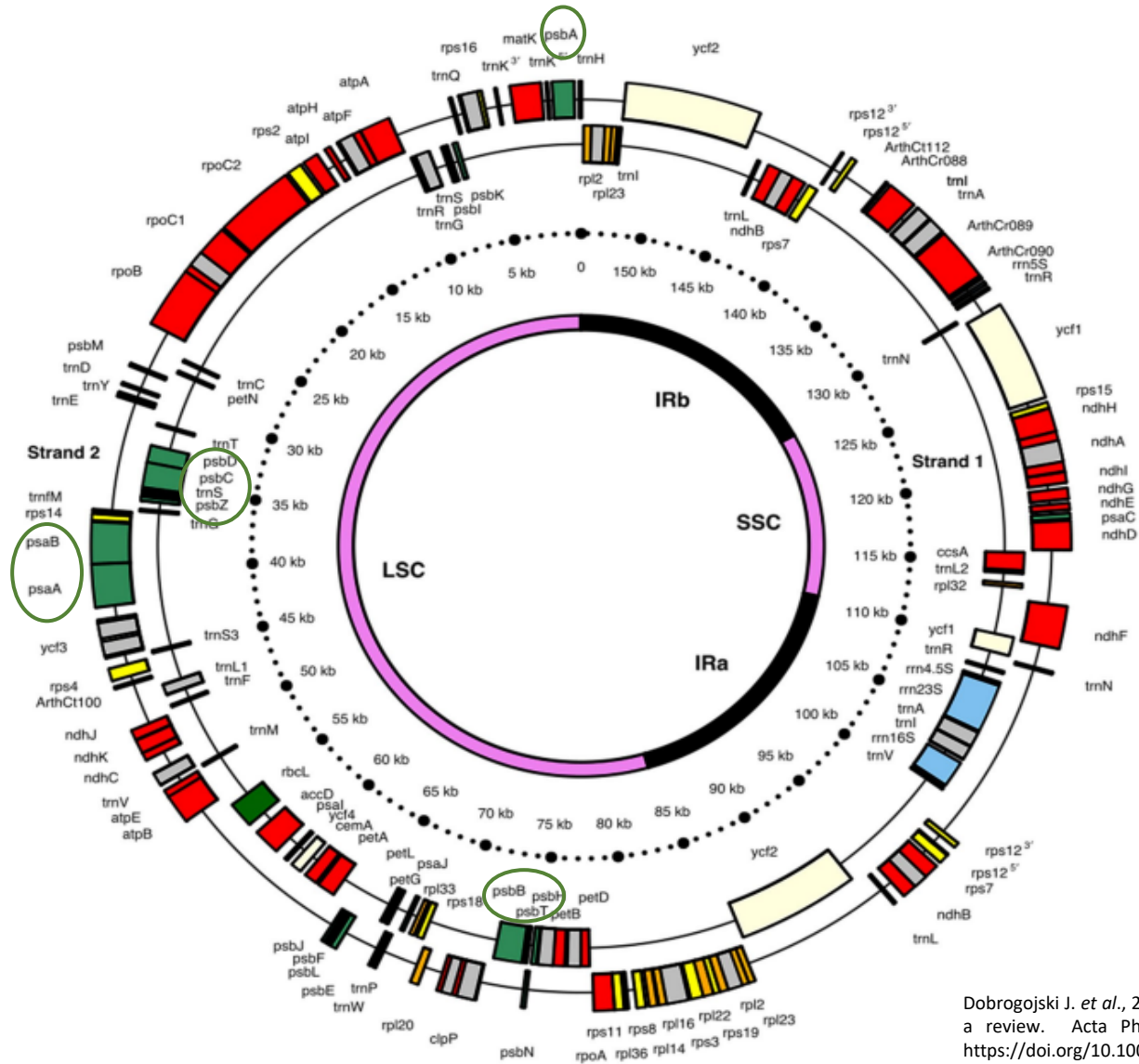


Complessi multiproteici

- TOC= Translocon of Outer Envelop of chloroplast
- TIC =Translocon of Inner Envelop of Chloroplast

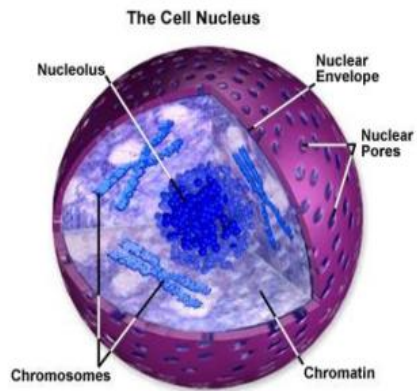


Il genoma del cloroplasto è altamente conservato (145 - 512 Kb)

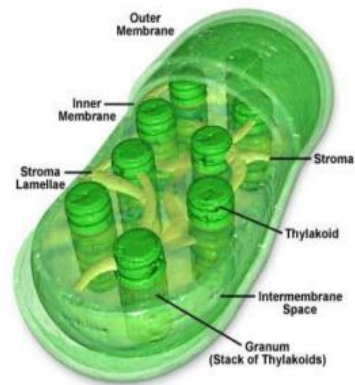


Nella cellula vegetale sono presenti tre genomi

NUCLEO



CLOROPLASTO



MITOCONDRIO

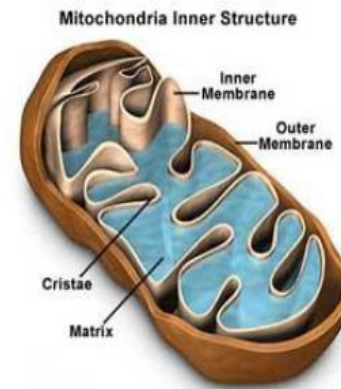
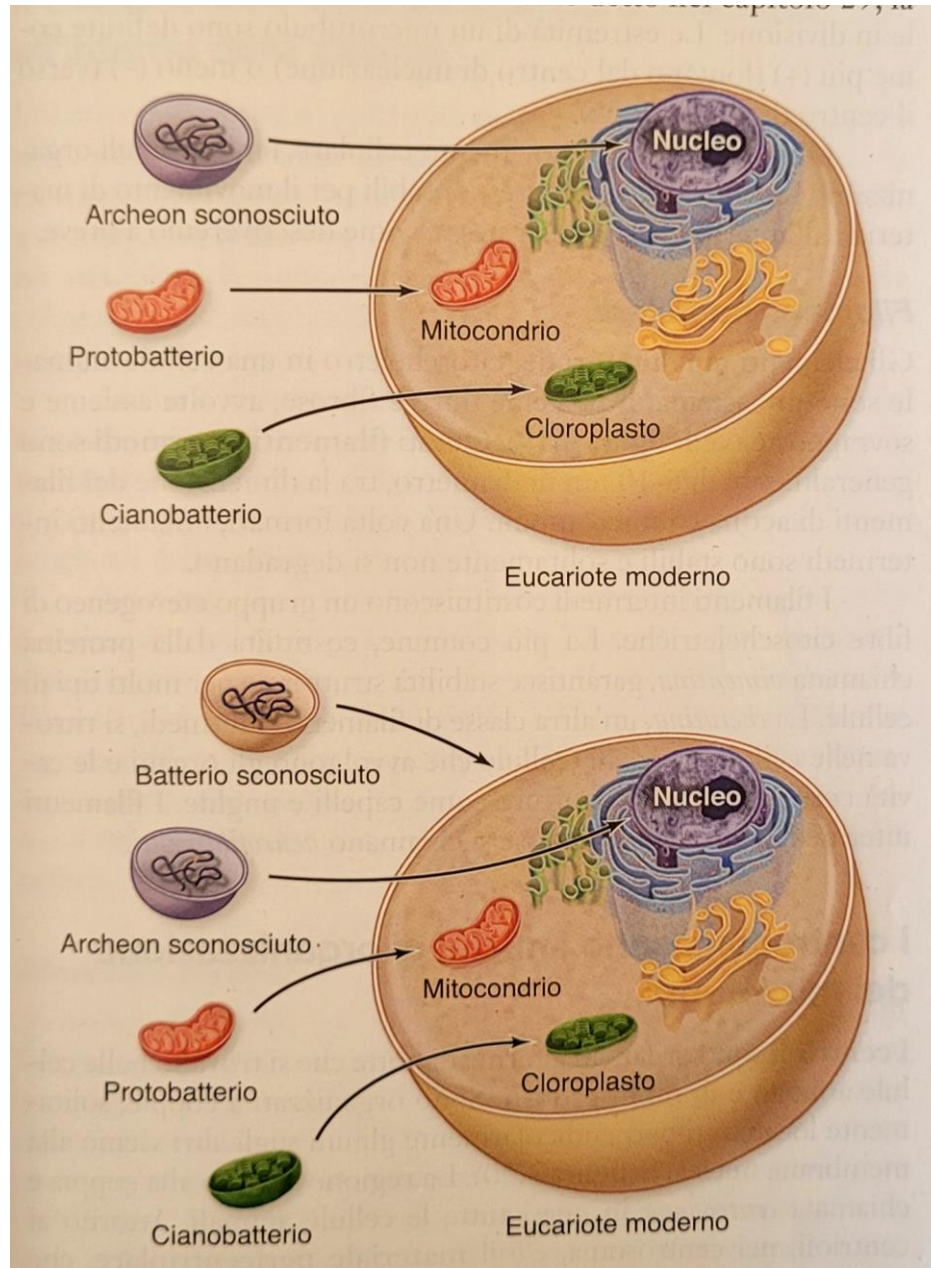


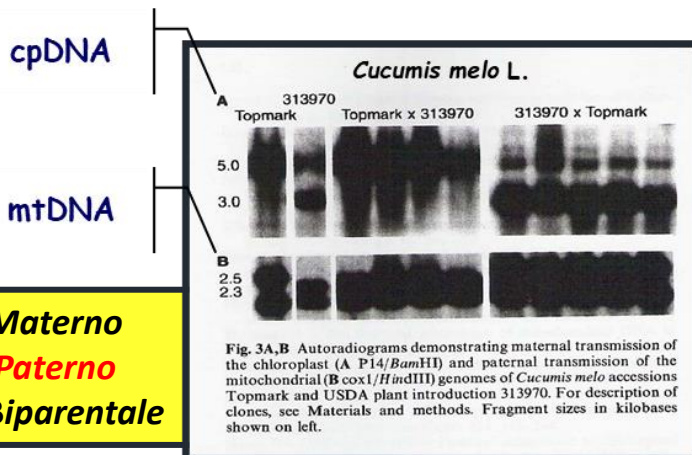
Foto dal web



- Ereditarietà mendeliana: DNA nucleare
- Ereditarietà non mendeliana: DNA del cloroplasto e del mitocondrio

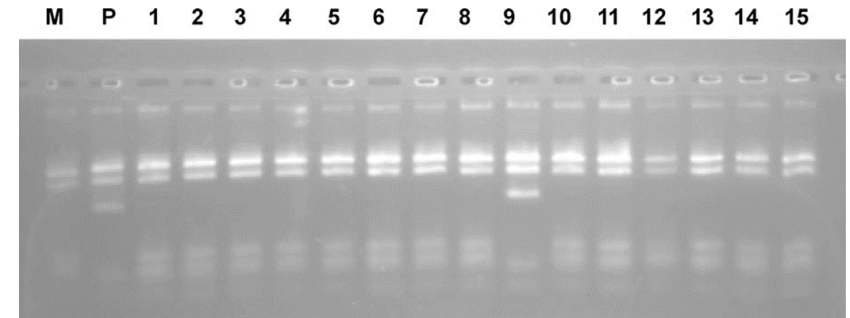


UNIPARENTALE – MATERNA (predominante)



cpDNA: **Materno**
 mtDNA: **Paterno**
 ntDNA: **Biparentale**

Havey et al., 1998. Differential transmission of the *Cucumis* organellar genomes. *Theor Appl Genet*, 97: 122-128

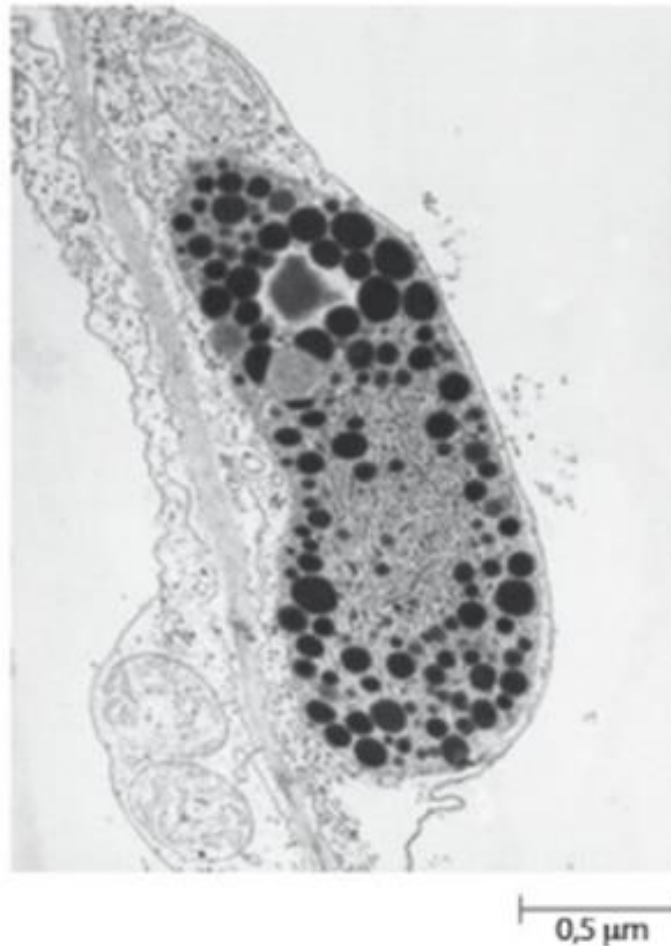


McCauley et al., 2007. Inheritance of chloroplast DNA is not strictly maternal in *Silene vulgaris* (Caryophyllaceae): evidence from experimental crosses and natural populations. *American J of Botany*, 94(8): 1333-1337

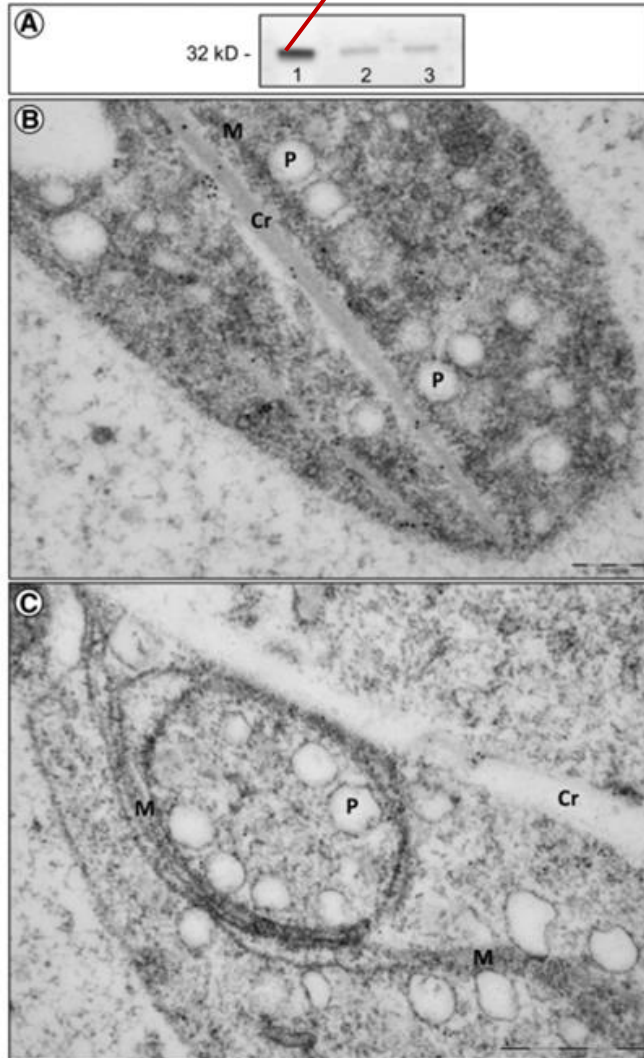
CROMOPLASTI

- Plastidi privi di clorofilla
- Presenza di membrane interne ma mancano di tilacoidi
- Sintetizzano e accumulano carotenoidi in goccioline lipidiche giallo – arancio (plastoglobuli), in cristalli, legati a membrane interne

COLORAZIONE DI
FRUTTI E FIORI



citocromo c6: respirazione cromoplastica (produzione di ATP);
proteina che i cromoplasti hanno ereditato direttamente dai
cianobatteri per endosimbiosi



Tomato Fruit Chromoplasts Behave as Respiratory Bioenergetic Organelles during Ripening¹[\[W\]\[OPEN\]](#)

Marta Renato, Irini Pateraki², Albert Boronat*, and Joaquín Azcón-Bieto*

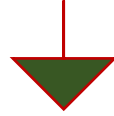
Plant Physiology[®], October 2014, Vol. 166, pp. 920–933, www.plantphysiol.org © 2014 American Society of Plant Biologists. All Rights Reserved.
Downloaded from www.plantphysiol.org on October 13, 2014 - Published by www.plant.org
Copyright © 2014 American Society of Plant Biologists. All rights reserved.



terzo organulo bioenergetico della cellula vegetale

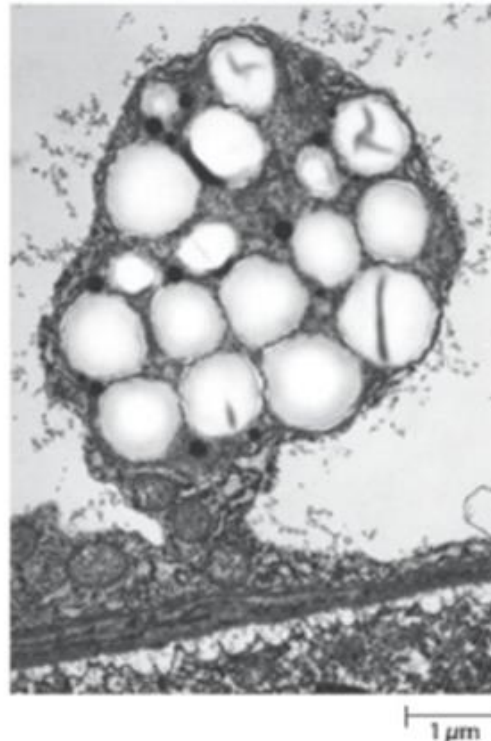
LEUCOPLASTI

- ✓ Localizzati nei tessuti non clorofilliani
- ✓ Privi di pigmenti e del sistema di membrane interne
- ✓ Funzione di riserva: sintesi e accumulo di amido, proteine e lipidi



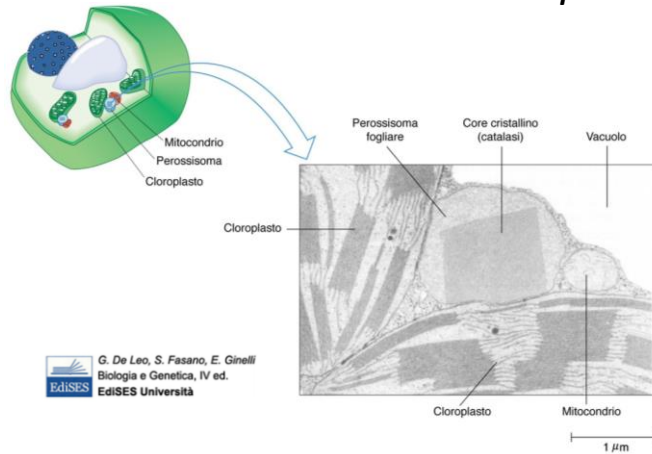
AMILOPLASTI

sintesi (polimerizzazione del glucosio) e accumulo di amido (granuli di amido secondario) nei tessuti di riserva del fusto, della radice e del seme

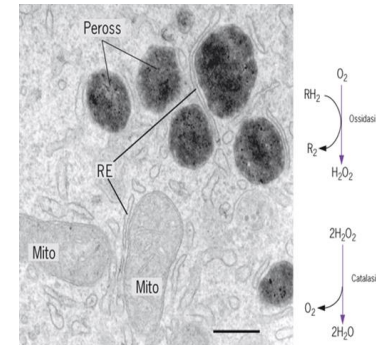


Microcorpi

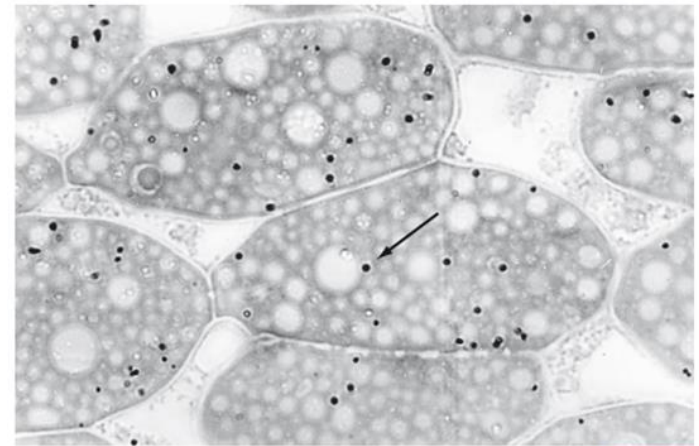
Specializzati in particolari vie metaboliche



Perossisomi: organelli sferici a membrana singola nella cellula vegetale sono associati alla fotorespirazione (consumo O₂ dall'acido glicogeno)

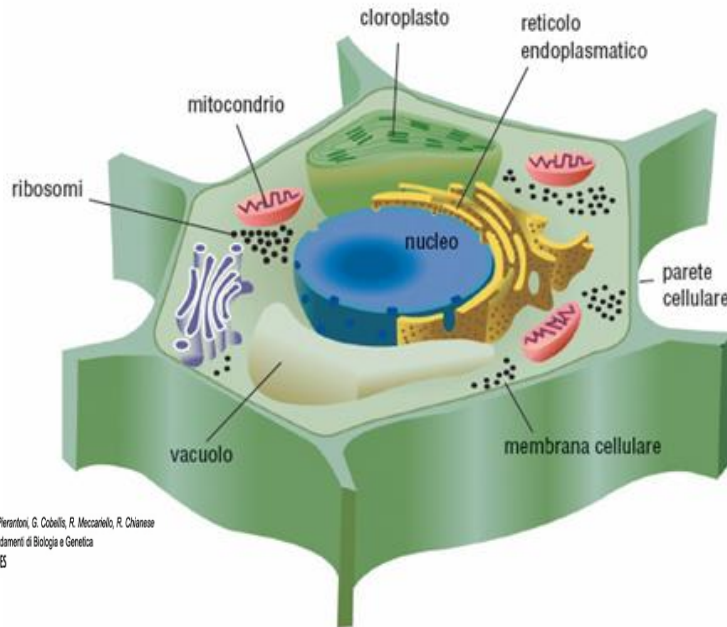
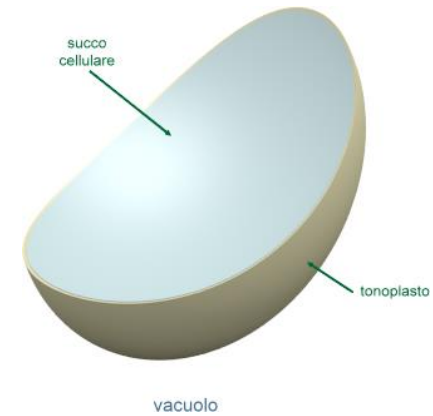


Gliossisomi: contengono enzimi del ciclo del gliossilato che converte gli acidi grassi di riserva in zuccheri traslocati al germoglio per fornire energia durante la germinazione (presenti nei semi che accumulano grassi)

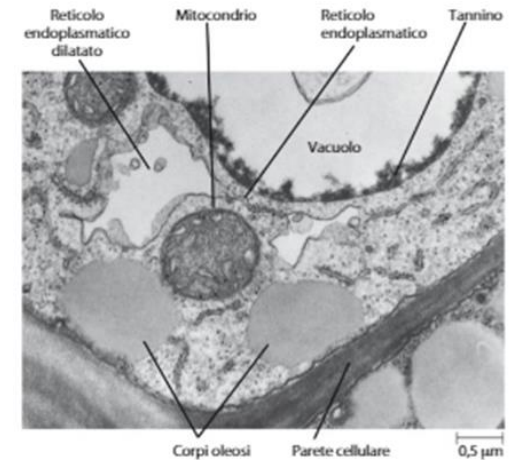


VACUOLO

- Presenti in numero variabile: piccoli e numerosi nelle cellule giovani, solo uno di grandi dimensioni nelle cellule adulte (più del 90% del volume)
- TONOPLASTO: membrana singola semipermeabile
- SUCCO VACUOLARE: acqua, ioni inorganici, zuccheri, acidi organici, amminoacidi, ossalato di calcio, proteine di riserva (semi), pigmenti (antocianine), enzimi idrolitici



R. Pierantoni, G. Cobelli, R. Mezzanero, R. Chiavese
Fondamenti di Biologia e Genetica
6835

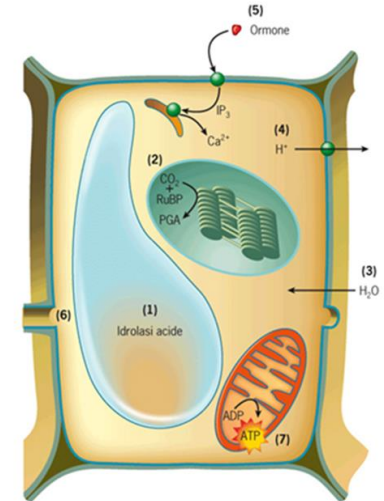


La biologia delle piante
di Raven
ZANICHELLI

Funzioni del vacuolo

variano a seconda delle sostanze che in esso sono contenute

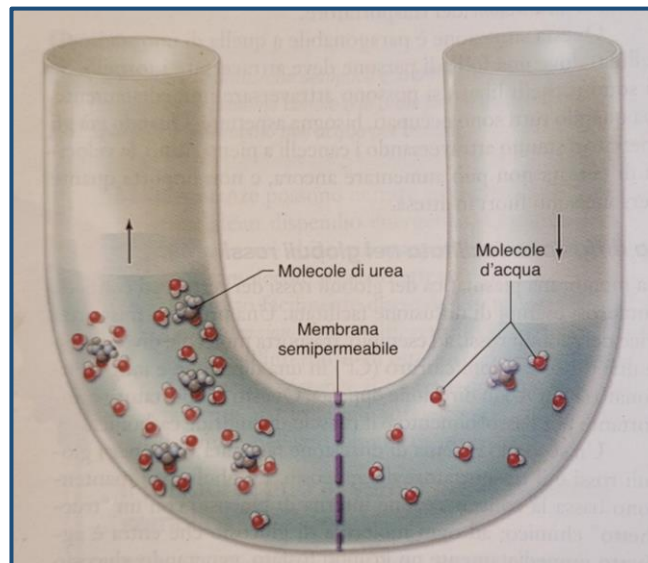
- Accumulo di metaboliti primari (zuccheri, acidi organici):
 - riserva* (granuli di aleurone nei semi)
 - difesa da patogeni* (sostanze repellenti)
 - attrazione* di impollinatori o disseminatori (antocianine)
- Accumulo e degradazione di metaboliti secondari tossici per la pianta (nicotina e tannino), di enzimi idrolitici (funzione litica) per evitare digestioni indiscriminate e distruttive e di macromolecole e organelli
- Garantisce l'accrescimento per distensione cellulare (il richiamo dell'acqua determina l'aumento delle dimensioni cellulari)
- Conferisce rigidità alla cellula e ai tessuti vegetali (funzione meccanica e di sostegno) grazie alla pressione di turgore
- Regola il bilancio idrico della cellula (funge da osmometro)
- Facilita gli scambi metabolici con l'esterno; spinge citoplasma e organelli lungo la parete e garantisce un elevato rapporto superficie/volume importante per la fotosintesi (efficienza nel captare luce e CO₂). L'aumento delle dimensioni del vacuolo impedisce la formazione di vuoti (minore dispendio energetico per la cellula)



OSMOSI

Citoplasma { **Solvente = Acqua** (libera o legata in gusci di idratazione attorno ai soluti)
Soluti = Sostanze dissolte (ioni, zuccheri, amminoacidi)

Le molecole di acqua libera migrano verso il lato in cui la concentrazione di soluti è più ALTA (maggiore acqua legata e minore acqua libera)



OSMOSI = diffusione netta di acqua, attraverso una membrana *semipermeabile*, l'acqua migra verso la concentrazione più alta di soluti dalla zona in cui il soluto è meno concentrato ad una zona più concentrata

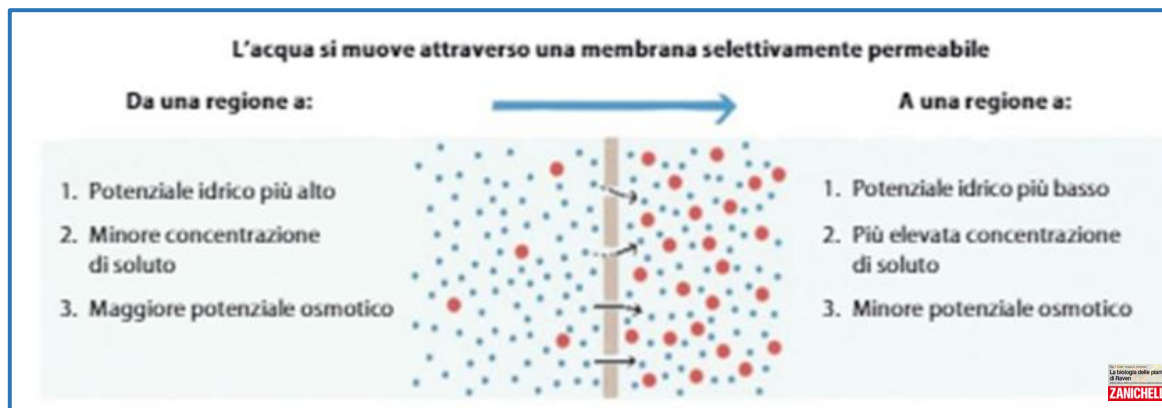
La concentrazione di tutti i soluti in una soluzione determina la **CONCENTRAZIONE OSMOTICA** della soluzione

Una cellula, in qualsiasi ambiente, può essere considerata come una membrana che separa due soluzioni: il *citoplasma* e il *fluido extracellulare*

Potenziale chimico: energia che una sostanza possiede in un determinato stato (*energia potenziale*)

Potenziale idrico: energia potenziale dell'acqua (*influenzato da concentrazione, pressione, gravità*). Il potenziale idrico dell'acqua pura è 0

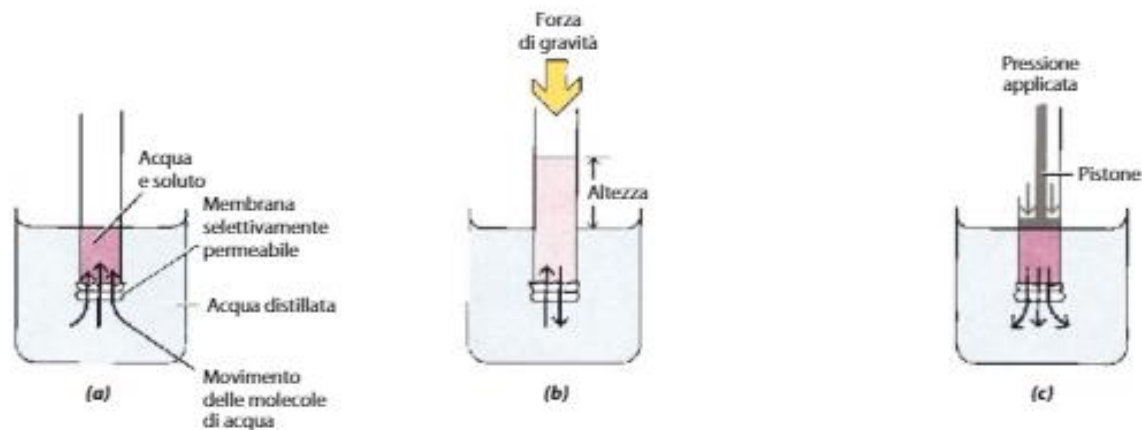
Potenziale idrico di una soluzione acquosa è NEGATIVO (minore di 0) perché una più alta concentrazione del soluto abbassa il potenziale idrico (*minore concentrazione di molecole di acqua*)



L'acqua si muove da un potenziale idrico elevato verso un potenziale idrico più basso; l'acqua "fugge" da zone a *pressione maggiore* o da *soluzioni più diluite verso quelle più concentrate*

La diffusione dell'acqua attraverso la membrana alza il volume della soluzione finché non si raggiunge un equilibrio: uguale potenziale idrico sui due lati della membrana

La pressione che deve essere applicata alla soluzione per fermare il movimento dell'acqua è la *pressione osmotica*, misura quantitativa del potenziale osmotico della soluzione



ZANICHELLI

Pressione osmotica: pressione idrostatica richiesta per fermare il movimento dell'acqua (solvente), POSITIVA (misura del potenziale idrico in Pa = pascal)

Potenziale osmotico: tendenza dell'acqua a diffondere attraverso la membrana nella soluzione per effetto dei soluti sul potenziale idrico, NEGATIVO
I soluti diminuiscono l'energia libera dell'acqua (diluizione)

Flusso osmotico dell'acqua

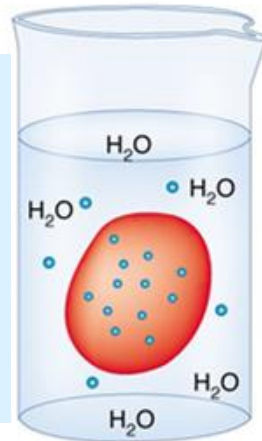
Ambiente ipertonico

La concentrazione dei soluti nella soluzione esterna è più ALTA di quella citoplasmatica

Il potenziale idrico della soluzione è più BASSO (più negativo) del potenziale idrico della cellula



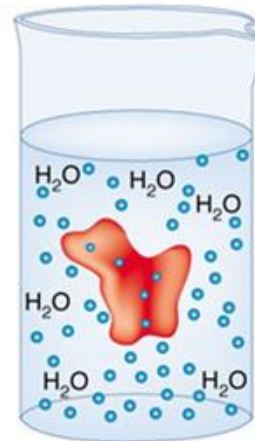
Soluzione ipotonica



Guadagno netto di acqua.
La cellula si gonfia

flusso di acqua all'interno della cellula
il volume aumenta

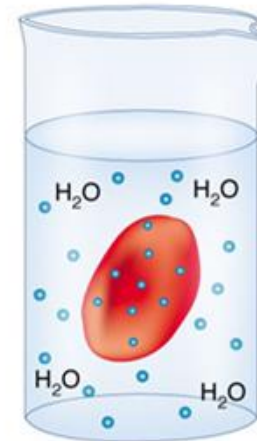
Soluzione ipertonica



Perdita di acqua.
La cellula si raggrinzisce

flusso di acqua all'esterno della cellula
il volume diminuisce

Soluzione isotonica



Nè guadagno, nè perdita

Il flusso di acqua che entra nella cellula è uguale a quello che esce
il volume resta costante

Ambiente isototonico

La concentrazione dei soluti nella soluzione esterna è più BASSA di quella citoplasmatica

Il potenziale idrico della soluzione è più ALTO (meno negativo) del potenziale idrico della cellula

Ambiente isototonico

La concentrazione dei soluti nella soluzione esterna è UGUALE a quella citoplasmatica

Il potenziale idrico della soluzione è UGUALE al potenziale idrico della cellula

Effetto dell'osmosi sulle cellule vegetali

Ambiente
ipotonico →
Normale pressione
di turgore

Bassa concentrazione di soluti (acqua dolce), l'acqua tende ad entrare nelle cellule

Pressione di turgore

pressione idrostatica che si sviluppa in una cellula vegetale in seguito all'osmosi e/o imbibizione, è esercitata dal citoplasma contro la parete cellulare ed aumenta quando l'acqua entra nella cellula che diventa turgida (turgore cellulare)

Se positiva aumenta il potenziale idrico (meno negativo)

Se negativa riduce il potenziale idrico (più negativo)



Pressione di parete

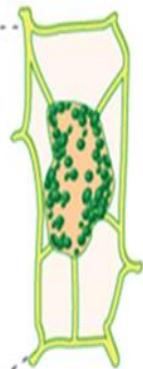
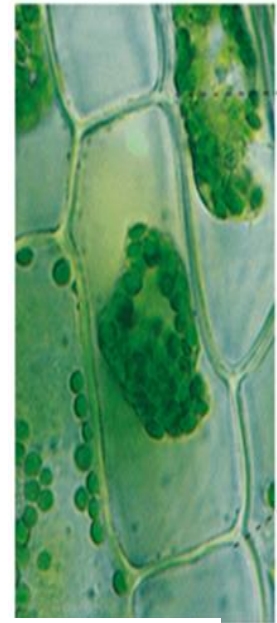
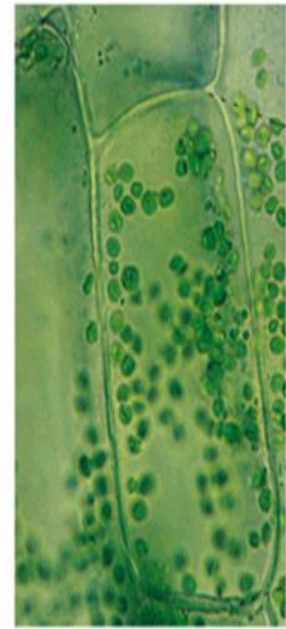
pressione meccanica della parete cellulare verso l'interno della cellula, uguale e contraria alla pressione di turgore

Quando la tendenza dell'acqua ad entrare è bilanciata dalla pressione della parete, la cellula si trova in uno stato di turgore

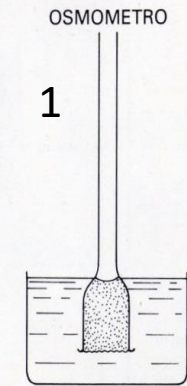
Ambiente
ipertonico →
Assenza di pressione
di turgore

Alta concentrazione di soluti (acqua marina), l'acqua tende ad uscire dalle cellule

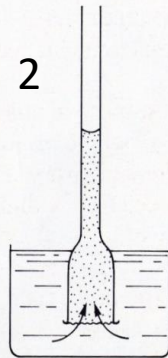
Plasmolisi
H₂O



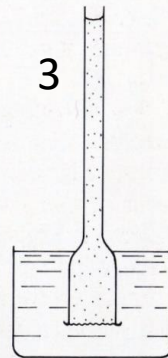
Il vacuolo funge da osmometro



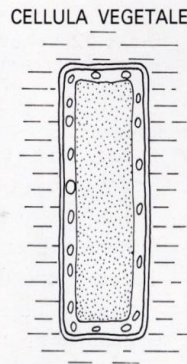
Stato iniziale: osmometro appena riempito con la soluzione di cui si vuol misurare la pressione osmotica.



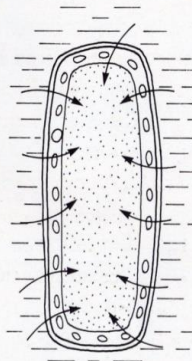
L'acqua comincia a entrare nell'osmometro e ne diluisce la soluzione che sale su per il tubo.



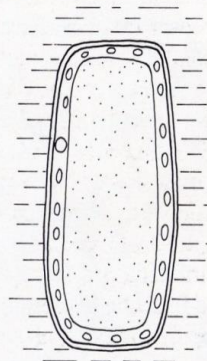
Stato di equilibrio: la pressione idrostatica esercitata dalla colonna di liquido controbilancia esattamente la tendenza dell'acqua ad entrare. Non si ha più un movimento netto d'acqua.



Stato iniziale: cellula appassita immersa in una soluzione ipotonica.



L'acqua comincia a entrare nel vacuolo e ne diluisce il contenuto. La cellula si gonfia; la parete entra in tensione.



Stato di equilibrio: la reazione elastica della parete tesa controbilancia esattamente la tendenza dell'acqua ad entrare. Non si ha più un movimento netto d'acqua. La cellula è turgida.

1) *Cellula appassita immersa in una soluzione ipotonica*: la pressione della parete è nulla (afflosciata), il potenziale osmotico è massimo perché il vacuolo contiene poca acqua e alta concentrazione di soluti

2) *La cellula assorbe acqua e si gonfia*: i soluti vacuolari si diluiscono e il potenziale osmotico diventa meno negativo, la parete entra in tensione, il potenziale di parete diventa sempre più positivo

3) *La cellula raggiunge la massima turgidità (massimo volume cellulare)*: Il potenziale della parete è aumentato mentre quello osmotico è diminuito (ancora meno negativo). I due potenziali sono uguali e contrari, il potenziale idrico della cellula è nullo.

La cellula turgida non può assorbire altra acqua

$$\Psi_{\text{idrico cellula}} = \Psi_{\text{osm.}} + \Psi_{\text{parete}}$$

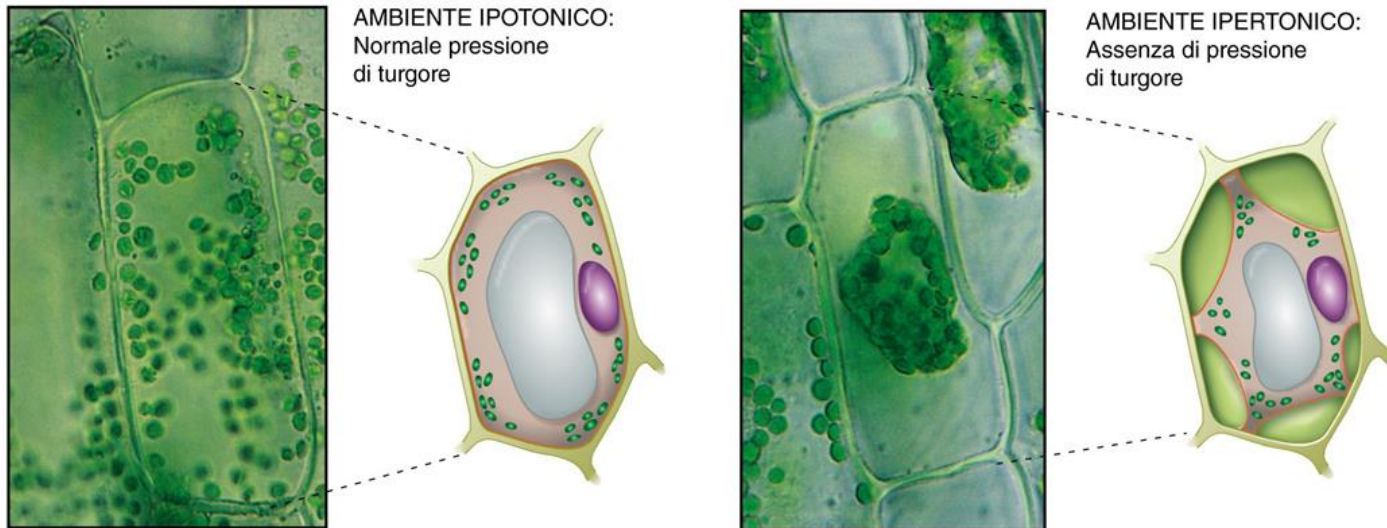
Grazie alla permeabilità selettiva del tonoplasto, all'interno dei vacuoli la concentrazione dei soluti è sempre molto elevata



Alta concentrazione di soluti richiama acqua (maggiore pressione osmotica)

Cellula TURGIDA e compatta

La pressione osmotica esercitata dall'acqua, che migra dalla soluzione a concentrazione minore a quella a concentrazione maggiore, è la forza necessaria per fermare il flusso osmotico e impedire l'aumento di volume



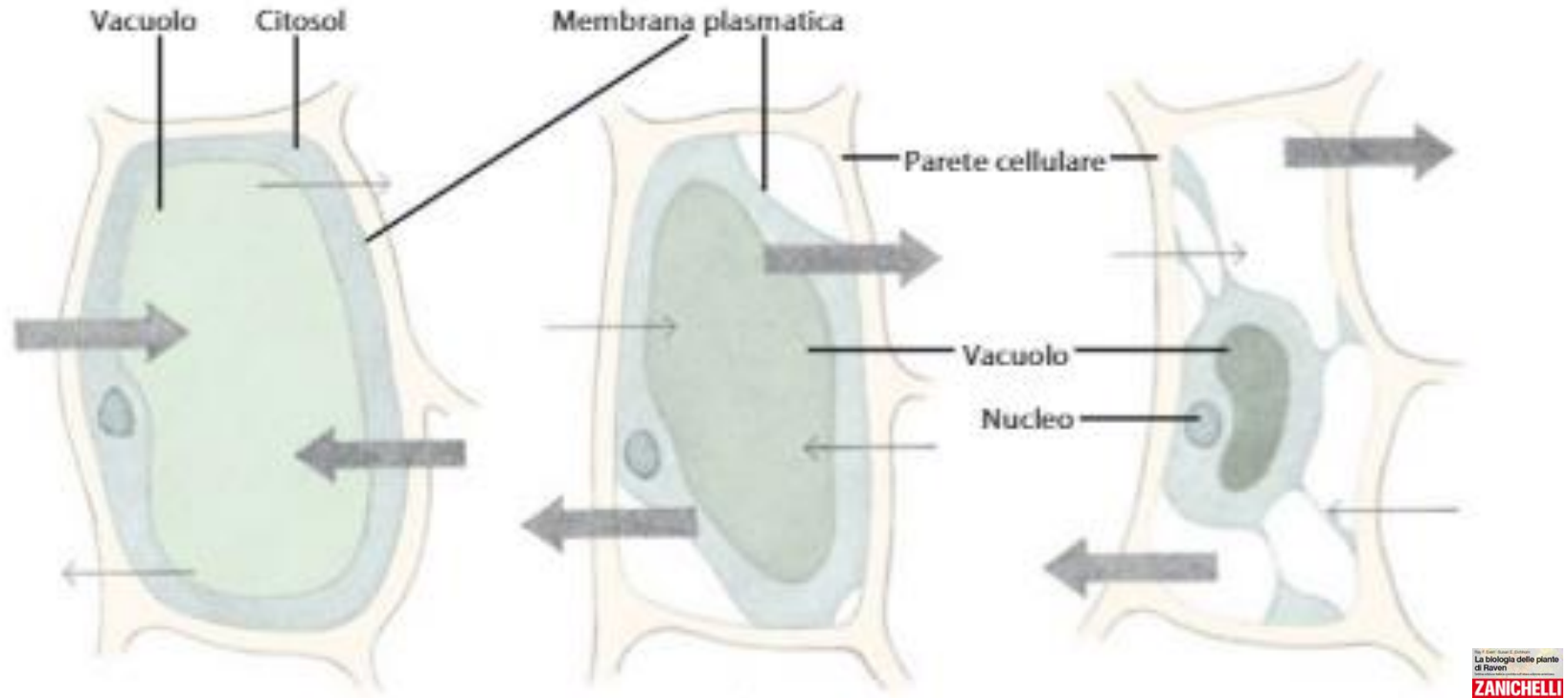
ESTERNO $\xrightarrow{\text{ACQUA}}$ INTERNO

ESTERNO $\xleftarrow{\text{ACQUA}}$ INTERNO

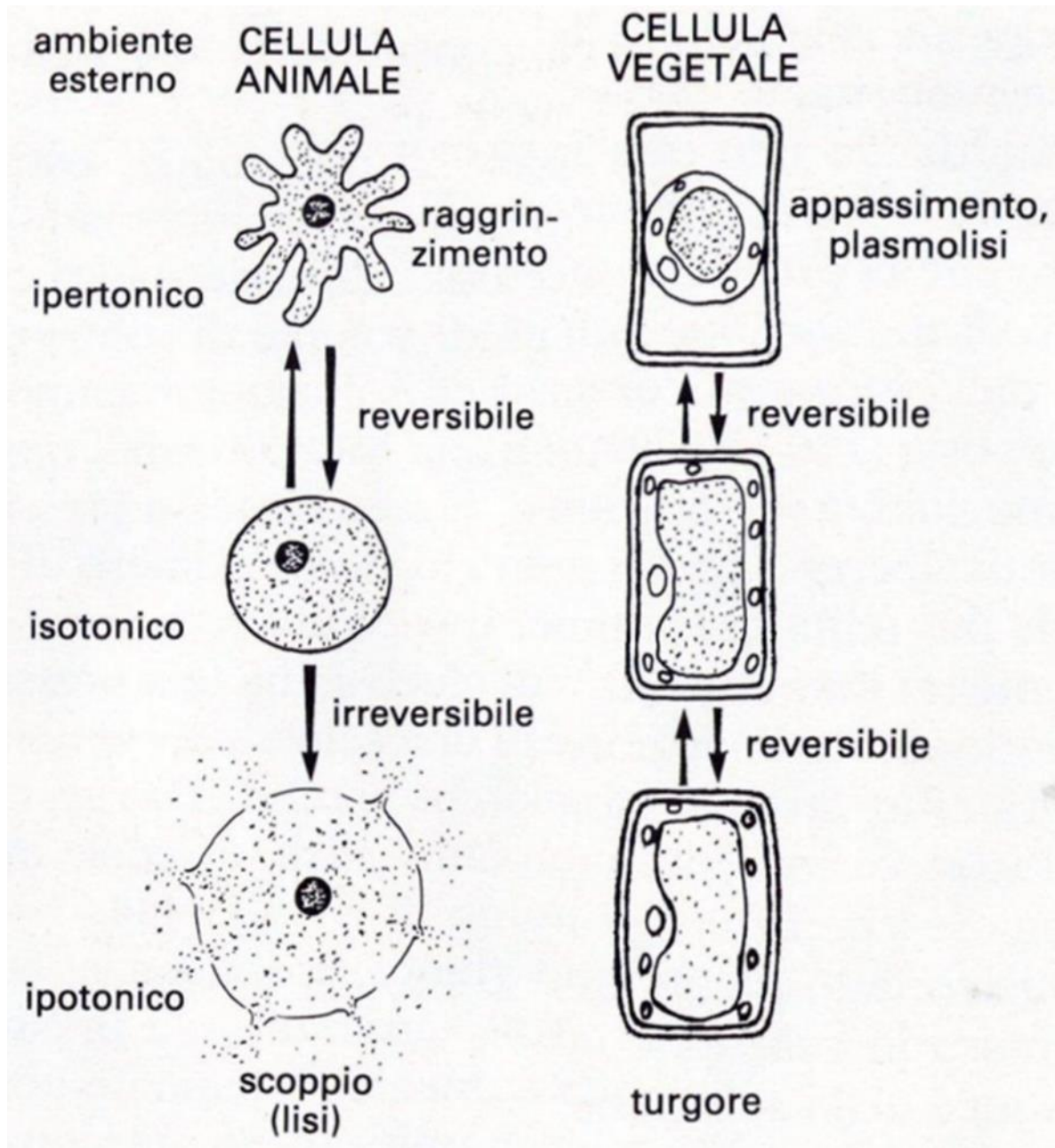
il vacuolo si rigonfia ma la cellula non scoppia grazie alla resistenza della parete cellulare

il vacuolo si contrae e in condizioni estreme il plasmalemma si stacca in più punti dalla parete determinando il fenomeno della plasmolisi

PLASMOLISI



In ambiente ipertonico, l'acqua tende ad uscire dal vacuolo e la membrana plasmatica si stacca dalla parete cellulare



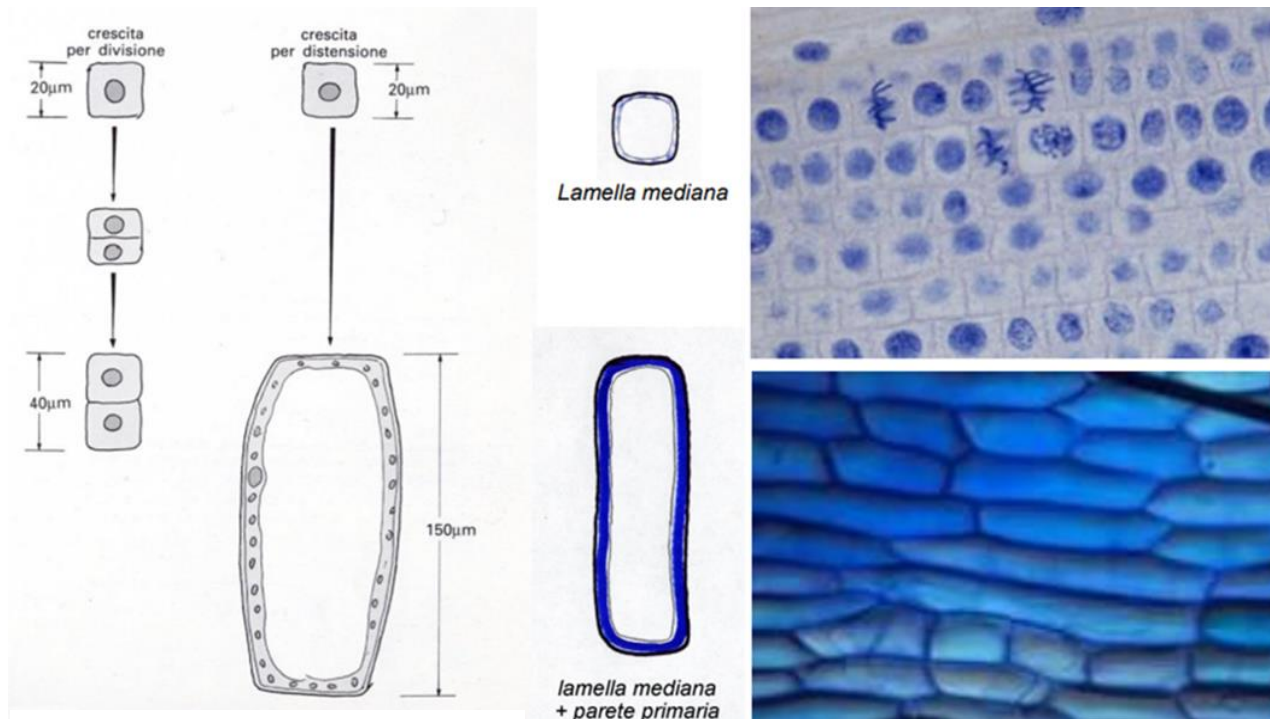
Il turgore cellulare è una tipica situazione di equilibrio che dura indefinitamente per tutta la vita della cellula

Perché questo equilibrio cambi, deve cambiare la concentrazione esterna di soluti, oppure nella cellula possono variare:

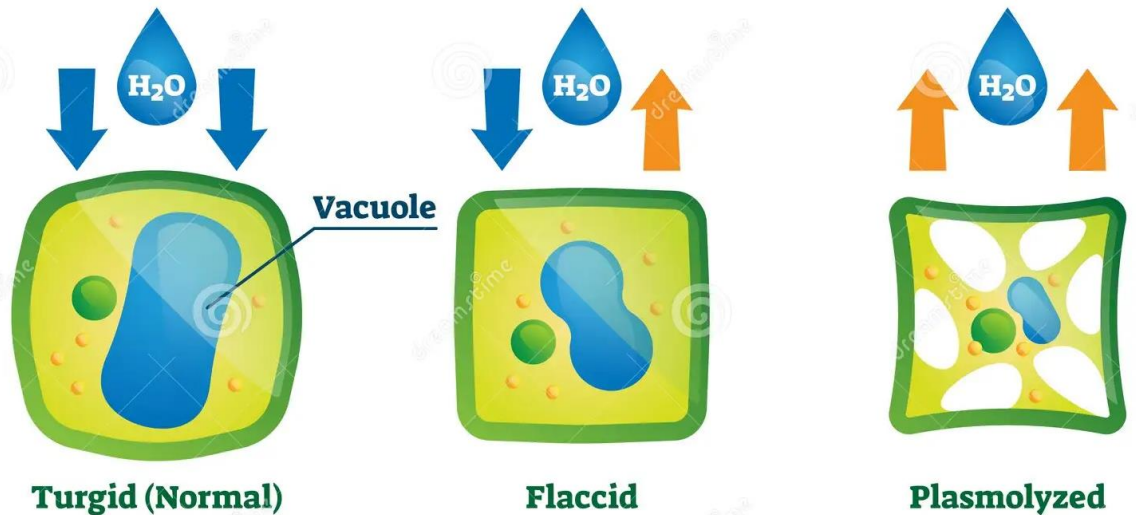
- 1) le proprietà meccaniche della parete, in particolare la sua elasticità
- 2) la concentrazione di soluti nel vacuolo
- 3) la permeabilità ai soluti delle membrane

Turgore e accrescimento per distensione della parete primaria *aumento delle dimensioni cellulari*

- 1) cambiamento del potenziale idrico della cellula in accrescimento *verso valori più negativi*; richiamo di acqua per alta concentrazione di soluti all'interno del vacuolo che determinano l'abbassamento del potenziale idrico
- 1) cambiamento delle caratteristiche della parete primaria che in questa fase è *plastica e quindi deformabile*. Nei fenomeni reversibili di turgore e appassimento prevale il comportamento elastico della parete cellulare, nell'accrescimento per distensione prevale quello plastico

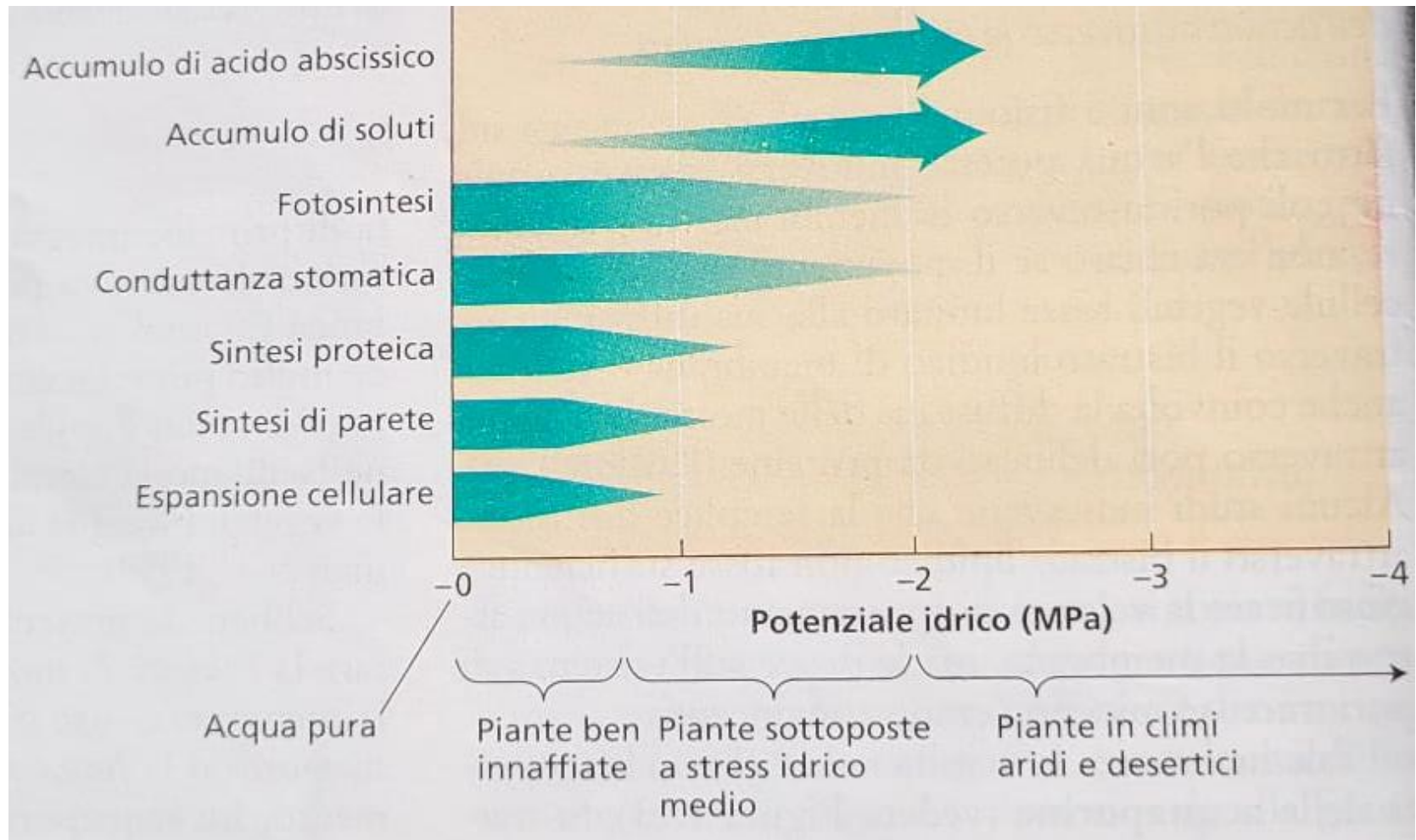


TURGOR PRESSURE



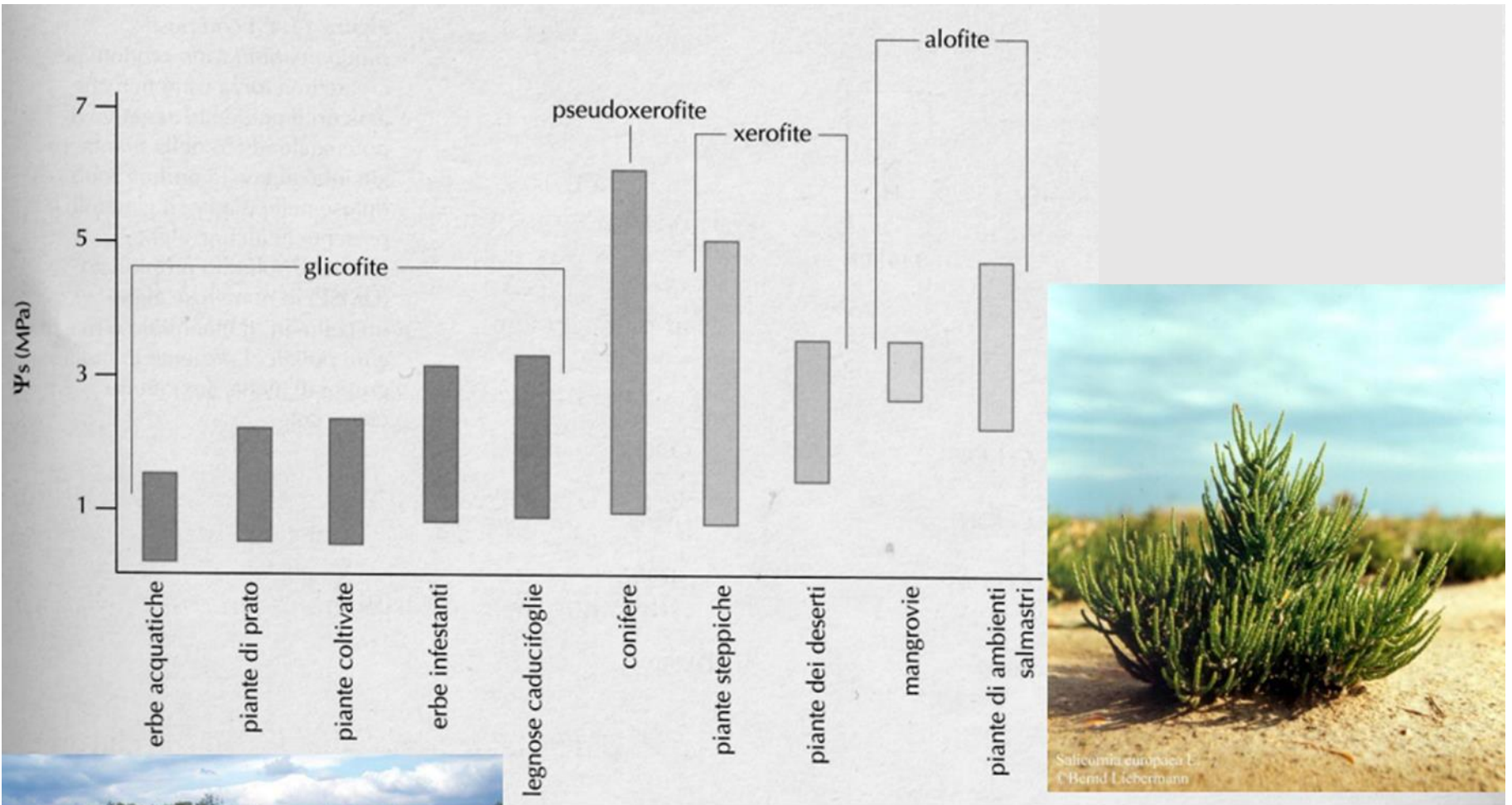
La pressione di turgore mantiene la pianta in condizioni normali
La perdita della pressione di turgore porta all'avvizzimento della pianta

Cambiamenti fisiologici dovuti alla disidratazione



Fisiologia Vegetale Applicata – Lionetti & Bellicampi – PICCIN Ed.

Il deficit idrico inibisce l'espansione cellulare, induce, aumenta l'accumulo di soluti (turgore), riduce la formazione di germogli, stimola lo sviluppo radicale



I valori di potenziale osmotico dei soluti delle cellule vegetali cambia da pianta a pianta e per la stessa pianta variano in funzione dell'ambiente esterno