



FOTOSINTESI



L'acido malico è praticamente un veicolo per trasportare la CO_2 nelle cellule della guaina del fascio concentrandola in quest'ultime.

Questo trasporto è facilitato dai numerosissimi plasmodesmi che collegano le due tipologie di cellule. Una volta liberata dal suo veicolo in seguito alla decarbossilazione la CO_2 non può più tornare indietro in quanto le cellule della guaina del fascio sono pochissimo permeabili alla CO_2 grazie alla parete suberificata.

In questo modo si crea all'interno della cellula della guaina un ambiente ad alta concentrazione di CO_2 , **favorendo l'attività carbossilasica della RuBisCO e inibendo quella ossigenasica.** In altre parole si crea un microambiente ideale per favorire la fotosintesi e inibire la fotorespirazione.





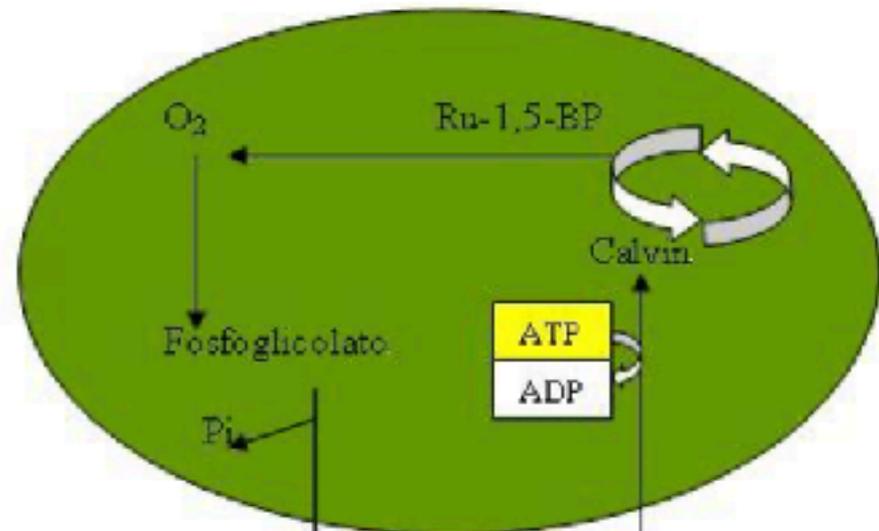
Le condizioni di “paradiso fotosintetico” delle cellule della guaina vengono ulteriormente esaltate dall’assenza del fotosistema II a livello dei cloroplasti delle cellule della guaina. Inoltre la presenza di perossisomi fa sì che l’anidride carbonica persa per fotorespirazione possa essere subito ricatturata prima che raggiunga gli stomi.

Questo grazie all’enzima PEP carbossilasi che lavora efficientemente anche a basse concentrazioni di substrato.

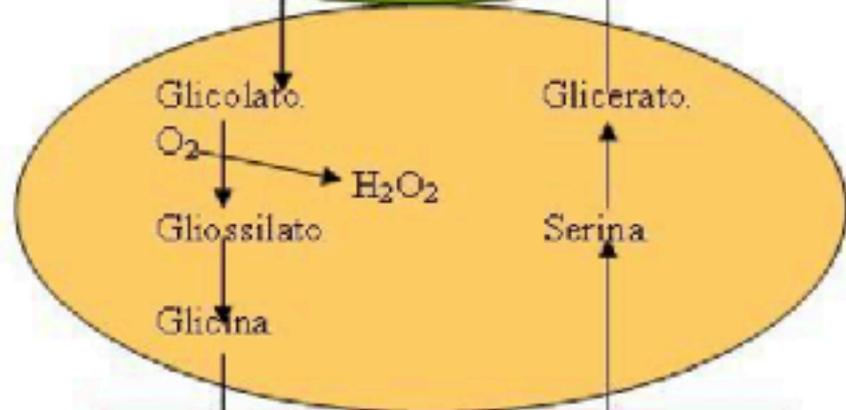




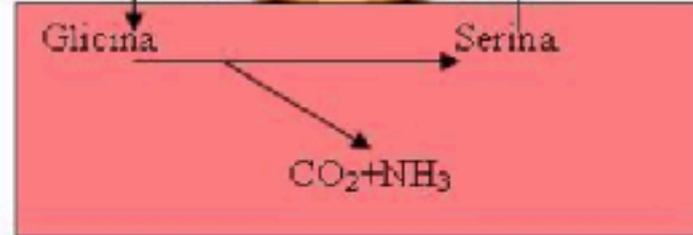
CLOROPLASTO



PEROSSISOMA



MITOCONDRIO





Le C_4 permettono anche un discreto risparmio di acqua. Questo perchè **l'enzima PEP carbossilasi è molto efficiente, e mantiene la concentrazione della CO_2 molto bassa negli spazi intercellulari** durante il giorno – più bassa che nelle piante C_3 .

Si crea così un gradiente di concentrazione della CO_2 tra aria esterna e spazi intercellulari della foglia particolarmente ripido, che consente una più rapida entrata della CO_2 negli stomi. Una pianta C_4 con stomi parzialmente chiusi può fotosintetizzare alla stessa velocità di una C_3 con stomi completamente aperti ed evitare perdite eccessive di H_2O .

L'uso altamente economico della CO_2 fatto dalle piante C_4 è dimostrato anche dal punto di compensazione per la CO_2 che in queste piante si avvicina a zero. Invece nelle C_3 la fotosintesi netta si annulla quando la concentrazione per la CO_2 è scesa al 10-20% rispetto a quella normale dell'atmosfera.





Il fatto che il metabolismo C4 si sia evoluto più volte nella storia delle angiosperme ha fatto sì che si sviluppassero diverse varianti, che differiscono principalmente per:

A) La natura del composto a 4 atomi di carbonio che fa da *carrier* per la CO₂ (**acido malico o aspartico**), e del composto a 3 atomi di carbonio che torna alle cellule del mesofillo (**piruvato o alanina**)

B) L'enzima che catalizza la decarbossilazione nelle cellule della guaina del fascio.

Inoltre, vi sono delle varianti intermedie.

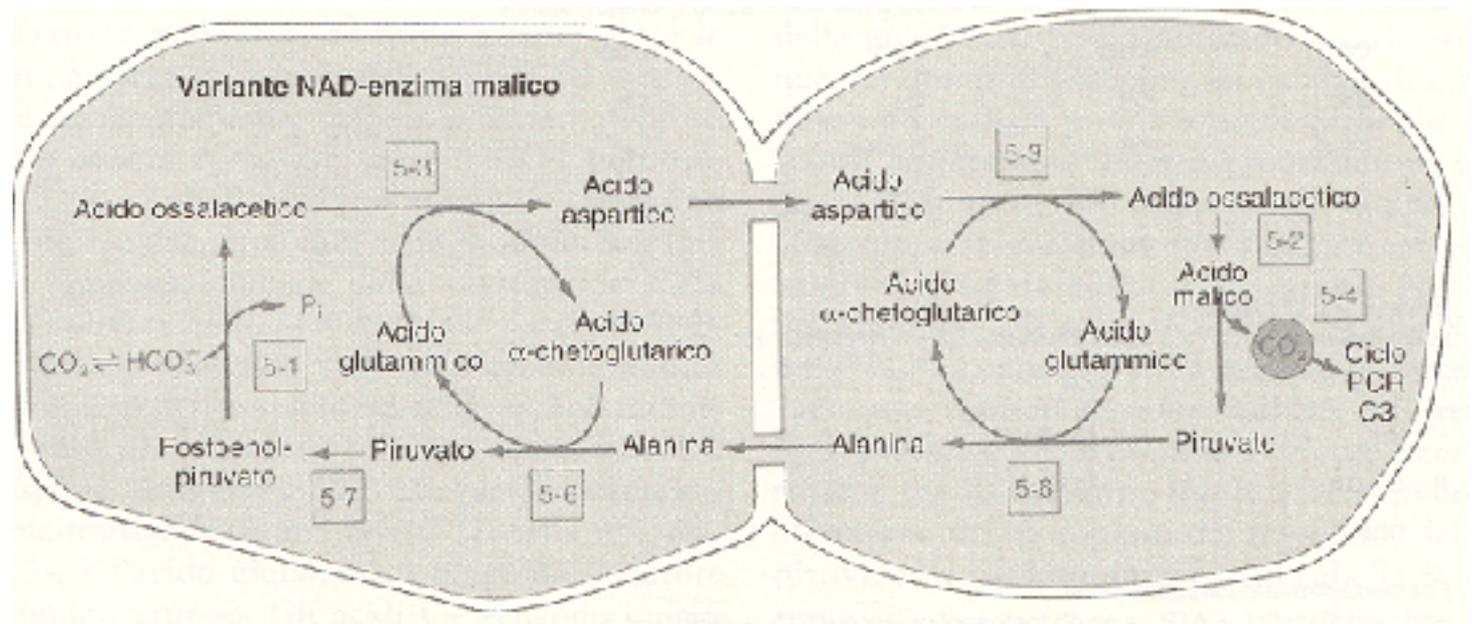
La tipologia di metabolismo C4 fino a ora vista è quella probabilmente più diffusa, in cui il carrier è l'acido malico, e l'enzima che catalizza la reazione di decarbossilazione è una **malato deidrogenasi (enzima NADP-malico)**.





Tipo NAD-ME

In questo caso l'enzima coinvolto è un'altra malato deidrogenasi, l'enzima NAD-malico. Il substrato in questo caso non è il NADP, ma il NAD.





Tuttavia, come spesso in natura, la cose non sono così “semplici”.

Recenti studi hanno posto l'ipotesi che la terza “via”, quella che è contraddistinta dalla PEPCK, non sia mai presente come unica via metabolica C4, ma sia sempre accoppiata a una delle altre due, quale via supplementare per la decarbossilazione dell'ossalacetato nelle cellule della guaina del fascio. In diverse specie, questa via supplementare può essere completamente assente, o presente a vario grado.

Di fatto quindi, le classiche tre vie metaboliche C4 dovrebbero essere ridotte a due, con un ulteriore metabolismo supplementare che può andare a supportarle a vario grado in diverse specie.



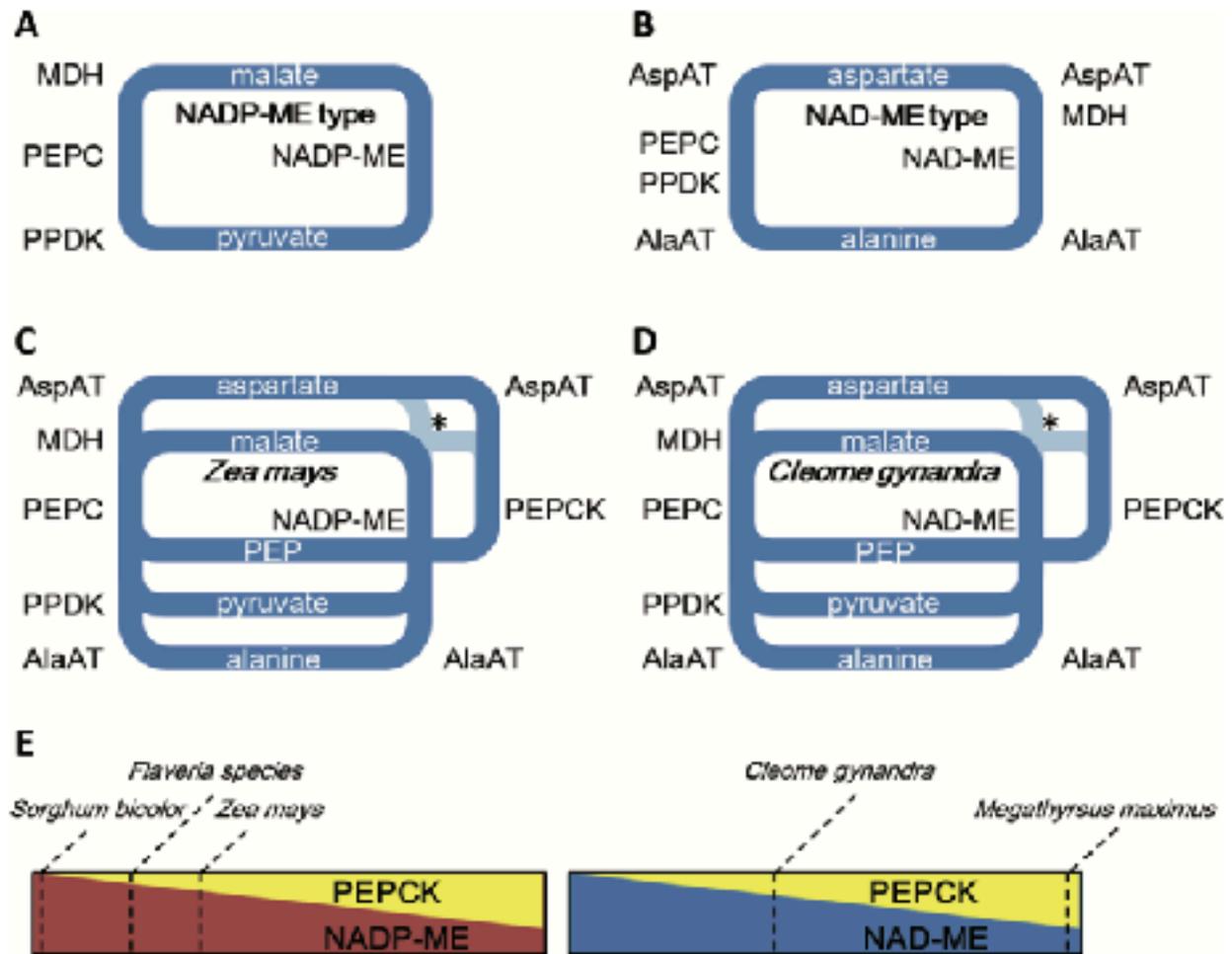


Fig. 8. Textbook pathways (A, B) in comparison with the situation in the plant (C, D) for the NADP-ME type (A, C) and the NAD-ME type (B, D). Asterisks indicate where it is not clear whether the circles are also connected at this point by Asp aminotransferase and MDH. The C_4 cycles have to be rewritten as branched cycles that split at the position of C_4 transfer acid into aspartate and malate and at the position of C_3 transfer acid into pyruvate, alanine, and (for PEPCK-using species) PEP. The proportions of different transfer acids probably vary with changing environmental conditions: for example, light for malate reduction or nitrogen availability for amino acids as transfer acids. (E) Contribution of PEPCK to malic enzyme activity in five different C_4 species. AlaAT, alanine aminotransferase; AspAT, aspartate aminotransferase; MAL, malate; MDH, malate dehydrogenase; NADP-ME, NADP-malic enzyme; PEP, phosphoenolpyruvate; PEPC, phosphoenolpyruvate carboxylase; PEPCK, phosphoenolpyruvate carboxykinase; PPDK, pyruvate phosphate dikinase.



Sorghum bicolor (L.) Moench
Poaceae

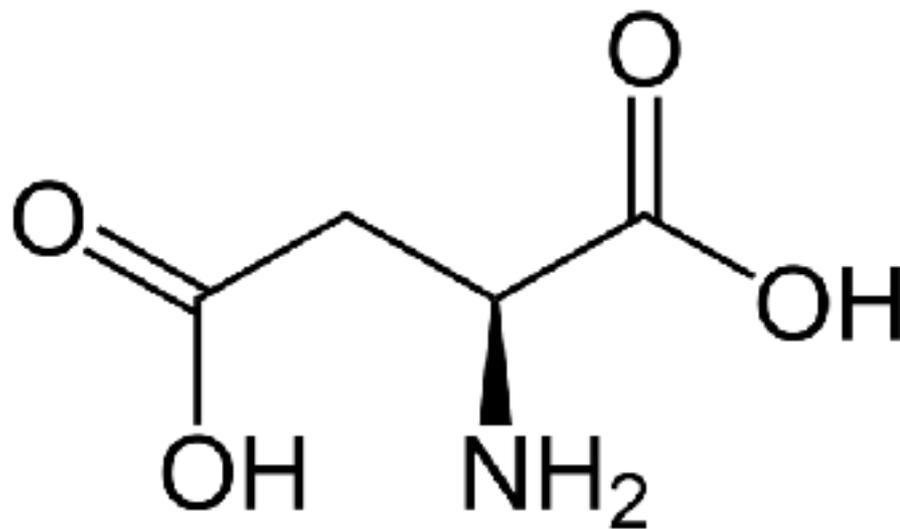
Coltivato anche in Italia come
alimento per il bestiame. Nei
paesi in via di sviluppo usato
per l'alimentazione umana



Megathyrsus maximus (Jacq.) B.K.Simon & S.W.L.Jacobs
Poaceae

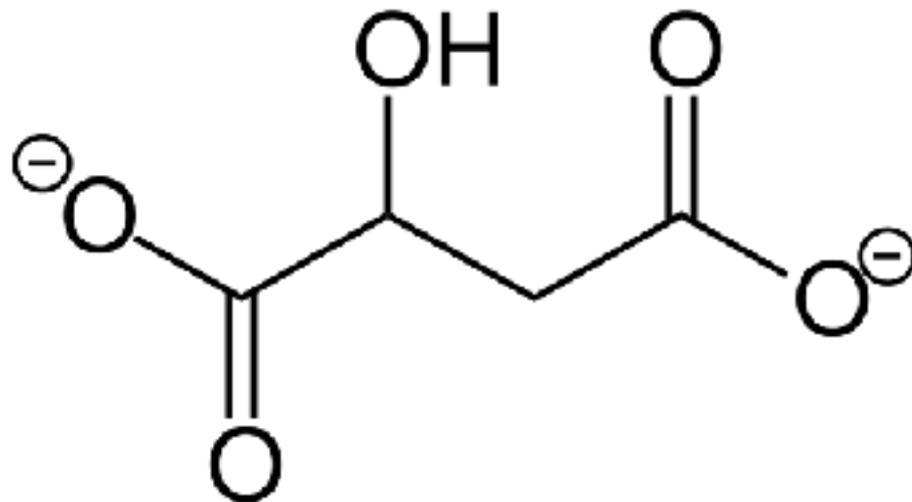
Pianta erbacea perenne dei climi caldi e secchi, nativa del
continente africano





Acido aspartico

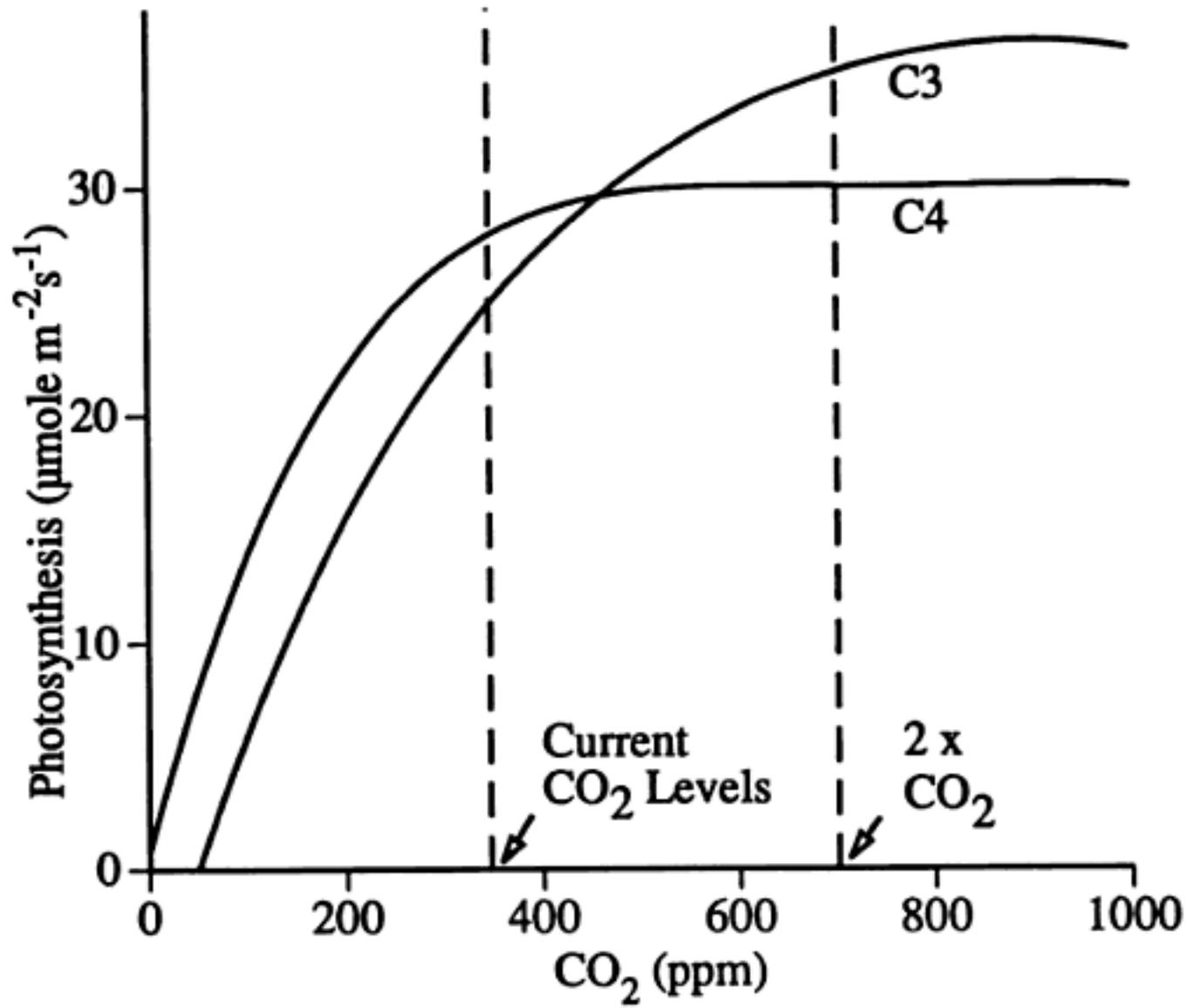
Malato





Effetto del cambiamento climatico sulle piante C3 e C4







Diversi studi hanno messo in evidenza che un aumento della concentrazione di anidride carbonica in atmosfera favorisce maggiormente le piante C3 rispetto alle C4. Questo avviene come conseguenza della presenza stessa dei metabolismi di trasporto della anidride carbonica, che oltre una certa soglia raggiungono una velocità massima, che non può essere superata.

Quindi, considerato che un aumento di temperatura favorisce le C4, e un aumento di CO₂ favorisce le C3, quale potrebbe essere lo scenario futuro?

Obiettivamente difficile fare ipotesi, anche se l'aumento della CO₂ in atmosfera è stato enorme, circa il 30% negli ultimi 50 anni.

Tuttavia, i ricercatori scommettono molto sull'efficienza del metabolismo C4....



Riso.... C4?

Il riso (*Oryza sativa*, con tutte le sue varietà coltivate) è una pianta C3.

Tuttavia, essendo il riso la principale fonte di calorie per una enorme fetta della popolazione mondiale, un aumento della produttività per ettaro conseguente a una aumentata efficienza fotosintetica sarebbe una panacea per la fame nel mondo. Attualmente in Asia circa 600 milioni di persone sono a rischio malnutrizione, e la popolazione totale dell'Asia è destinata a aumentare di circa 1,5 miliardi da qui al 2050.

Per questo motivo, i ricercatori stanno analizzando la possibilità di indurre in un cultivar di riso delle modificazioni che portino a una anatomia Kranz, e all'evoluzione di un metabolismo C4, che nelle condizioni ottimali rende le piante fotosinteticamente più efficienti di circa il 50% (un miglioramento della produttività per ettaro sufficiente a risolvere i problemi alimentari dell'Asia da qui al 2050).



Oryza sativa L.
Poaceae





Fotosintesi nelle piante CAM





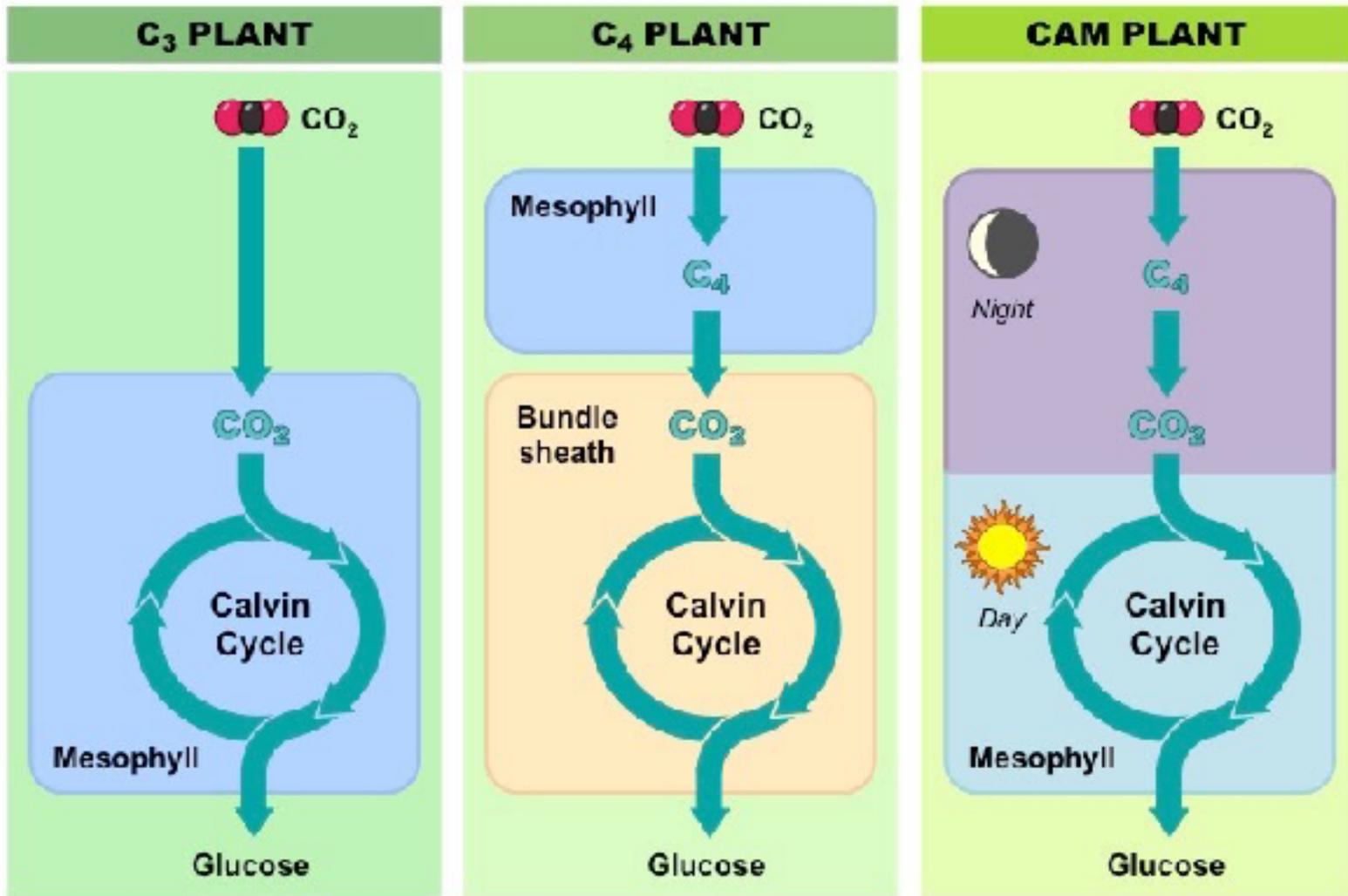
Piante CAM

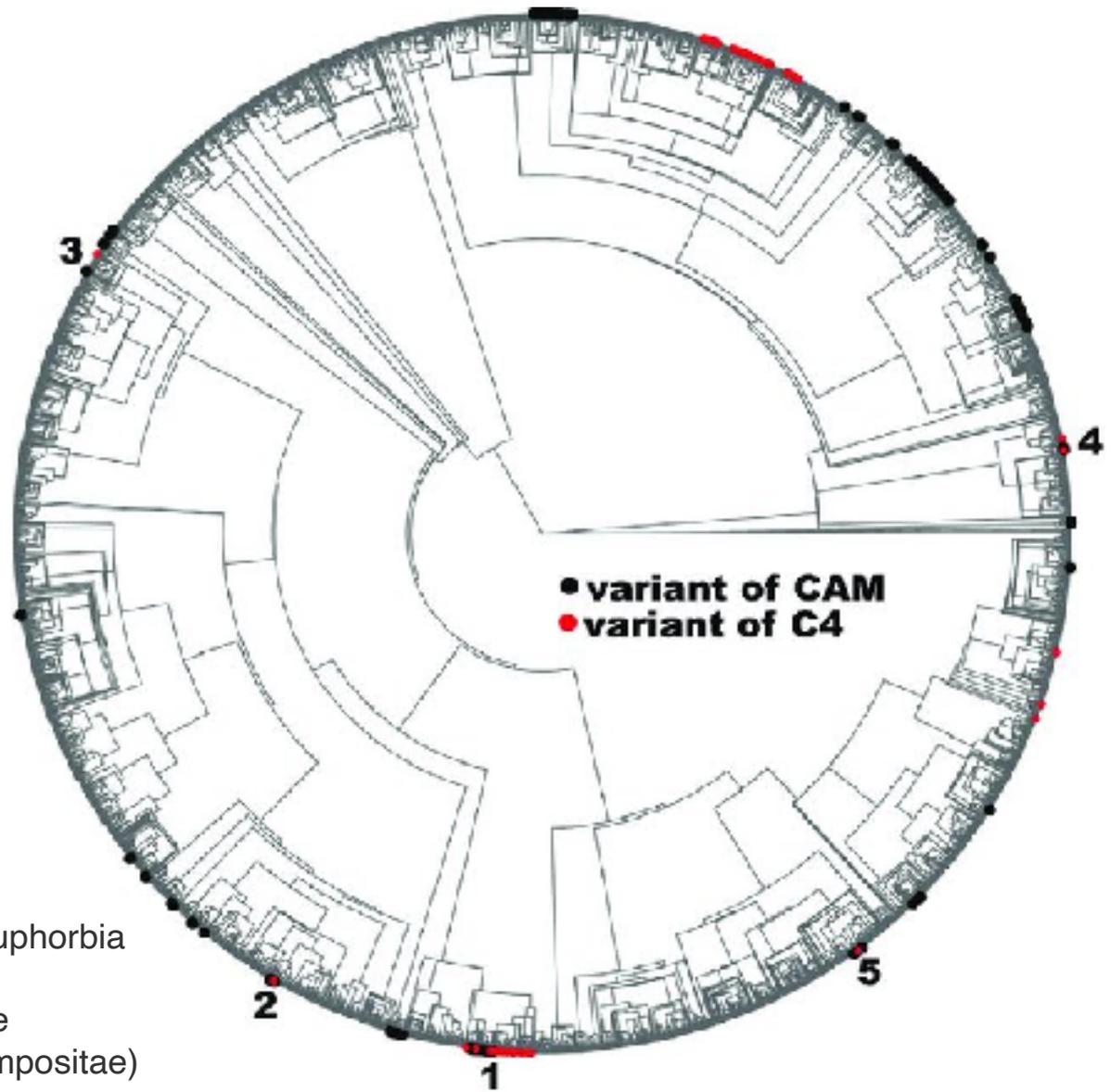
Un altro gruppo di specie che fissano CO_2 in modo provvisorio è costituito dalle piante CAM (**C**rassulacean **A**cid **M**etabolism = Metabolismo Acido delle Crassulacee).

Mentre le piante C4 sono circa il 3% del totale delle piante vascolari, le CAM sono circa il 6%.

Sono praticamente delle C4 che “non ce l’hanno fatta”, perché hanno un metabolismo C4, ma non la separazione spaziale. Infatti, sia la cattura della CO_2 in forma di malato che la sua decarbossilazione avvengono nelle cellule del mesofillo, e manca l’anatomia Kranz.







- (1) Caryophyllales
- (2) Chamaesyce/Euphorbia
- (3) Brassicales
- (4) Hydrocharitaceae
- (5) Asteroideae (Compositae)





Tra le piante CAM più note troviamo:

- le tipiche piante succulente della famiglia delle **Crassulaceae**, adattate a vivere in ambienti aridi, anche di casa nostra;
- le **Cactacee**;
- piante epifite (es. **Bromeliaceae**) delle foreste tropicali, tra cui qualche felce, e la mitica *Welwitschia*.

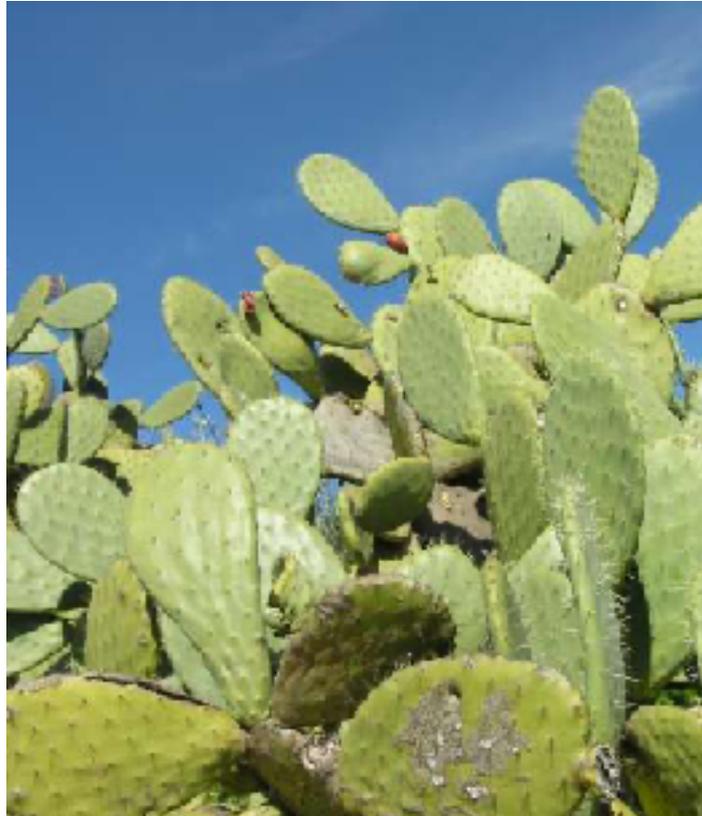
Si noti che mentre le C4 sono tutte angiosperme, le CAM sono anche gimnosperme, isoete e felci



Sedum album L.
Crassulaceae



Opuntia ficus-indica (L.) Mill.
Cactaceae



Ananas comosus (L.) Merr.
Bromeliaceae



Welwitschia mirabilis Hook.f.
Welwitschiaceae





Le piante CAM separano nettamente nel tempo il momento dell'entrata della CO_2 nella foglia da quello della sua fissazione nel ciclo di Calvin.

Il funzionamento è relativamente semplice:

Di notte esse aprono gli stomi, fanno entrare la CO_2 e la fissano in modo analogo alle C_4 formando acidi organici a 4 atomi di C (tipicamente acido malico).

Di giorno esse tengono gli stomi chiusi (tanto ormai la CO_2 è stata assorbita e immobilizzata negli acidi organici) e decarbossilano gli acidi generati durante la notte liberando nuovamente la CO_2 . Questa viene ora fissata normalmente attraverso la RuBisCO nel ciclo di Calvin.



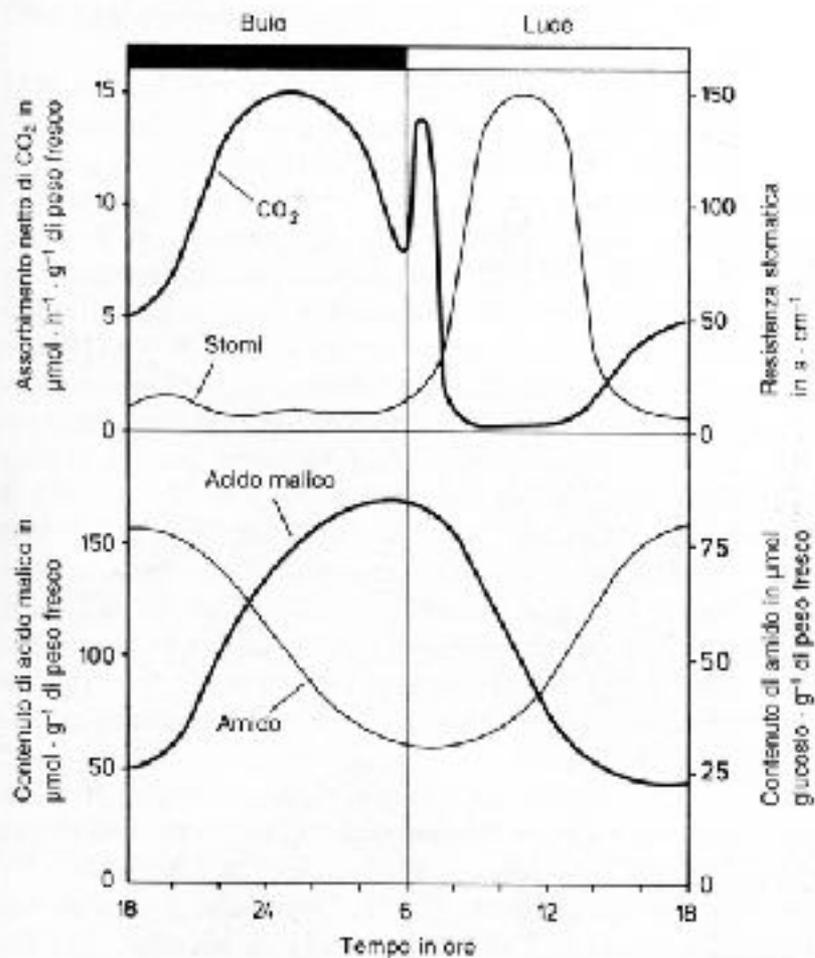


Nei periodi aridi, questa variante della fotosintesi normale consente alle piante CAM di tenere gli stomi aperti solo di notte quando la temperatura è più bassa e chiuderli di giorno quando il pericolo di andare in deficit d'acqua sarebbe maggiore.

La “politica” fotosintetica delle CAM cerca di ottenere un risparmio d'acqua attraverso una fissazione provvisoria della CO_2 .

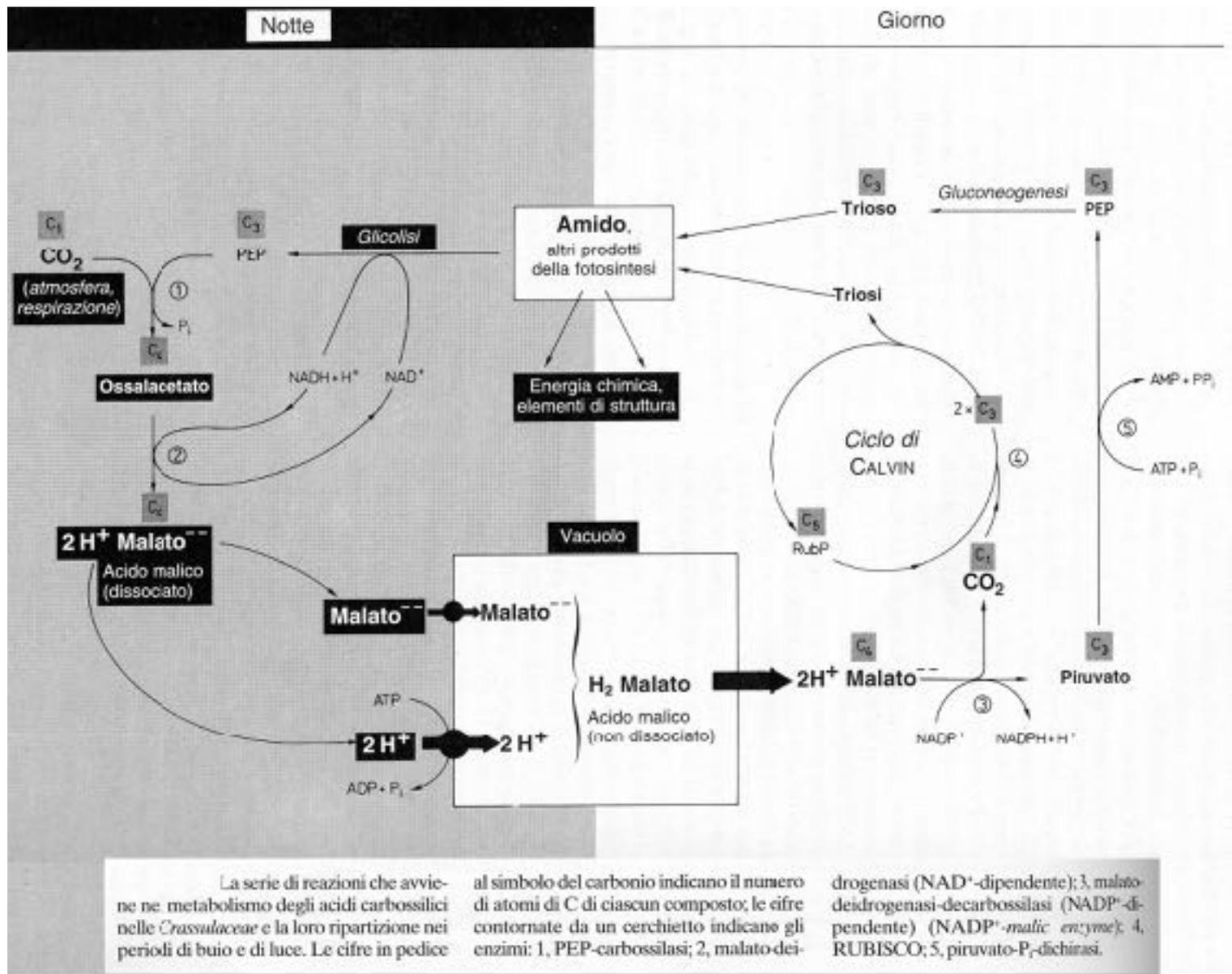
Nelle piante CAM la pre-fissazione e la fissazione vera e propria avvengono in un solo tipo cellulare, ma in due momenti diversi, la notte e il giorno.





Andamento di alcuni tipici fenomeni del metabolismo degli acidi carbossilici nelle *Crassulaceae* durante il ciclo notte-giorno. In alto: assorbimento netto di CO₂ nelle foglie e resistenza stomatica alla diffusione. In basso: contenuto in acido malico e in amido nelle foglie. I valori indicati corrispondono a valori medi che possono variare molto secondo le specie e le condizioni esterne.







Distretto fondamentale dell'accumulo è il **grande vacuolo vegetativo**. L'ingresso di malato avviene progressivamente contro un gradiente sempre più pronunciato, quindi richiede consumo di energia (ATP). L'efflusso durante il giorno è ad opera di acido malico indissociato (per le alte concentrazioni intravacuolari), dal vacuolo verso il citoplasma, dove l'acido malico viene decarbossilato.

Il funzionamento del metabolismo CAM si basa su una regolazione negativa della PEP-carbossilasi, enzima che viene inibito (*=non riesce a lavorare*) dall'acido malico, una molecola del quale si lega alla catena proteica, modificandone la struttura terziaria. Questo inibisce la fissazione della CO_2 da parte della PEP-carbossilasi, eliminando la possibilità che la PEP-carbossilasi citoplasmatica leghi la CO_2 al posto della RUBISCO plastidiale.

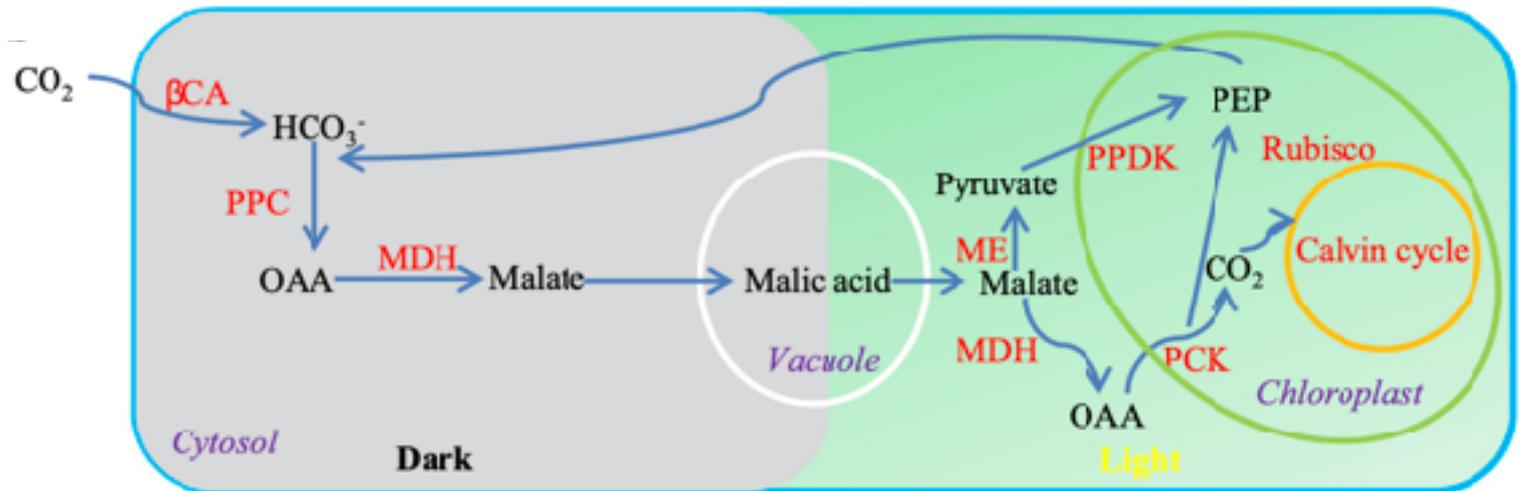


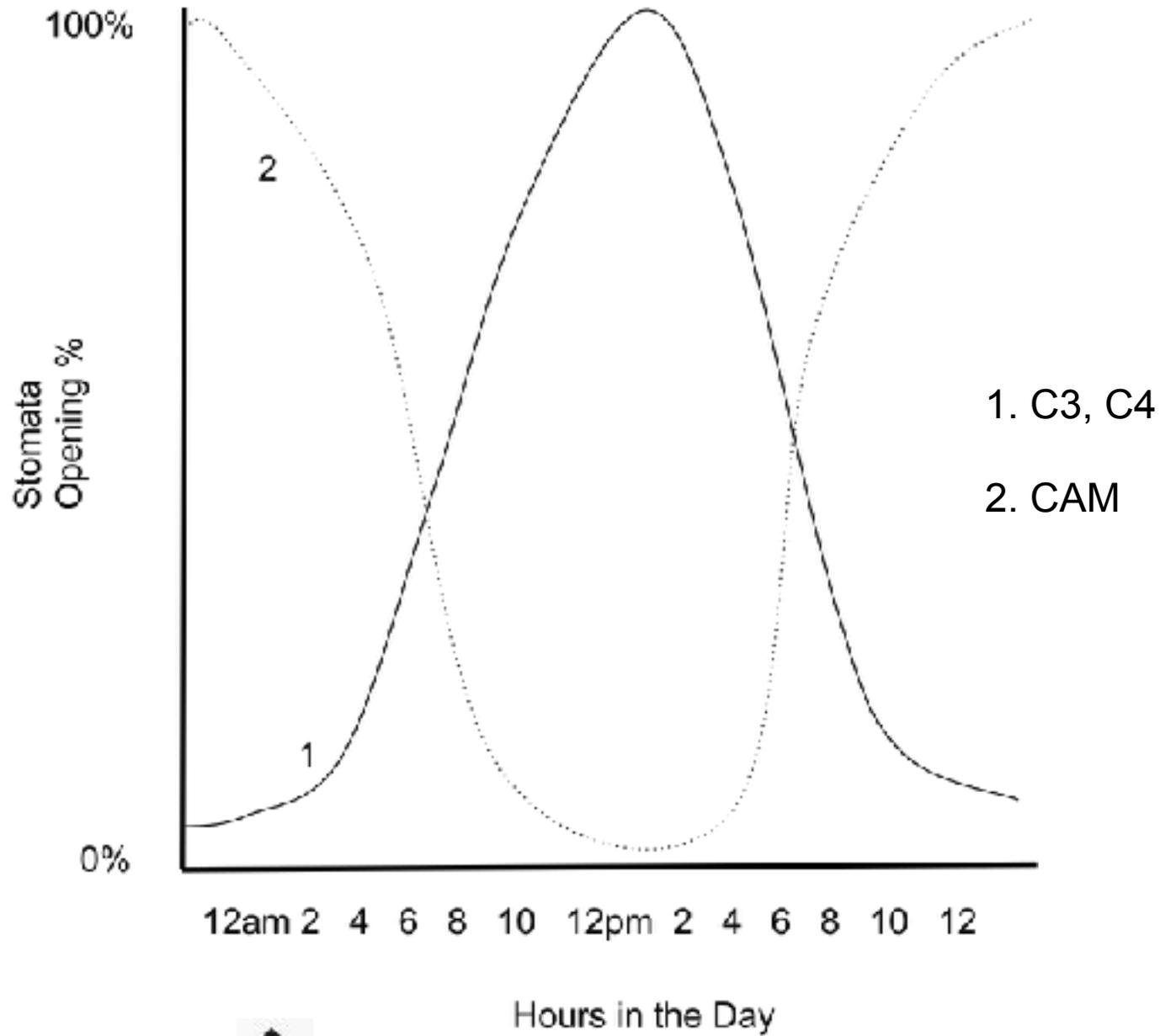


Il rilascio della CO₂ dal malato può avvenire o tramite la malato deidrogenasi (enzima NADP-malico), o tramite le fosfoenol-piruvato carbossichinasi (PEPCK).

Inoltre, a seconda dello stato di idratazione, sembra che la regolazione dell'azione del PEPCK vari durante il giorno.

Di certo, i due meccanismi di decarbossilazione possono lavorare contemporaneamente nelle piante CAM.







Due aspetti chiave del metabolismo CAM:

- (i) L'apertura degli stomi è regolata (anche) dalla concentrazione parziale interna della CO_2 , che dipende da questa attività enzimatica particolare. Di notte gli stomi stanno aperti per il forte consumo della CO_2 interna per opera della PEP-carbossilasi, di giorno stanno chiusi perché c'è CO_2 a sufficienza.
- (ii) L'elevata concentrazione di malato a livello vacuolare di notte determina un incremento della pressione osmotica, che si accompagna di conseguenza ad una aumentata efficienza di assorbimento radicale: la pianta riesce a recuperare più acqua, proprio quando l'ambiente offre eventuali fenomeni di condensa sulla superficie del terreno.



Metabolismo fotosintetico e consumo d'acqua.

Alcuni dati riguardanti l'economia dell'acqua e del carbonio nel corso della fotosintesi delle piante C₃, C₄ e CAM (da C. BLACK). Il quoziente di traspirazione indica quanti g d'acqua vengono perduti quando viene assorbito dall'atmosfera e assimilato mediante la fotosintesi 1 g di carbonio.

	C ₃	C ₄	CAM
Quoziente di traspirazione in g H ₂ O · g ⁻¹ di C	Da 450 a 950	Da 250 a 350	Da 18 a 100 (per la fissazione di CO ₂ durante la notte) Da 150 a 600 (per la fissazione di CO ₂ durante il giorno)
Velocità massima della fotosintesi netta in mg CO ₂ · m ⁻² di sup. fogliare · s ⁻¹	Da 0,41 a 1,10	Da 1,1 a 2,2	Da 0,027 a 0,360
Velocità massima dell'aumento di sostanza secca in g · m ⁻² di sup. fogliare · d ⁻¹	Da 50 a 200	Da 400 a 500	Da 1,5 a 1,8





Le specie con metabolismo CAM sono specie adattate a condizioni di forte stress idrico, sia esso permanente, come nei deserti, o periodi, come in tutti quegli ambienti ove a periodi di relativa abbondanza d'acqua si alternano periodi di aridità intensa.

Si pensi anche a molte specie epilitiche, dove l'acqua non permane nel substrato.

Queste specie sono contraddistinte anche da adattamenti morfologici per resistere alle condizioni spesso estreme in cui si trovano a crescere. In particolare, spesso esibiscono un basso rapporto superficie/volume, riducendo così la superficie attraverso la quale può avvenire l'evapotraspirazione. Spesso hanno anche stomi infossati, e spesse cuticole.





Esistono anche piante che non sono CAM obbligate, ma che usano questo metabolismo quando le condizioni lo rendono utile.

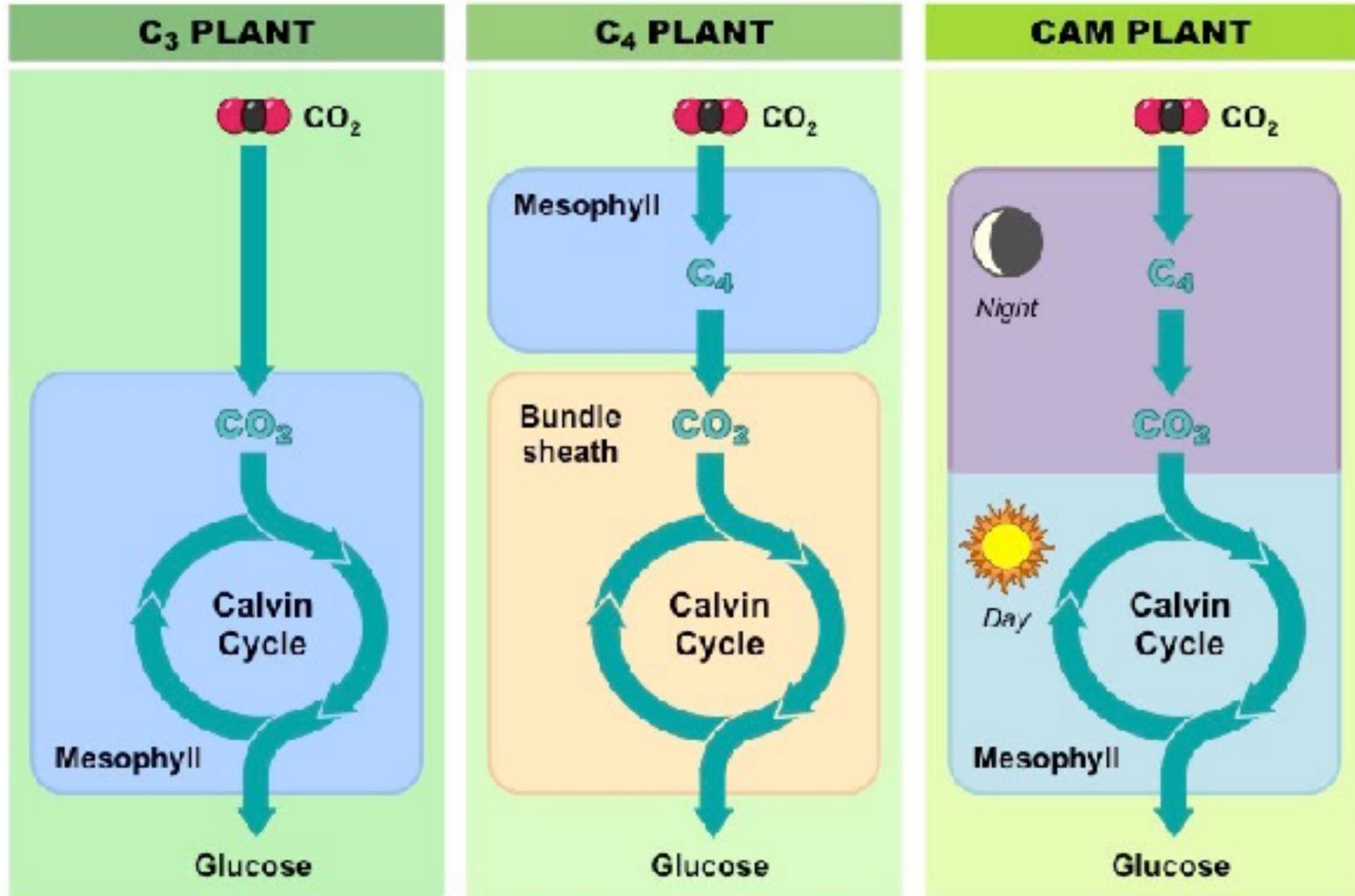
Si tratta di piante C3 o C4 in cui il metabolismo CAM può essere indotto da condizioni di elevato stress idrico prolungato. Queste sono in grado di cambiare completamente la strategia fotosintetica durante l'anno.

Un altro caso sono le specie che hanno un metabolismo CAM pur non aprendo, o aprendo molto poco gli stomi di notte. Queste accumulano (e usano) CO₂ durante il giorno, e al contempo riciclano la CO₂ prodotta dalla fotorespirazione.

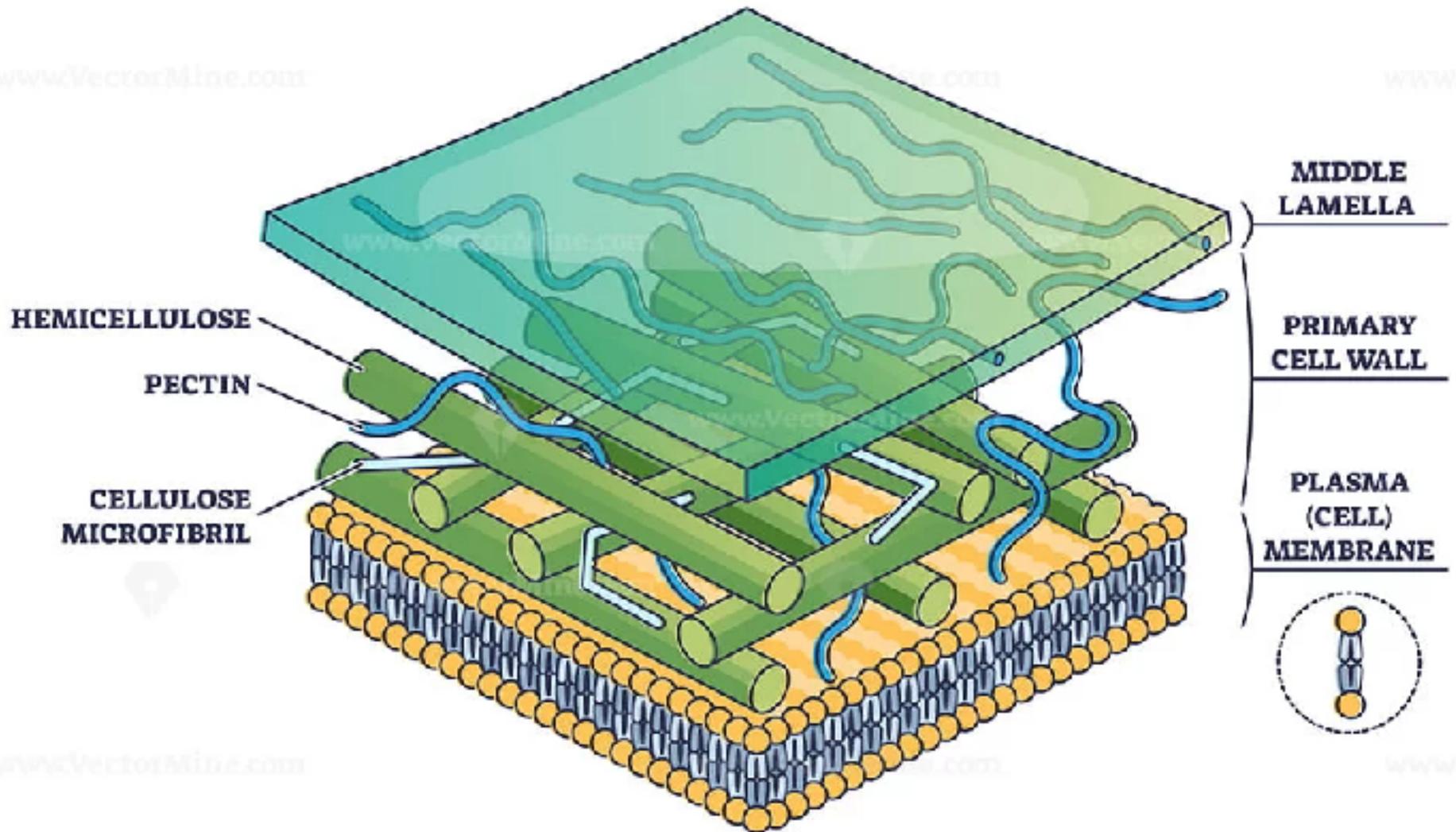
Si tratta probabilmente di casi intermedi di passaggio da metabolismi C3 o C4 e CAM vere e proprie

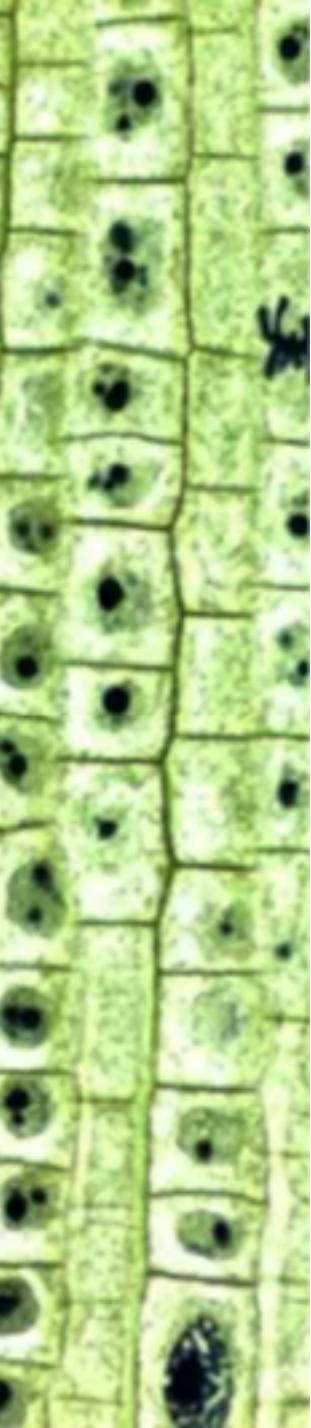


Ricapitolando, quindi....



CELL WALL STRUCTURE

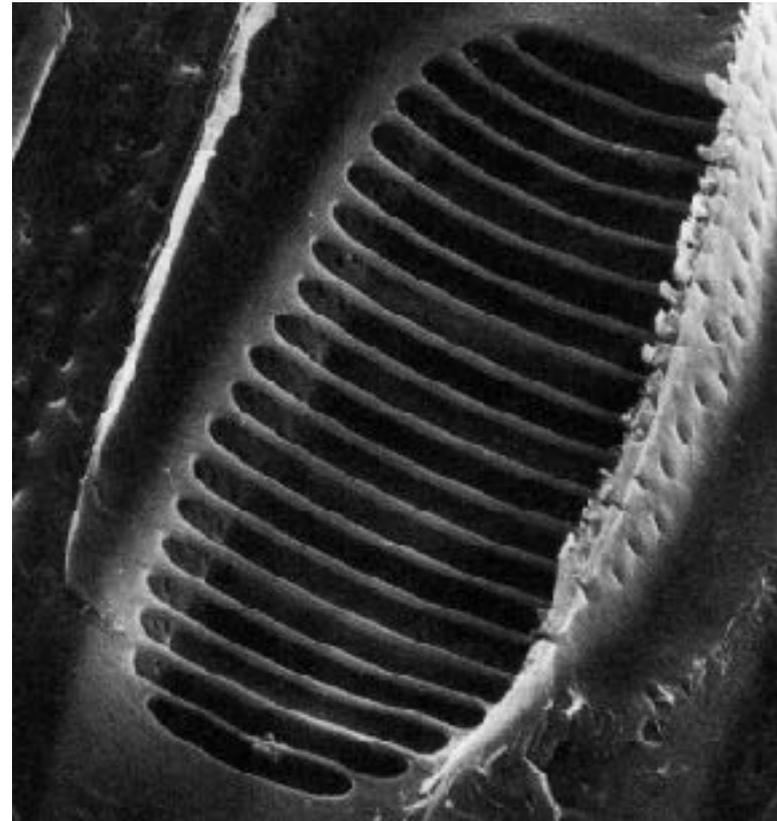


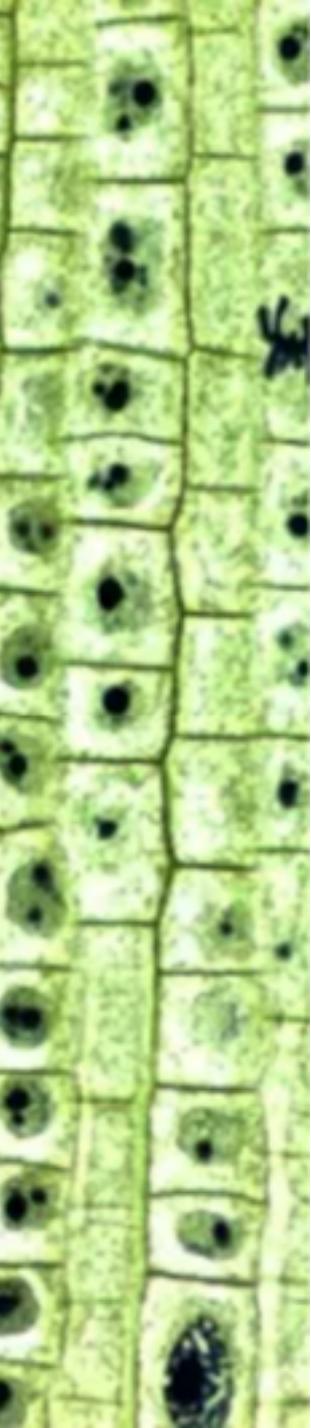


La PARETE CELLULARE si trova in piante, funghi e batteri, ed è un rivestimento esterno alla membrana cellulare che conferisce rigidità.

Ha una composizione diversa nei tre gruppi, pur avendo la stessa funzione.

Le cellule animali invece sono delimitate solamente dalla membrana. Di conseguenza la loro forma e dimensione non dipendono dalla parete.



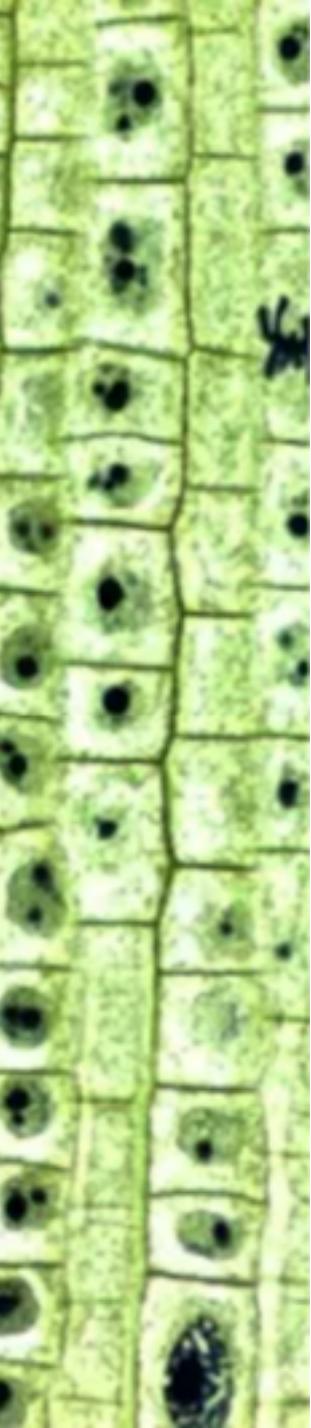


La parete quindi conferisce una forma definita alla cellula, formando intorno ad essa una sorta di scatola, più o meno forata, e relativamente rigida.

La parete è prodotta dalla cellula. Ogni cellula è responsabile della costruzione della propria parete.

Eccezioni:

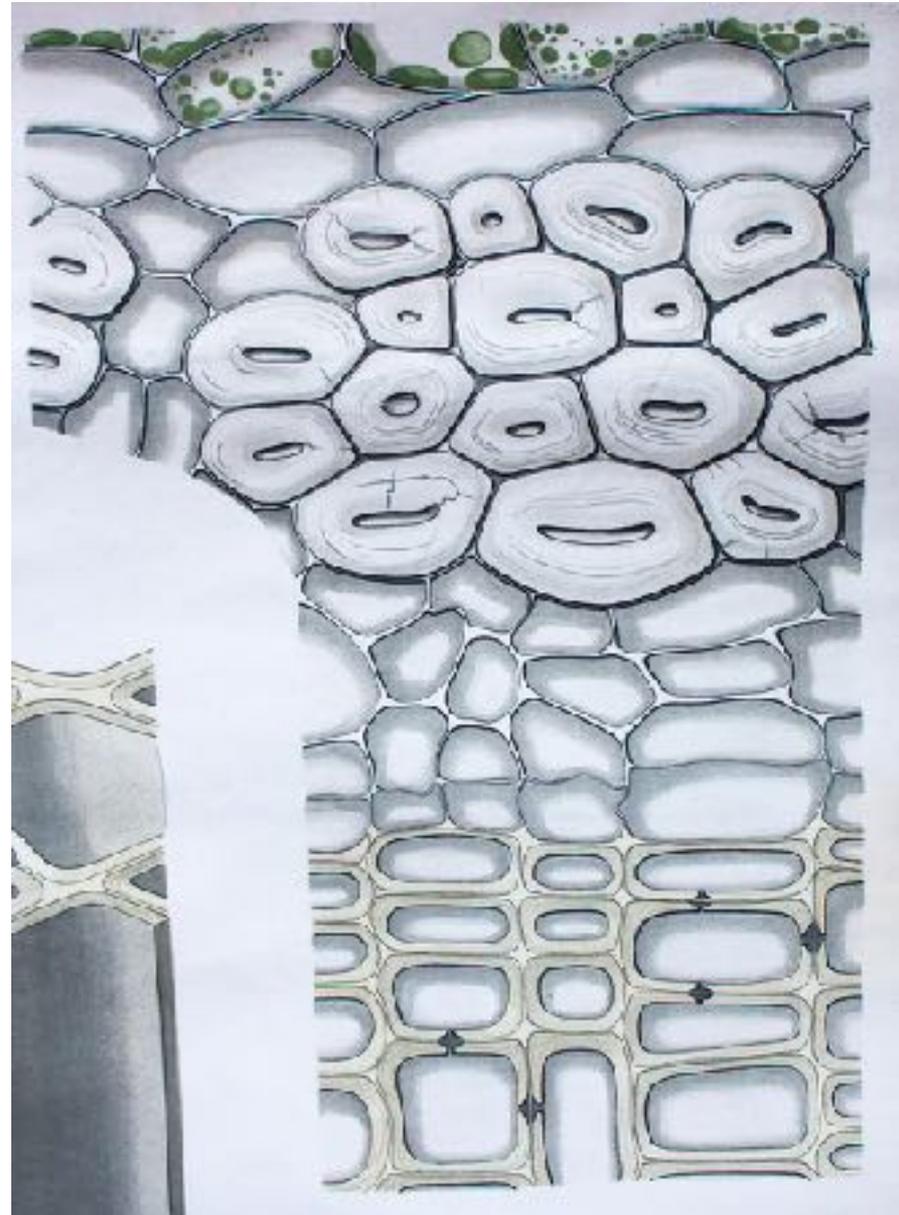
- i) numerosi gameti, prima della fecondazione sono sprovvisti di parete;
- ii) certe alghe flagellate delimitate da un involucro, spesso di natura proteica e discontinuo.

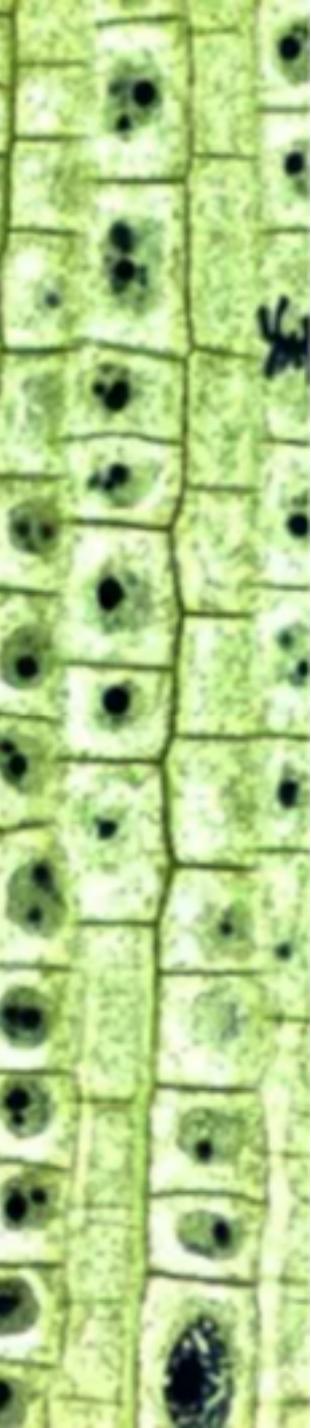


La parete rappresenta una **barriera fisica** per ogni sostanza in entrata ed uscita dalla cellula.

Può **persistere in loco** anche dopo la morte della cellula.

In certi casi le pareti svolgono la loro funzione proprio dopo che il citoplasma è andato perso, come nei tessuti di sostegno, di protezione, e di trasporto dell'acqua.

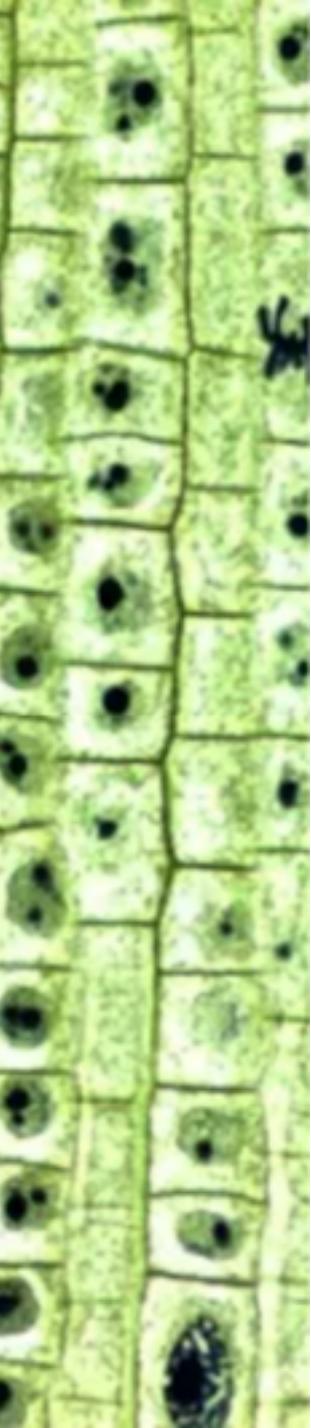




La parete, assieme al vacuolo, forma un sistema osmotico che è responsabile della crescita della cellula, e della rigidità dei tessuti non lignificati della pianta.

Il vacuolo insieme alla parete cellulare costituisce infatti una struttura nella quale la pressione dell'acqua all'interno del vacuolo viene compensata dalla rigidità della parete cellulare.

L'effetto combinato della pressione idrostatica interna, detta pressione di turgore, in equilibrio con la pressione esercitata dalla parete della cellula (pressione della parete), determina la tensione della cellula vegetale.



La **pressione di turgore** è responsabile della distensione della cellula e della rigidità dei tessuti vegetali non lignificati (foglie, fusti giovani).

La pressione di turgore esercitata dal vacuolo sulla parete cellulare rappresenta la forza che determina l'**accrescimento** delle cellule vegetali. Poiché il vacuolo è costituito principalmente di acqua, la crescita per distensione è caratterizzata da un massiccio ingresso di acqua nella cellula.

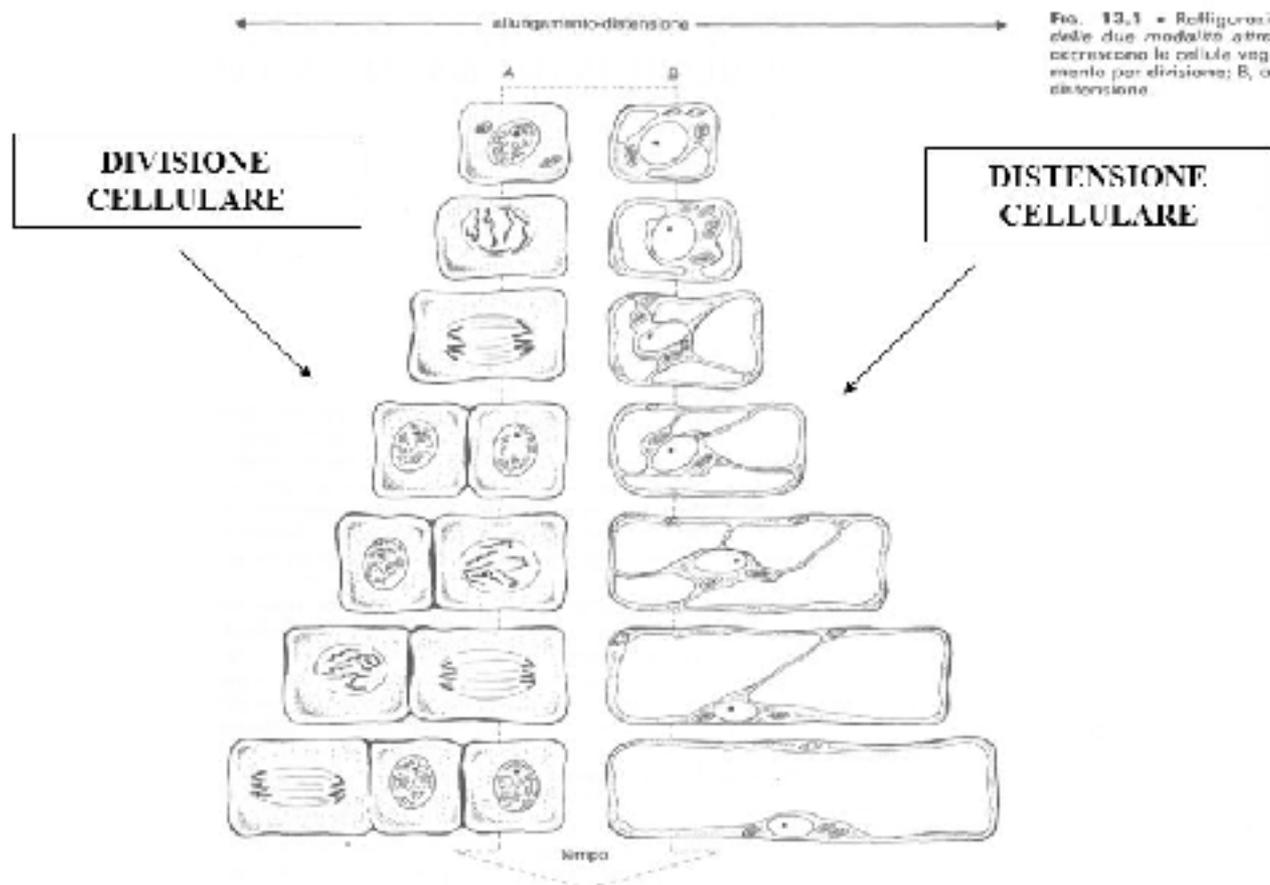
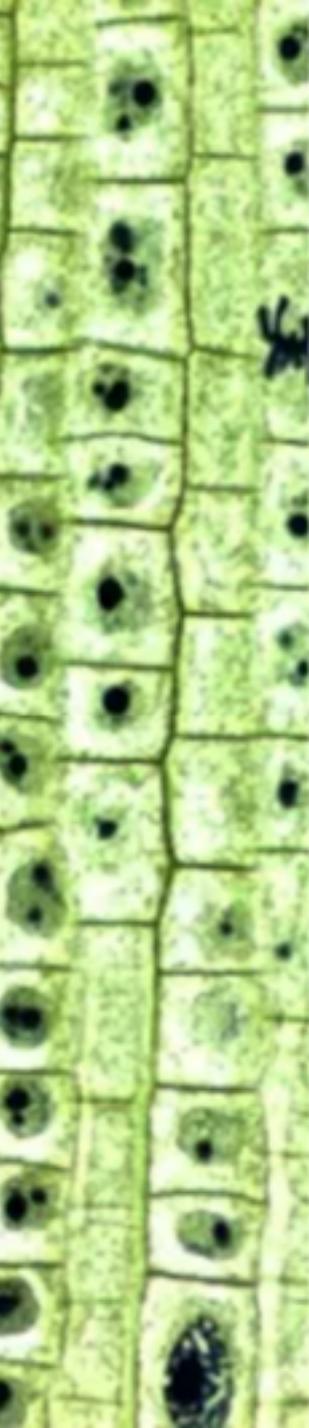
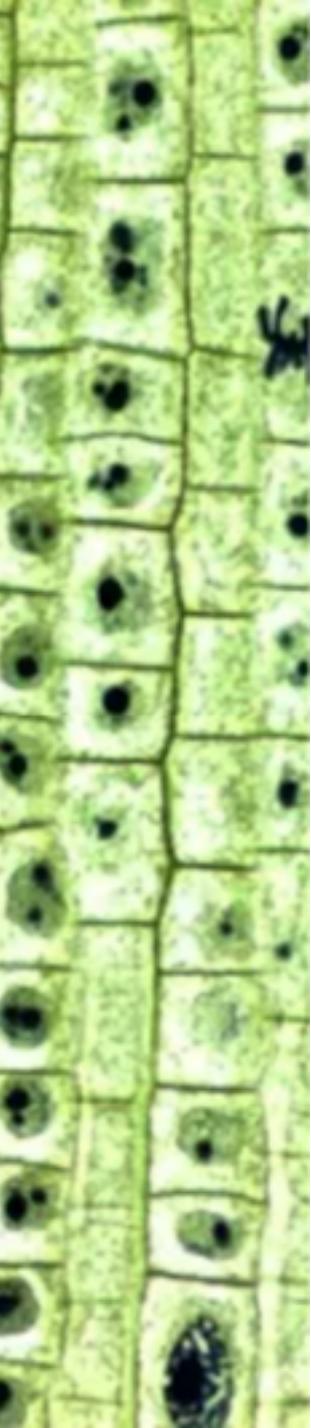
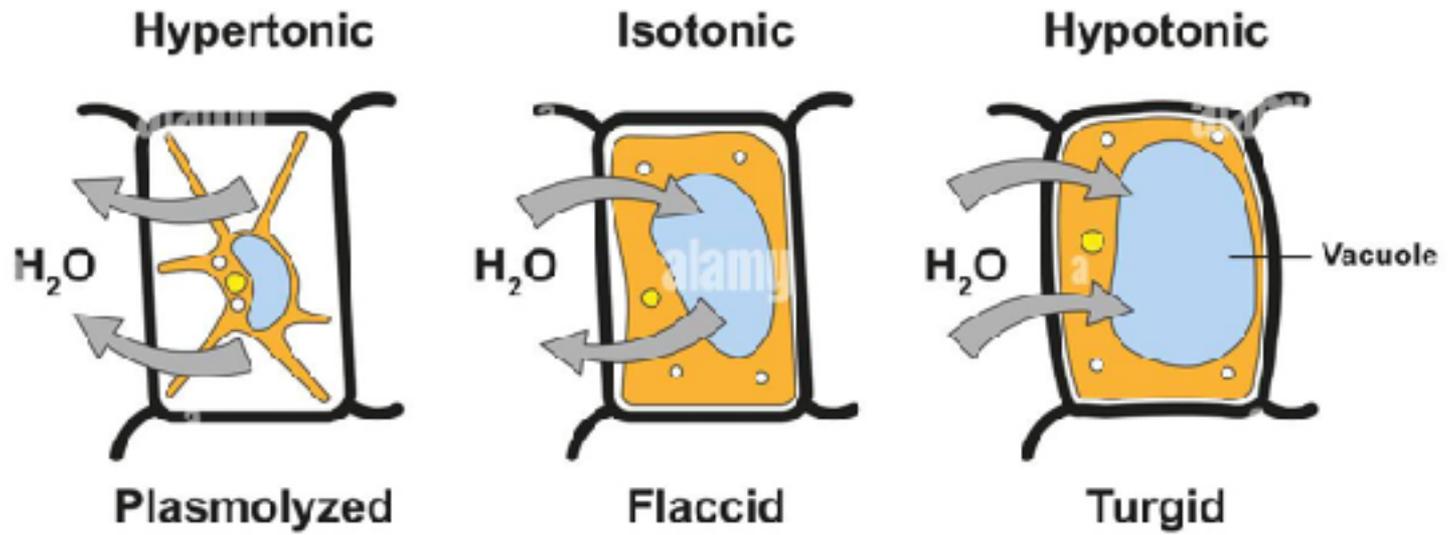


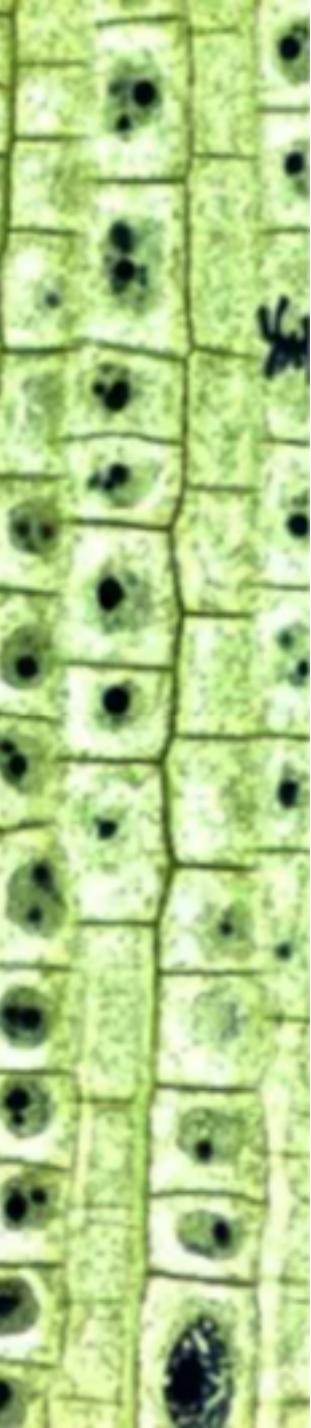
Fig. 13.1 • Rappresentazione schematica delle due modalità attraverso le quali si accrescono le cellule vegetali: A, accrescimento per divisione; B, accrescimento per distensione.



Se i vacuoli perdono acqua la pressione di turgore diminuisce e nei tessuti vegetali si verifica la **plasmolisi**.

Se la parete non è in grado di opporsi alla spinta dell'acqua si verifica invece la **lisi cellulare**.

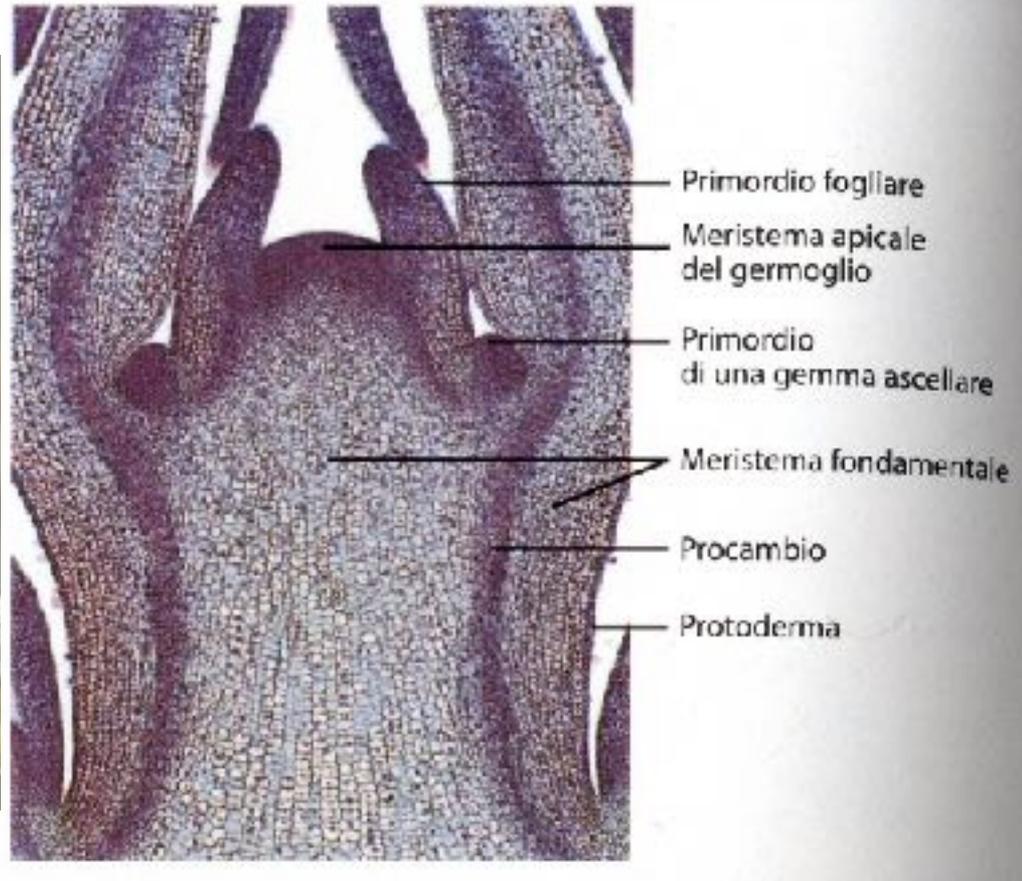
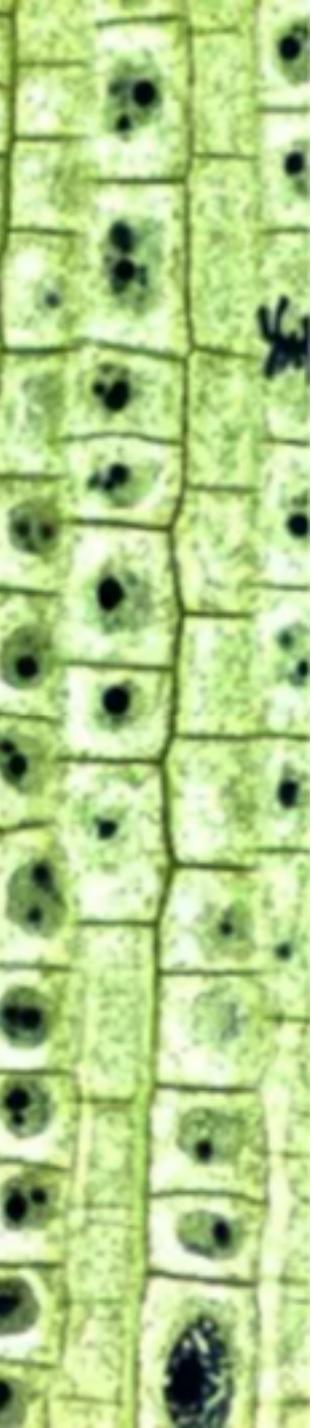


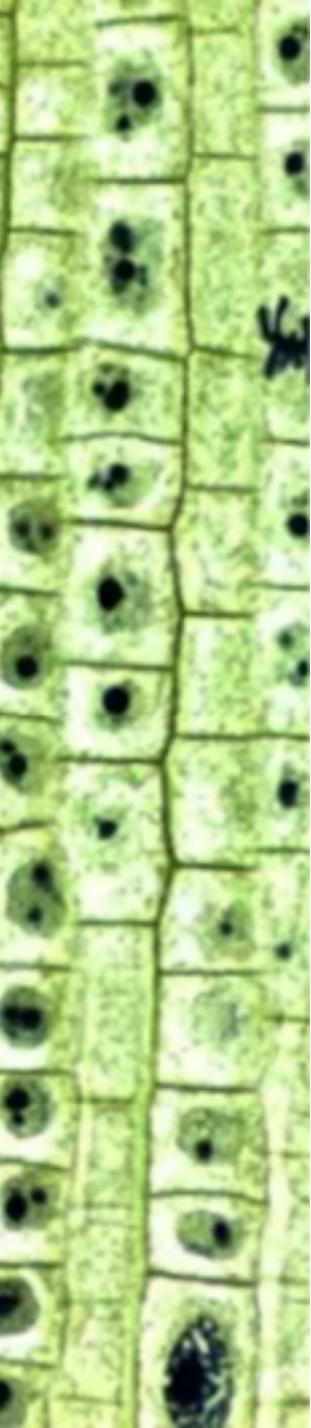


Parete cellulare: vantaggi - costrizioni:

- Il movimento autonomo è impossibile.
- È impossibile la fagocitosi.
- La divisione cellulare deve prevedere la costruzione di una nuova parete tra le due cellule figlie (ma vi sono eccezioni!).
- La formazione di gameti o spore richiede la rottura della parete della cellula-madre da cui le cellule figlie derivano.
- Se la parete viene eliminata artificialmente, la cellula è in grado di ricostruirla in tempi rapidi.

Come inizia a formarsi la parete di una cellula vegetale?
Siamo all'interno di tessuti in attiva divisione in particolari tessuti del corpo di una pianta: i **MERISTEMI**.





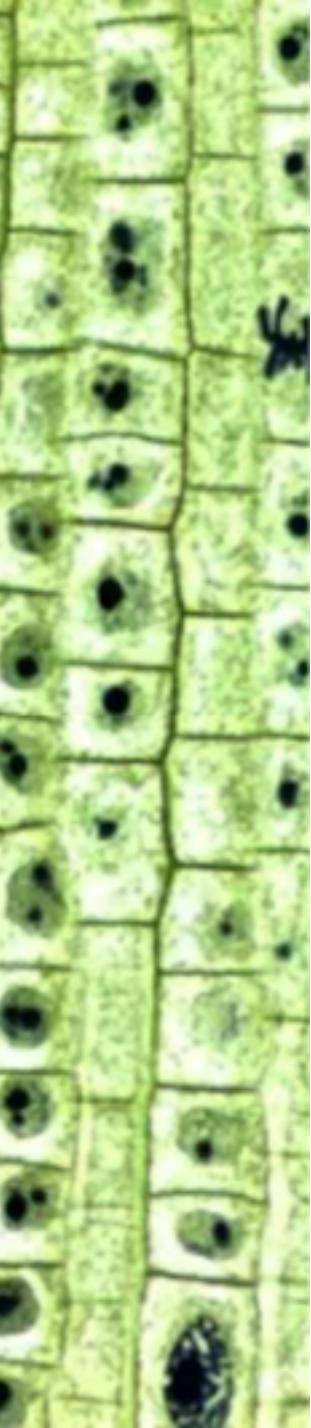
I **meristemi** sono tessuti vegetali in cui le cellule hanno la capacità di dividersi per mitosi.

Tale capacità o viene mantenuta sin dall'origine, o viene ri-acquisita dopo il differenziamento.

Ogni cellula meristemica deriva da un'altra cellula meristemica. I meristemi potrebbero essere definiti aggregati di cellule staminali, ovvero totipotenti, vegetali.

Sulla base della loro origine distinguiamo

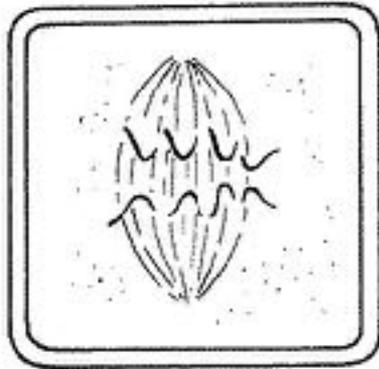
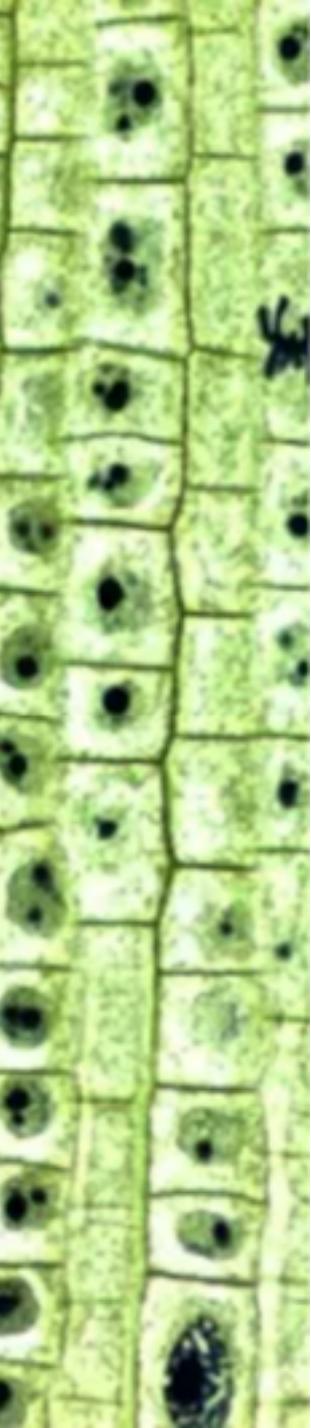
- meristemi primari (che derivano dall'embrione)
- meristemi secondari (che derivano da cellule adulte già differenziate che, in un secondo tempo, riacquistano la capacità di dividersi).



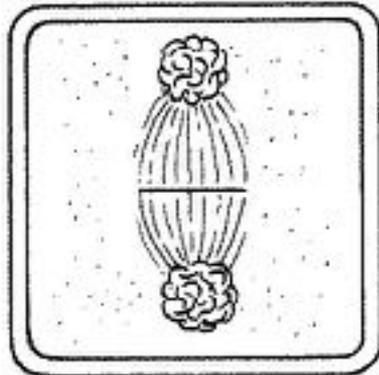
Nelle piante i meristemi primari sono quello apicali (del germoglio) e quello radicale.

I meristemi secondari sono i cambi suberofellodermico e quello vascolare (ma ci torneremo...).

Le cellule meristematiche non hanno mai una parete secondaria, ma solo un parete primaria, relativamente sottile ed elastica.

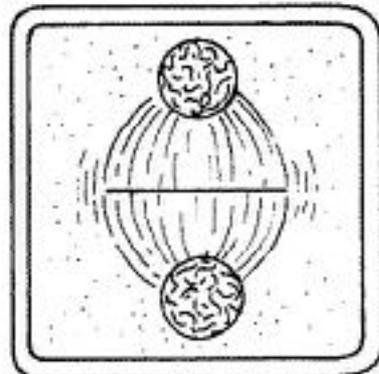


Cellula in mitosi (anafase). I cromosomi migrano ai due opposti poli della cellula lungo il fuso mitotico.

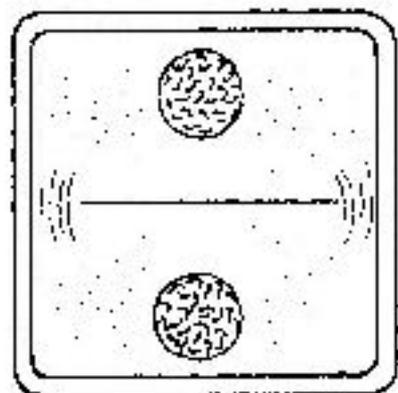
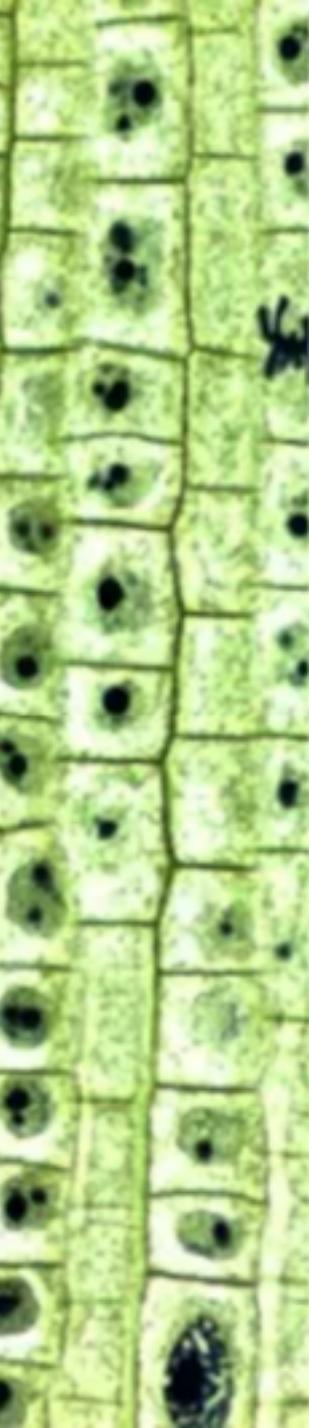


Nella zona equatoriale comincia a formarsi la piastra cellulare a metà del fuso che assume la funzione di fragmoplasto.

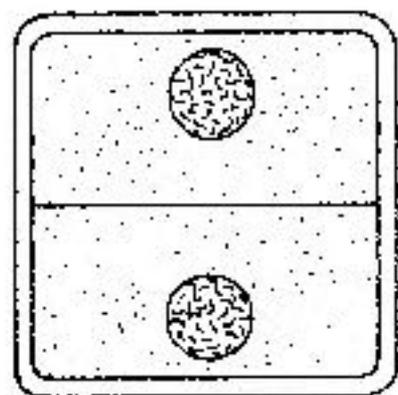
PS: Il **fragmoplasto** è una formazione tipica delle cellule vegetali che si origina dall'allineamento dei filamenti citoscheletrici perpendicolari alla piastra cellulare che si va formando lungo la linea mediana di una cellula che si sta dividendo.



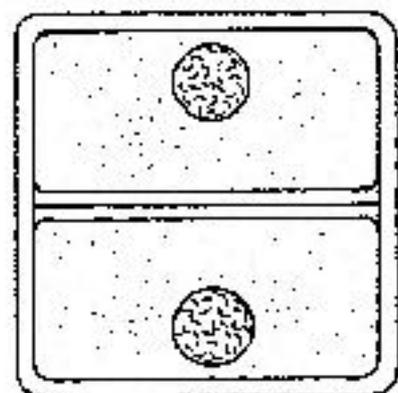
Man mano che la costruzione della piastra cellulare procede verso la periferia il fragmoplasto si allarga. Le fibrille centrali tendono a sparire mentre nuove fibrille si formano ai lati.



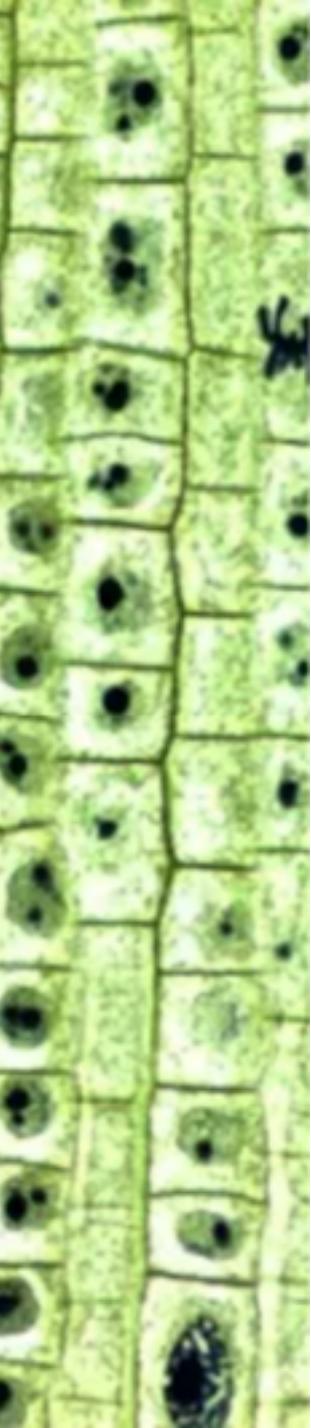
La piastra cellulare è quasi completa. Nella zona centrale della cellula il fragmoplasto è scomparso.



Il setto di separazione tra le due cellule (lamella mediana) è completo. Il fragmoplasto è scomparso del tutto.

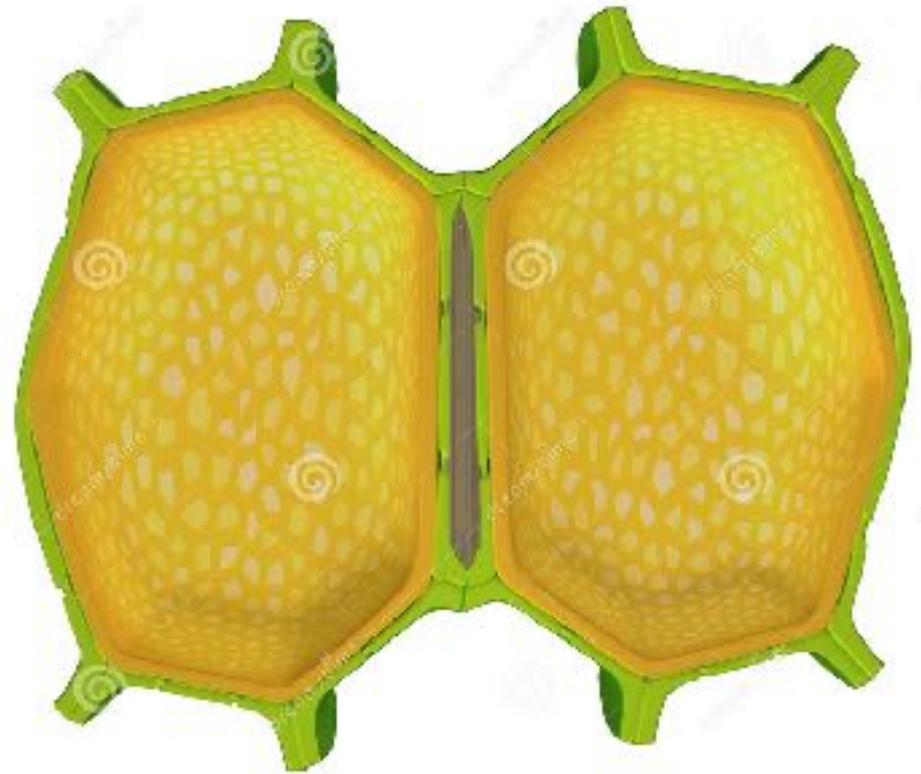


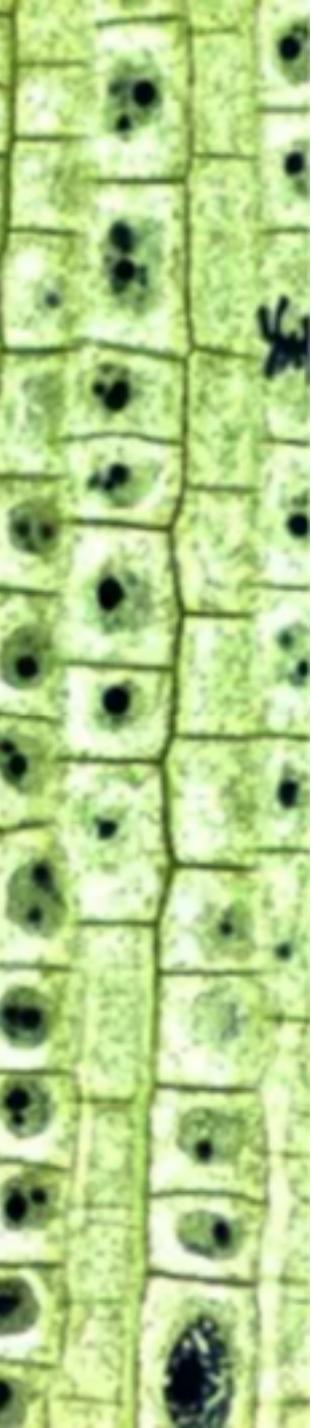
Ciascuna delle due cellule figlie costruisce la sua propria parete a ridosso della lamella mediana.



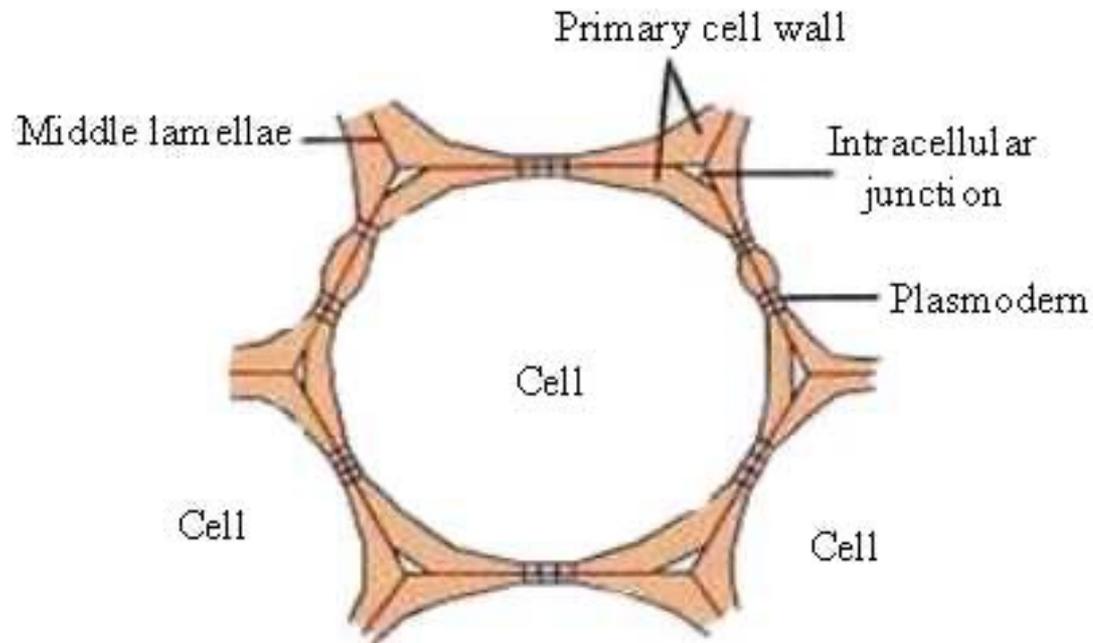
Una volta formata la lamella mediana, ciascuna cellula inizia a depositare la propria parete, e contemporaneamente (se non si tratta di una cellula meristemica che deve mantenere la capacità di dividersi), ad accrescersi in dimensione.

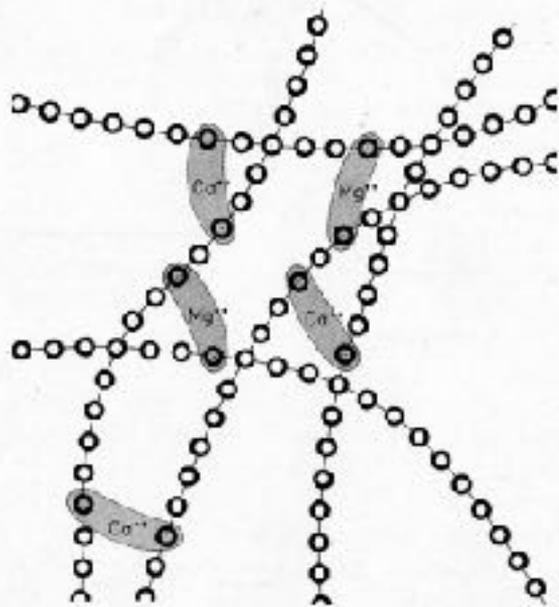
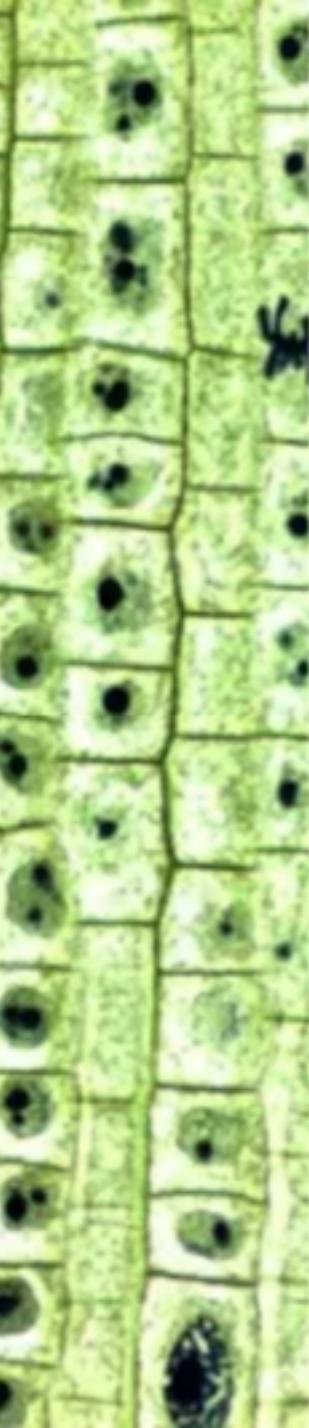
Formazione della parete ed accrescimento, vanno di pari passo, per cui la **parete primaria** mantiene sempre lo stesso spessore, che è piuttosto esiguo.





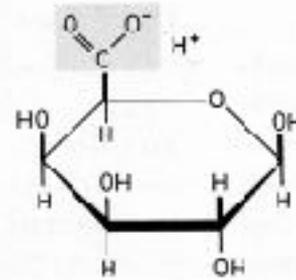
La **LAMELLA MEDIANA** (comune tra 2 cellule contigue) è costituita da **SOSTANZE PECTICHE** e **PROTEINE**, sia strutturali che con funzione enzimatica.
La lamella mediana non presenta **CELLULOSA**.



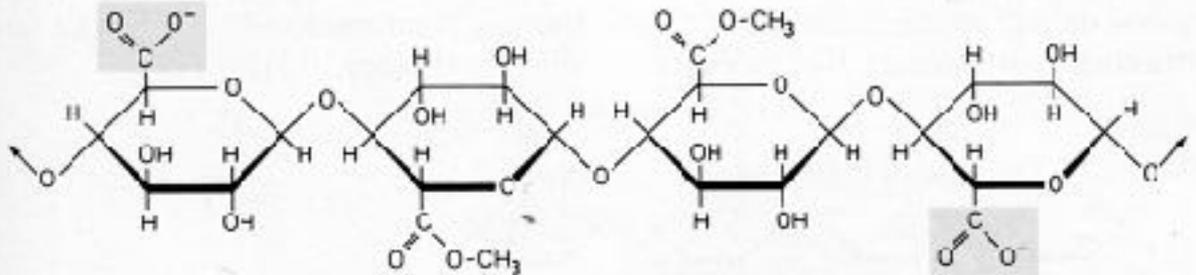


Formazione di un reticolo di catene di acido poligelatturonico mediante legami ionici nella pectina.

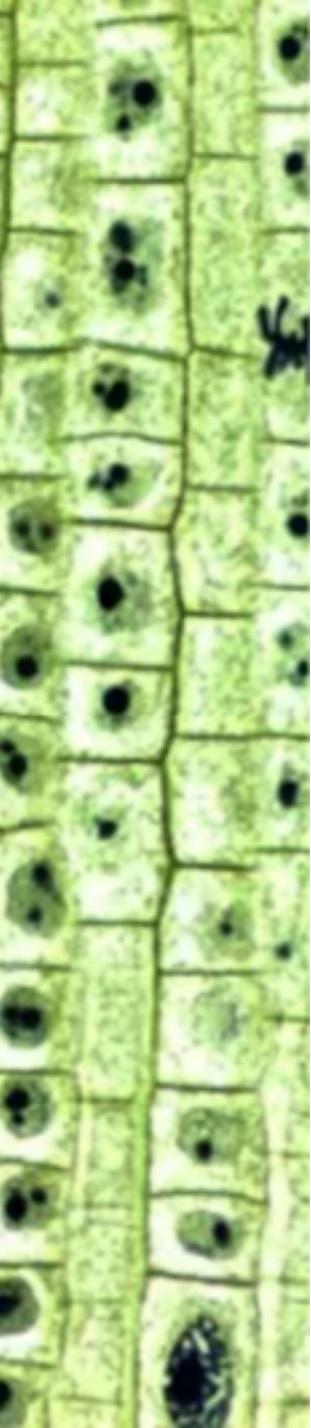
La **lamella mediana** è particolarmente ricca di **pectine** (eteropolisaccaridi, carboidrati indigeribili), che hanno la funzione di “incollare” tra di loro le cellule.



Acido D-galatturonico



Acido pectico (frammento)



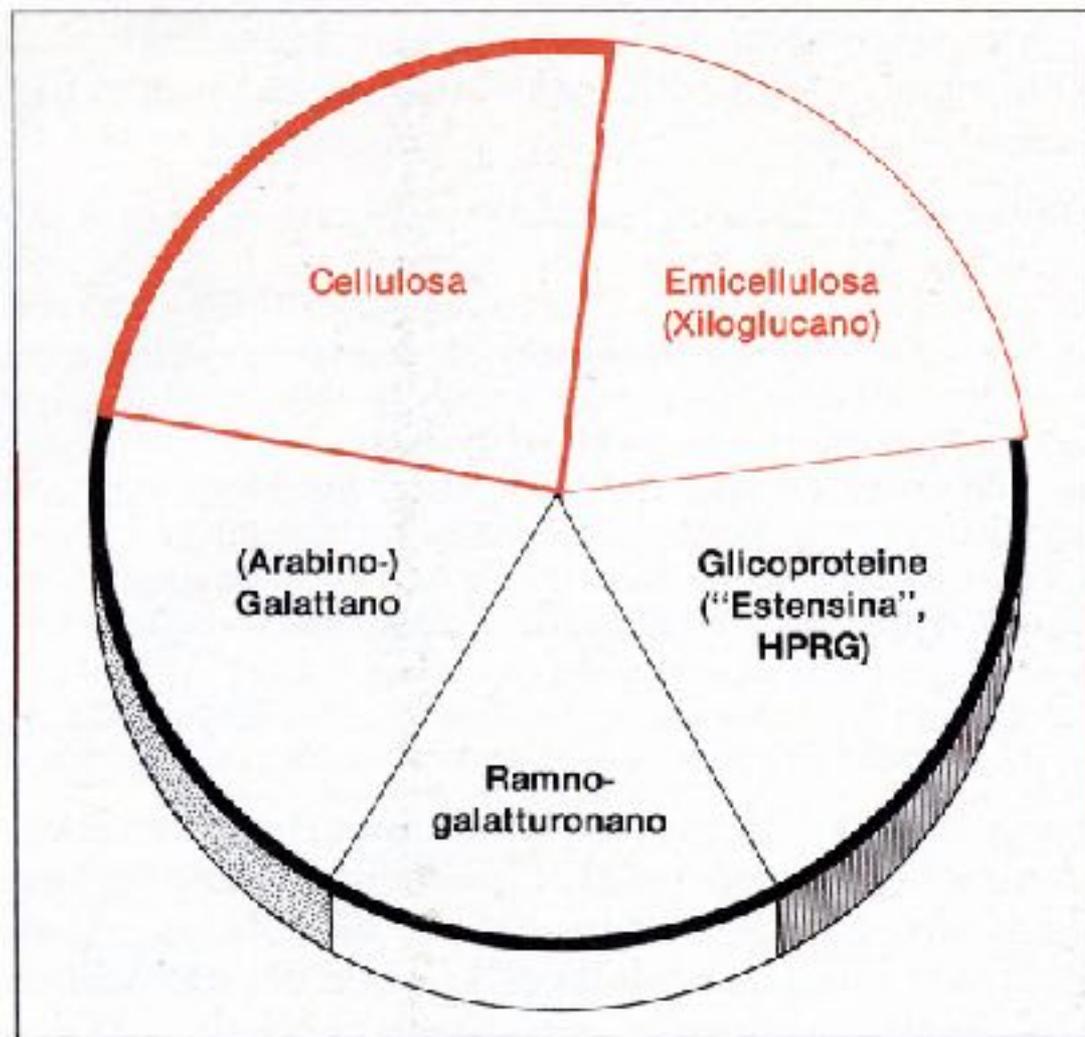
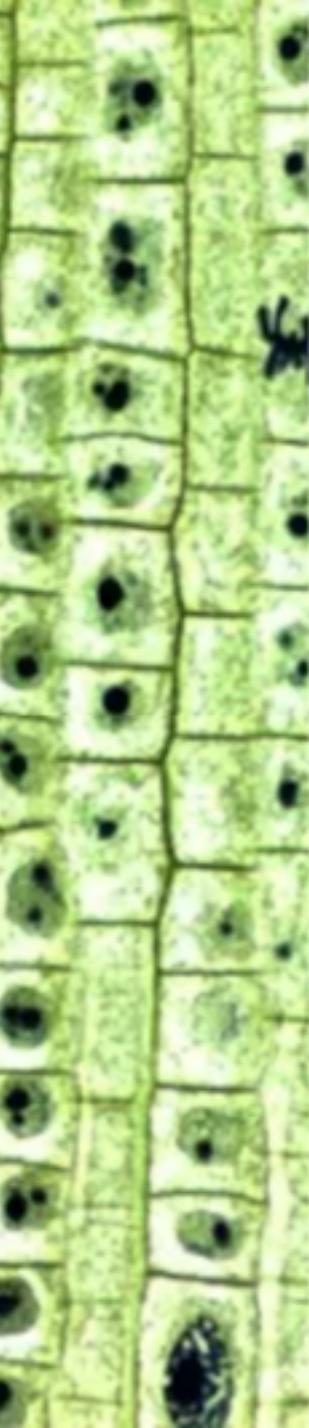
PARETE PRIMARIA

Consente accrescimento embrionale e per distensione. Si forma a ridosso della lamella mediana, in senso centripeto rispetto al protoplasto.

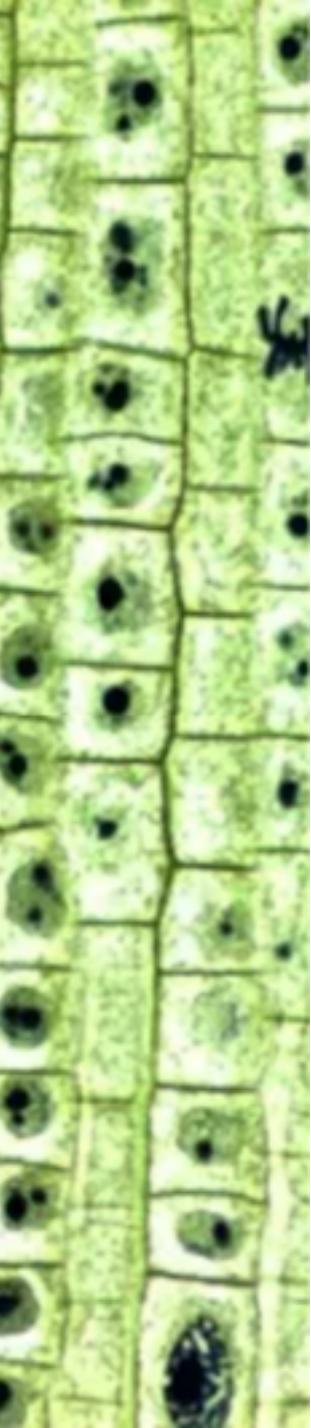
É costituita da

MATERIALE FIBRILLARE: **cellulosa** nelle piante superiori, **chitina** nei funghi.

MATRICE: H₂O (70% del peso fresco), **emicellulose**, **sostanze pectiche**, **proteine** e **lipidi** (che riempiono gli interstizi del materiale fibrillare).



Composizione (sostanza secca) della parete cellulare primaria di una coltura cellulare di *Acer pseudoplatanus*. Lo xiloglucano dell'emicellulosa è pari alle fibrille strutturali della cellulosa. Arabinogalattani e ramnagalatturonani costituiscono le pectine. HPRG = Glicoproteine ricche di idrossiprolina. (Da dati di P. Albersheim e collab.).



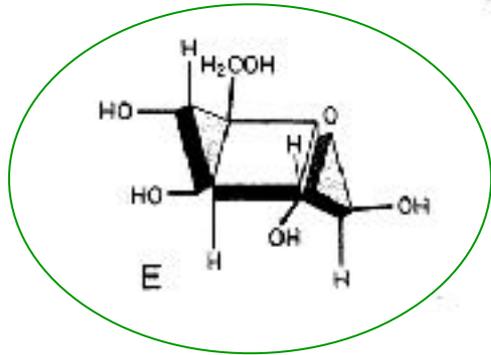
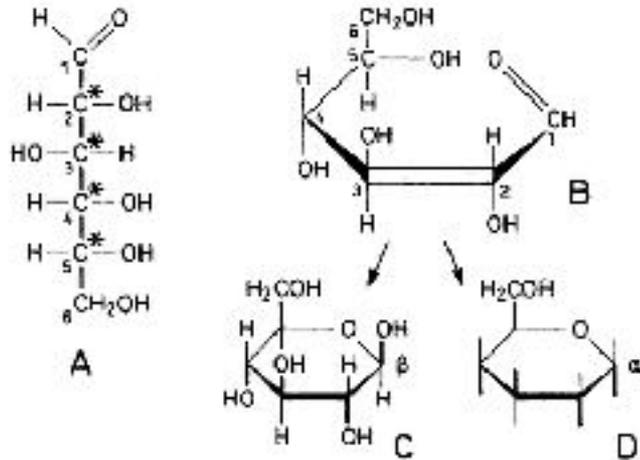
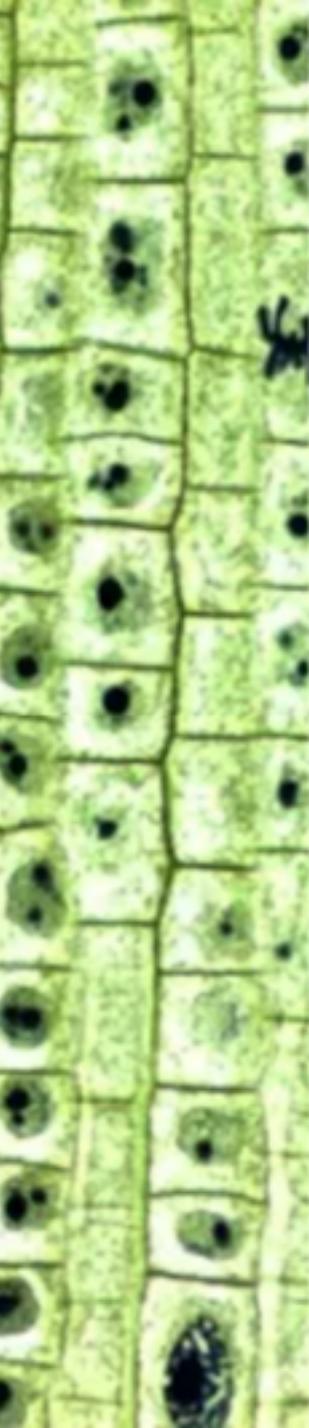
La **parete primaria** è formata da molti costituenti diversi, che sono sovente specie-specifici.

I composti più importanti sono

- **polimeri di carboidrati** (polisaccaridi detti **glicani**, che ne costituiscono circa il 90% in peso)
- **cellulosa**, che però rappresenta solo una frazione, non necessariamente la più importante, in termini di massa.

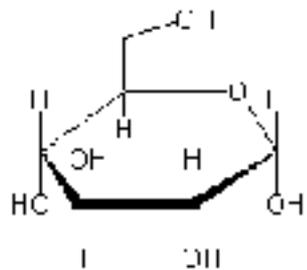
Polisaccaridi di parete e loro NOMENCLATURA:

- GLICANO è il termine generale
- GLUCANO indica polimeri del glucosio
- XILANO indica polimeri dello xilosio
- GALATTANO indica polimeri del galattosio
- la cellulosa è un GLUCANO (ma anche un GLICANO)
- i glucurono-arabino-xilani sono GLICANI

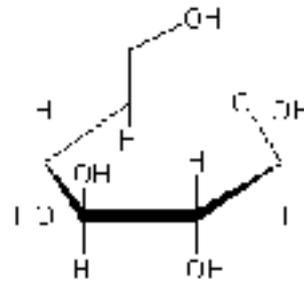


Formule di struttura dei monosaccaridi: **A-E**, esempio D-glucosio (Glc). **A**, formula di proiezione di un aldososio, gli atomi di carbonio in posizione 2-5 sono sostituiti asimmetricamente (formano legami con 4 diversi partners) e sono indicati con l'asterisco *; posizioni alternative dell'idrossile in C₂-C₅ darebbero luogo ad altri zuccheri (p. es. in C₂: D-mannosio; in C₄: D-galattosio); se il gruppo OH fosse situato alla sinistra di C₅, si avrebbe L-glucosio. **B**, a causa dell'ampiezza dell'angolo di legame con gli atomi di C (circa 110°) e della libertà di movimento dei legami semplici, i gruppi aldeidici (C₁) e l'idrossile in C₅ possono avvicinarsi e formare un semiacetale intramolecolare (**C**, **D**). Quindi anche C₁ diventa asimmetrico così che, a seconda della posizione dell'idrossile, si possono distinguere α -D-glucosio (**C**) ed β -D-glucosio (il primo è per esempio il monomero dei polisaccaridi di struttura cellulare, il secondo il monomero dei polisaccaridi di riserva amido e glicogeno). La rappresentazione del Glc come anello a 6 segmenti (**B-D**: «forme piranosiche») è realizzata in prospettiva, l'anello è obliquo rispetto all'osservatore, come un libro posato su un tavolo. A causa dell'angolo di legame gli anelli piranosici non possono essere veramente piatti; una rappresentazione più realistica viene data in **E** (forma a «poltrona»). In questa conformazione — la più frequente — il C₅ e i gruppi OH dei restanti atomi di C sono quasi sullo stesso «livello» dell'anello (equatoriale); l'ostacolo reciproco di questi gruppi è quindi minimo, l'entropia massima, la molecola organica in questa forma è particolarmente stabile; β -D-Glc in forma a «poltrona» è la molecola organica più frequente sulla terra.

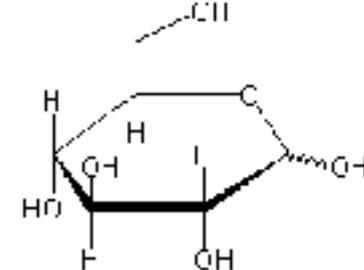
Esosi (glucosio, fruttosio, lattosio)



α -D-glucopiranosio



β -D-glucopiranosio



Generico anomero