

La BIOLOGIA CELLULARE VEGETALE

Il termine cellula nasce in ambito vegetale ed è stato solo successivamente esteso agli altri organismi. Fu un fisico inglese del XVII secolo, Robert Hooke, che nel 1665, osservando una sottile scheggia di sughero con un nuovo modello di microscopio di sua invenzione, si accorse che essa appariva composta da tante piccole celle (cellulae, in latino) affiancate, delimitate da una parete sottile e resistente.

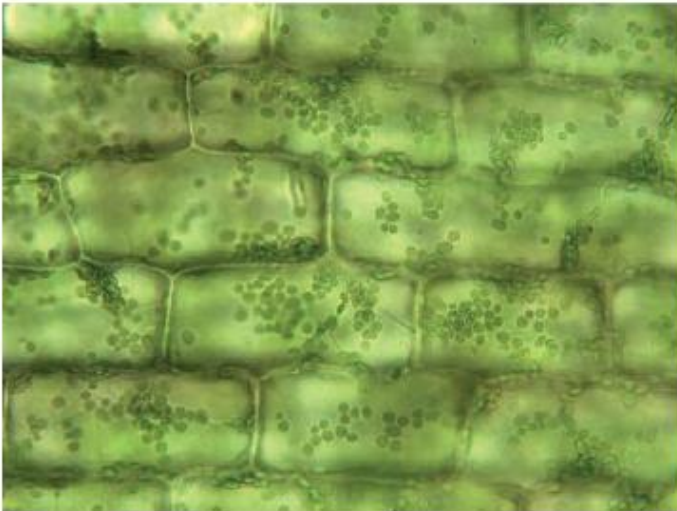


Figura 1.1

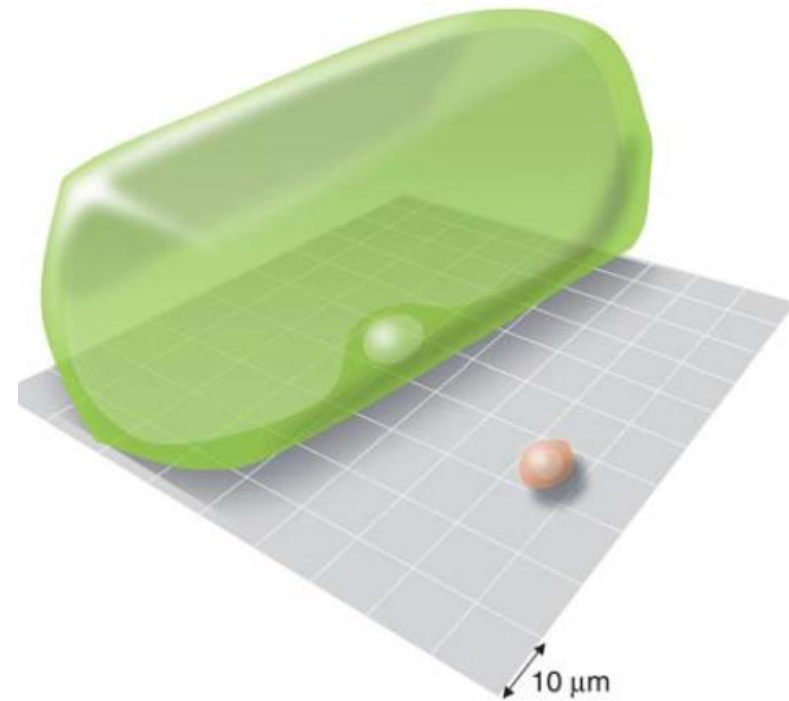
La cellula vegetale. La fotografia mostra un'immagine in microscopia ottica della foglia di *Elodea densa*. Si distinguono bene i confini delle cellule epidermiche, di forma rettangolare, che in questa pianta acquatica svolgono la fotosintesi, come risulta evidente dall'abbondanza di cloroplasti tondeggianti (osservazione di A. Genre).

Le cellule sono i mattoni con cui sono costruiti gli organismi viventi. Osservando al microscopio un'epidermide o un tessuto parenchimatico clorofilliano sembrerebbe proprio così, in realtà le cellule non sono dei mattoni ma entità altamente dinamiche, così come lo sono le loro pareti, e rispondono continuamente a stimoli endogeni ed ambientali, sia biotici (causati da altri organismi viventi) che abiotici (dovuti alla variazione di parametri fisico-chimici).

DINAMICITA' DELLA CELLULA VEGETALE

Una tipica cellula animale ha mediamente un diametro di circa $10\ \mu\text{m}$ (con estremi compresi tra 4 e $150\ \mu\text{m}$). Un valore medio per la dimensione maggiore di una cellula vegetale differenziata si può stimare attorno a $100\ \mu\text{m}$, con una variabilità compresa tra i $10\ \mu\text{m}$ delle cellule più piccole (meristematiche ed embrionali) e granuli pollinici e i diversi centimetri delle cellule dei fasci vascolari. L'origine di questa differenza va fatta risalire proprio ai diversi modelli di sviluppo e differenziamento che caratterizzano animali e vegetali.

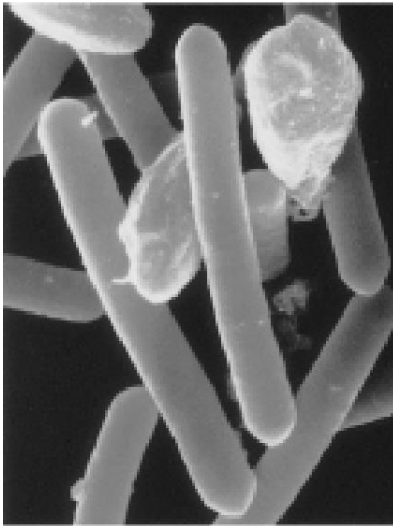
In un animale l'aumento di dimensioni di un organo si accompagna prevalentemente alla proliferazione cellulare, mentre in una pianta questo fenomeno è associato, e in larga misura sovrastato, dall'accrescimento delle singole cellule che lo compongono



PARETE CELLULARE

IN QUALI ORGANISMI È PRESENTE LA PARETE CELLULARE?

Clostridium botulinum



Quasi tutti i procarioti

Amanita muscaria



Tutti i funghi

Macrocystis pyrifera



Numerosi protisti

Cactus barile



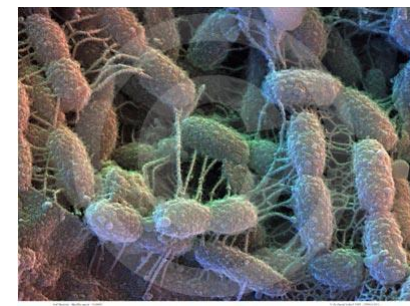
Tutte le piante

Nei diversi organismi la parete cellulare varia in composizione chimica e struttura

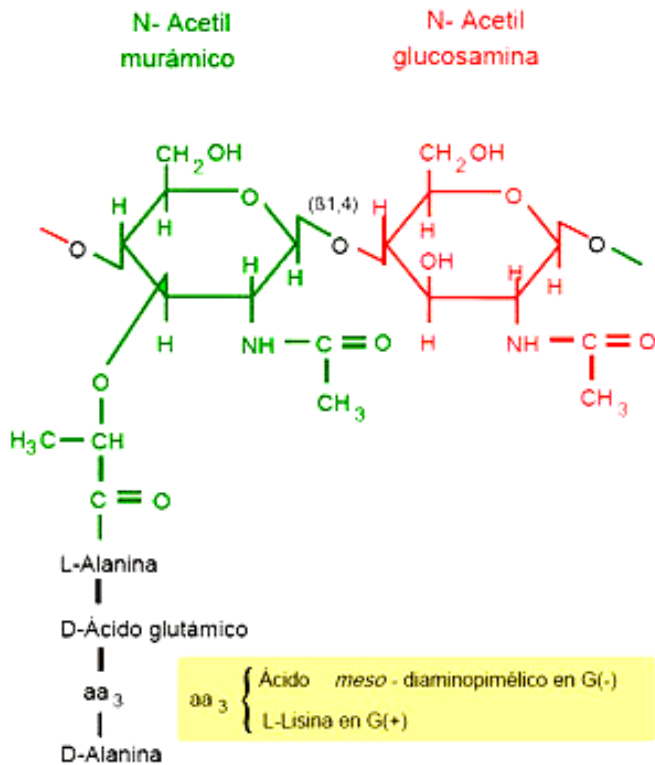
Compartimento con la sola funzione di contenere il protoplasto?

La parete cellulare è considerata un compartimento metabolicamente attivo, indispensabile nella conduzione di acqua e soluti, nelle comunicazioni cellula-cellula, nel riconoscimento self (cellule della stessa pianta) e non-self (cellule di patogeni, come funghi e batteri, ma anche di altre piante, come ad esempio il granulo pollinico), nel controllo della forma della cellula (e quindi anche del tessuto, dell'organo e in ultima analisi della pianta) e, in alcuni casi, anche usata come deposito di sostanze di riserva.

PARETE CELLULARE DEI PROCARIOTI



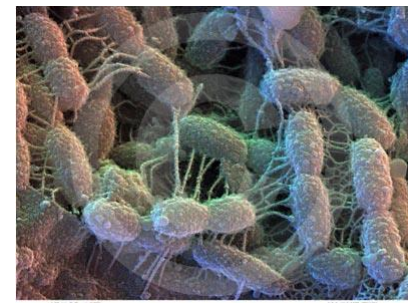
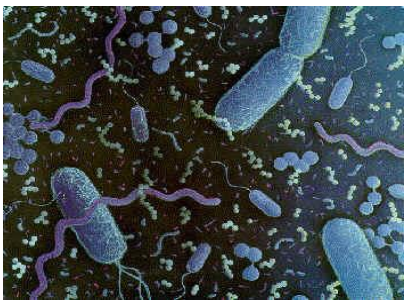
Il **PEPTIDOGLICANO** (=mureina) è la sostanza universalmente presente nella parete cellulare degli **eubatteri**



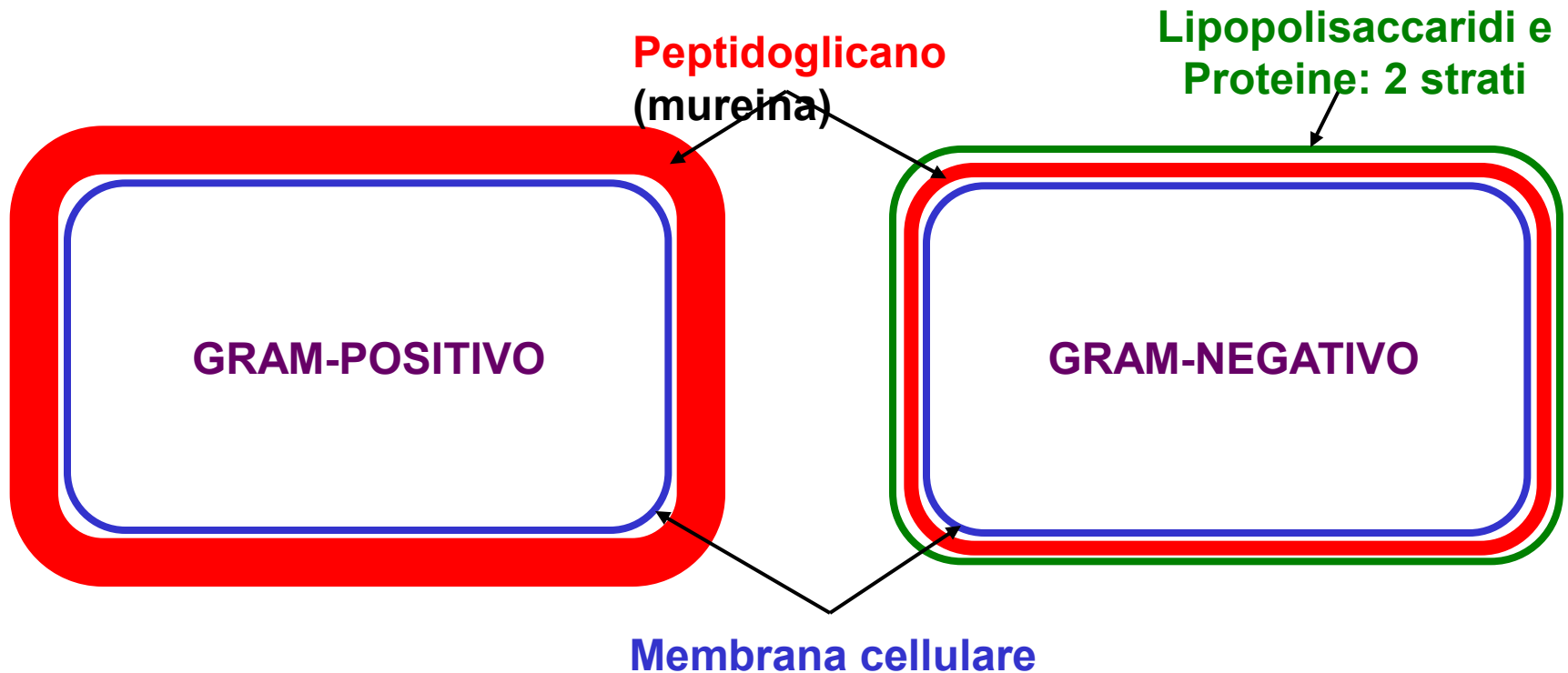
Il **PEPTIDOGLICANO** è un **glicopeptide** formato da:

- **N-acetilglucosamina**
- **acido N-acilmuramico**
- **catena peptidica**

PARETE CELLULARE DEI PROCARIOTI



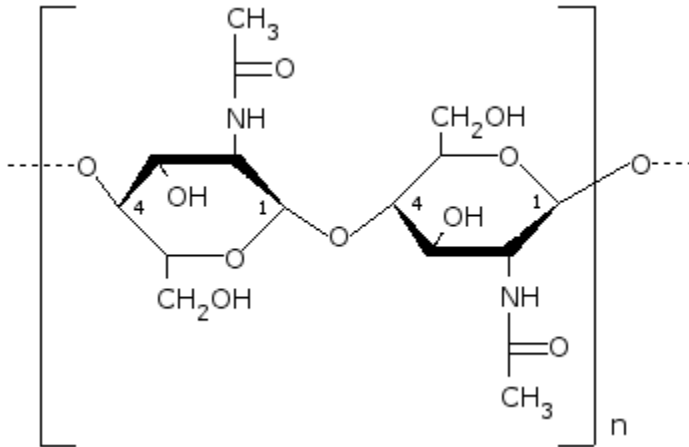
- **GRAM-POSITIVI:** reazione positiva con il colorante di Gram (Violetto di Genziana = Cristal Violetto)
- **GRAM-NEGATIVI:** la parete è più sottile ma più complessa formata da 4 strati. reazione negativa con il colorante di Gram (cianobatteri)



PARETE CELLULARE DEI FUNGHI



La parete cellulare dei funghi è composta soprattutto da CHITINA



La chitina è un polisaccaride costituito da residui di N-ACETILGLUCOSAMMINA

La chitina si ritrova anche nell'esoscheletro degli artropodi

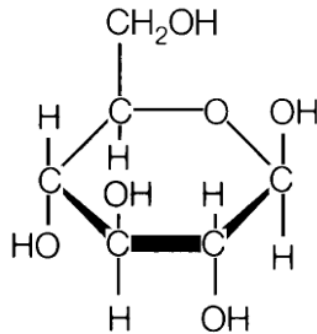


PARETE CELLULARE DELLE PIANTE

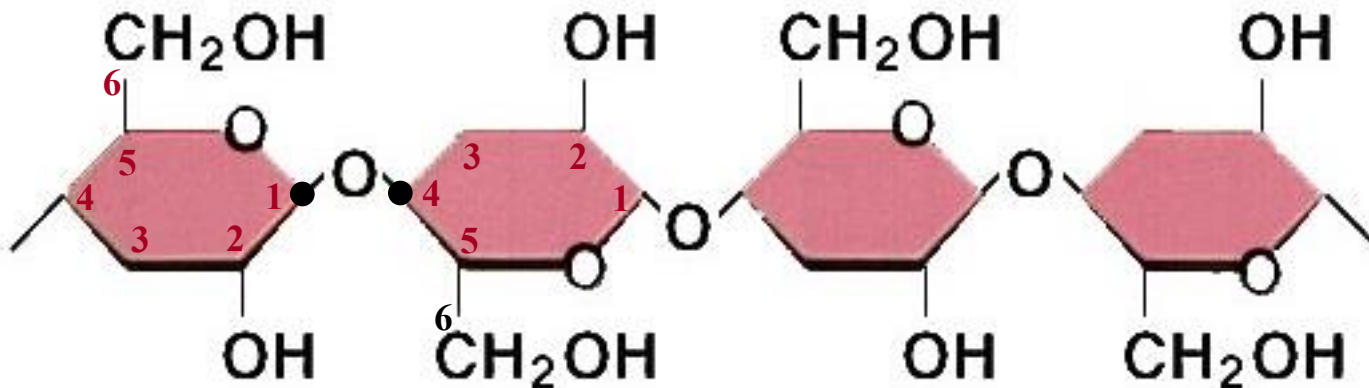


La parete cellulare vegetale è caratterizzata dalla presenza di **CELLULOSA** (la molecola organica più abbondante sulla Terra!)

β -D-GLUCOSIO



È un **POLIMERO LINEARE** formato da residui di **β -D-GLUCOSIO**



CELLULOSA:
 β -(1 \rightarrow 4)-D-glucano

PARETE CELLULARE DELLE ALGHE



Microalghe

La parete cellulare può mancare o essere sostituita da diversi involucri.

L'apparato di Golgi contribuisce alla formazione della parete. Molte microalghe possiedono un involucro (periplasto) interno al plasmalemma. Talvolta il periplasto può essere silicizzato.



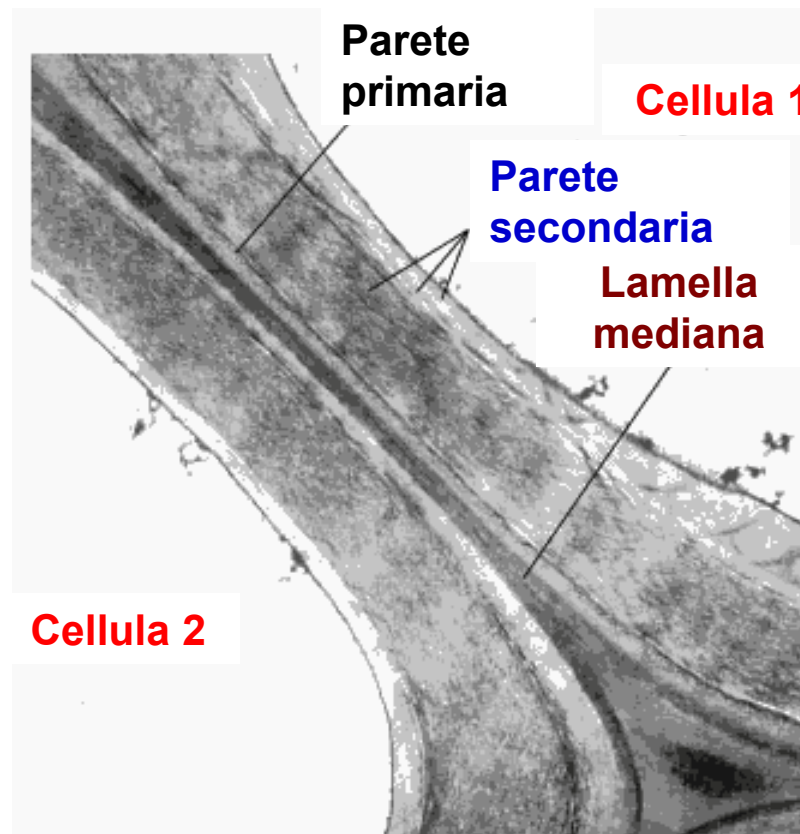
Macroalghe

Possiedono la parete cellulare composta da polisaccaridi. Come nelle piante è composta da una componente fibrillare immersa in una matrice amorfa. Talvolta la parete può essere impregnata di carbonato di calcio

STRATI DELLA PARETE VEGETALE



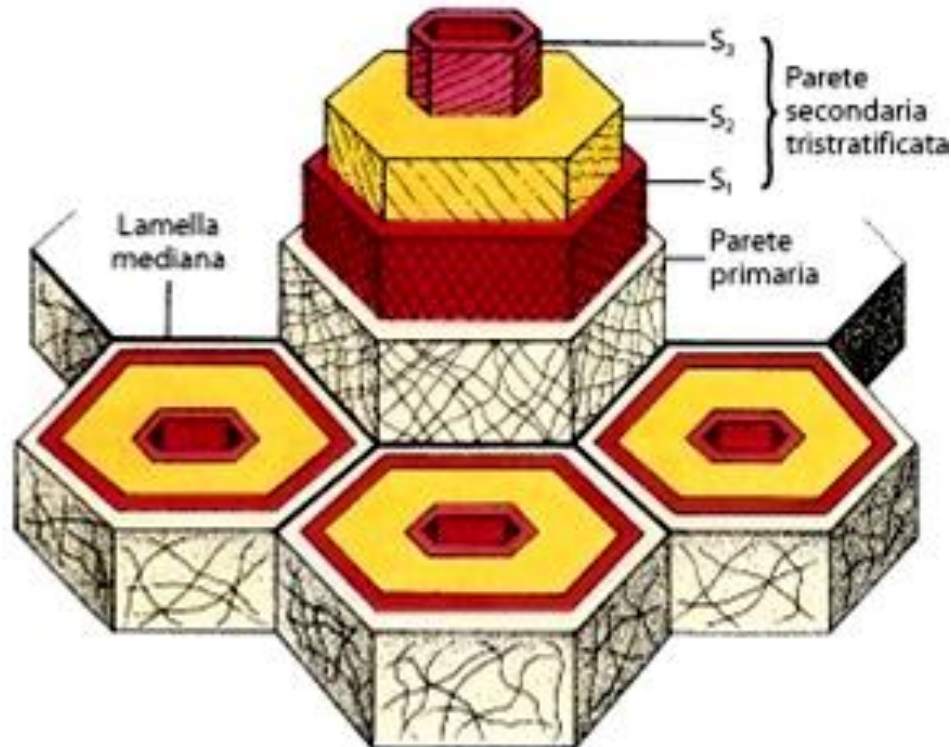
Nella parete cellulare vegetale si possono riconoscere 3 strati:



STRATI DELLA PARETE VEGETALE



La parete secondaria può essere ulteriormente suddivisa in 3 strati (S₁, S₂ ed S₃)



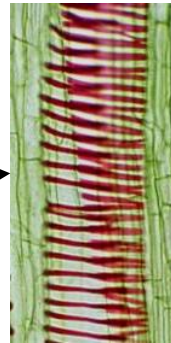
STRATI DELLA PARETE VEGETALE



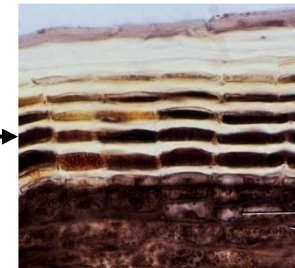
- Lamella mediana
- Parete primaria

In tutte le cellule

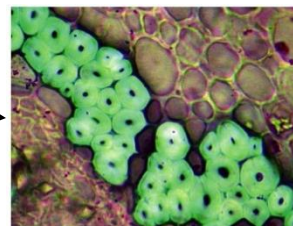
- Parete secondaria



Xilema



Sughero



Sclerenchima

Parete primaria

- Depositata da cellule in accrescimento
- Sostanze pectiche 35%, emicellulose 25%, cellulosa 25%, proteine 1-8%
- Spessore da 0,1 a 1 μm

Parete secondaria

- viene depositata tra la parete primaria e la membrana plasmatica
- viene depositata dopo che l'espansione cellulare è completa
- e spesso costituita da strati distinti S1, S2 e S3
- ha funzione di supporto
- Può contenere un'elevata proporzione di cellulosa e lignina
- Può contenere suberina, cutina e cere

PARETE CELLULARE VEGETALE:

composizione chimica
e architettura

COMPOSIZIONE

La parete cellulare delle piante è costituita principalmente da **POLISACCARIDI**:

- **cellulosa**
- **emicellulose**
- **pectine**

Contiene anche **PROTEINE**:

- alcune con **funzione strutturale**
- altre con **funzione enzimatica**

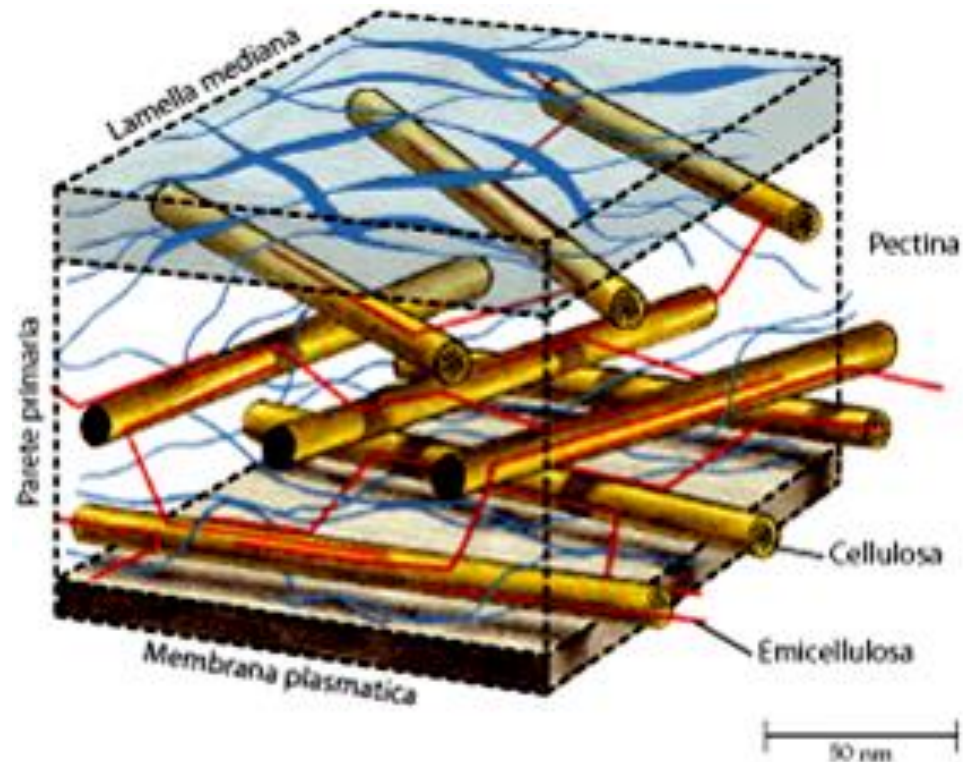
ARCHITETTURA

FASE MICROFIBRILLARE

- cellulosa

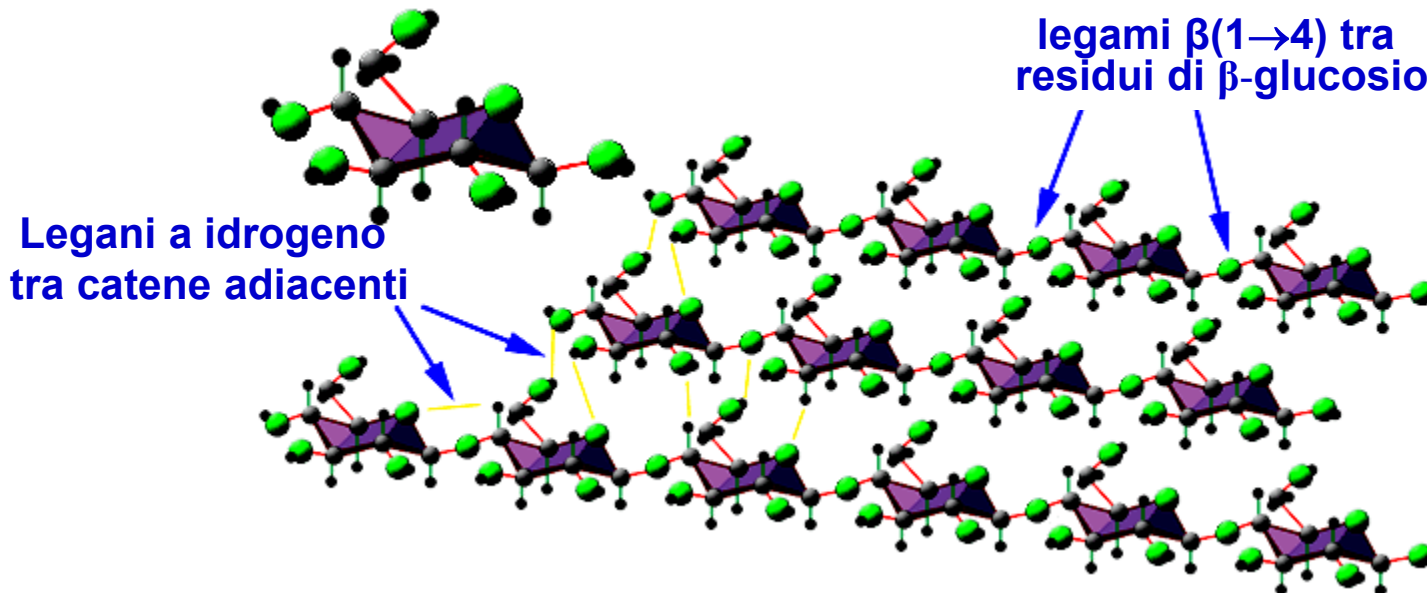
FASE DI MATRICE (amorfa)

- Emicellulose
- Pectine
- H₂O
- Proteine
- Composti fenolici

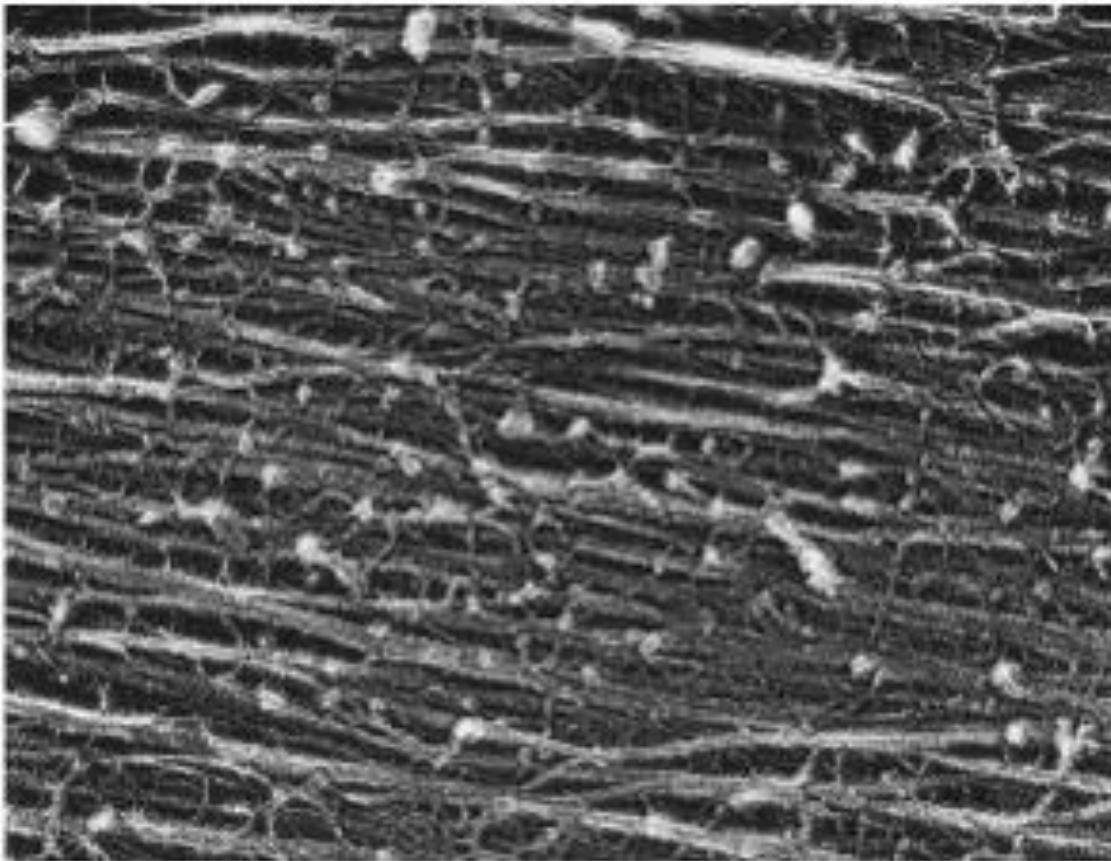


Fase microfibrillare: **LA CELLULOSA**

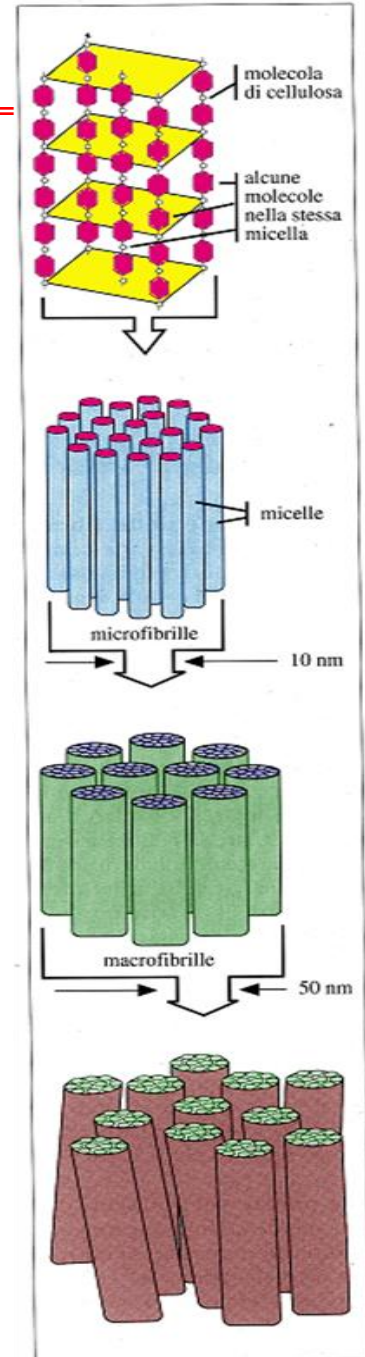
Tra molecole adiacenti di cellulosa possono formarsi legami a idrogeno e quindi legare molecole di acqua



Fase microfibrillare: **LA CELLULOSA**



200 nm



Nelle pareti primarie le microfibrille di cellulosa sono immerse in una matrice, ricca di acqua, costituita da polisaccaridi appartenenti ai gruppi delle emicellulose e delle pectine.

I polisaccaridi prendono il nome dallo/dagli zucchero/i principale/i che contengono.

glicano è il termine generale che indica un polimero di un qualsiasi zucchero, un **glucano** è un polimero del glucosio, uno **xilano** dello xilosio, un **galattano** del galattosio.....

Fase matriciale: **PECTINE ed EMICELLULOSE**

La classificazione dei POLISACCARIDI MATRICIALI è basata sulle MODALITÀ DI ESTRAZIONE (non è una classificazione chimica!):

Estratti con:

- Agenti chelanti dello ione Ca^{2+}
- Soluzione acida calda



PECTINE

Sono i polisaccaridi più complessi, ricchi in acido galatturonico e conferiscono plasticità alla parete

Estratti con:

- Soluzione alcalina (2-4M NaOH)

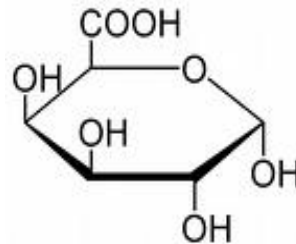


EMICELLULOSE

Fanno collegamenti crociati tra le fibrille di cellulosa e conferiscono la forza portante della parete

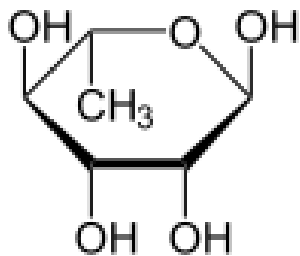
Fase matriciale: PECTINE

Principali zuccheri costituenti le pectine

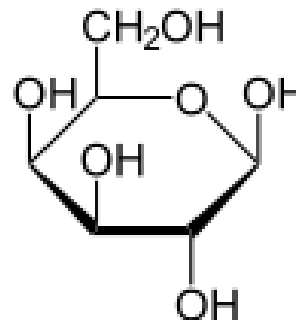


acido galatturonico

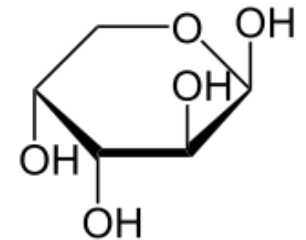
(zucchero acido perché contiene un gruppo carbossilico)



ramnosio



galattosio



arabinosio

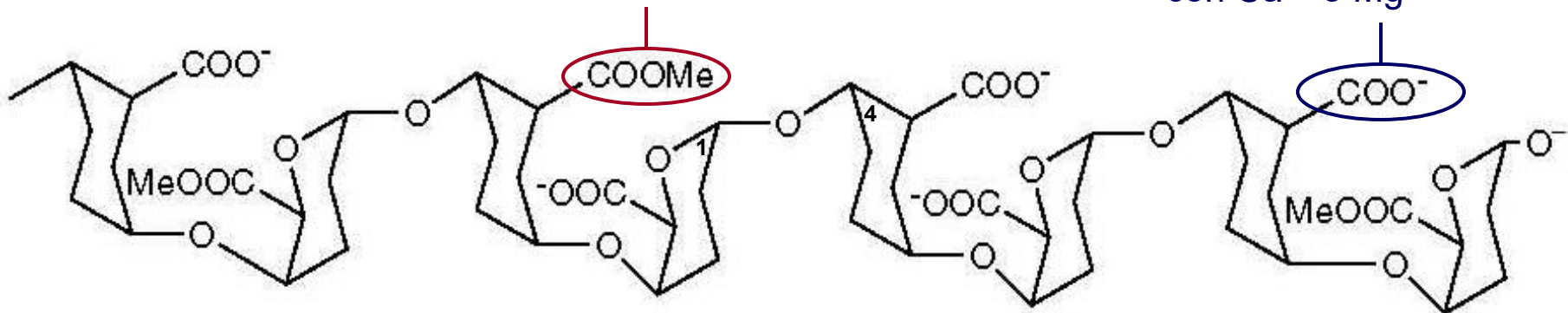
(zuccheri neutri)

Fase matriciale: PECTINE

OMOGALATTURONANO (= acido poligalatturonico)

Alcuni gruppi COO^-
sono metilati

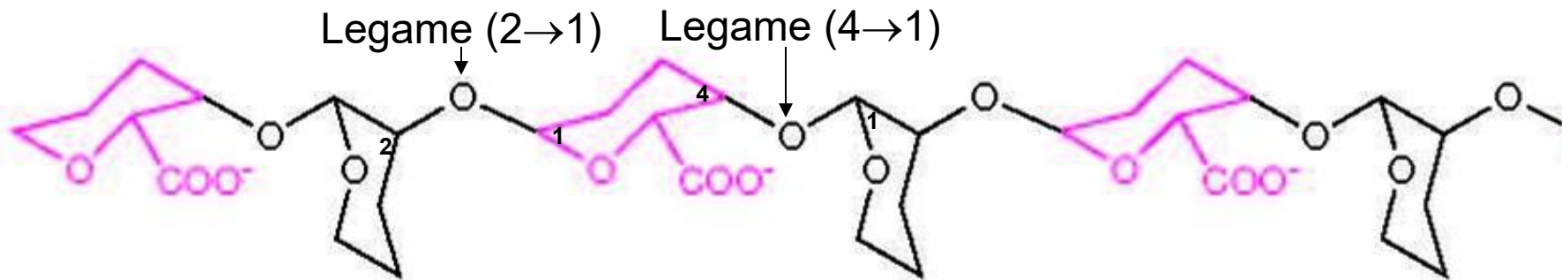
I gruppi COO^- demetilati
possono complessarsi
con Ca^{++} o Mg^{++}



Catena lineare di acido galatturonico con legami $\alpha(1 \rightarrow 4)$

Fase matriciale: PECTINE

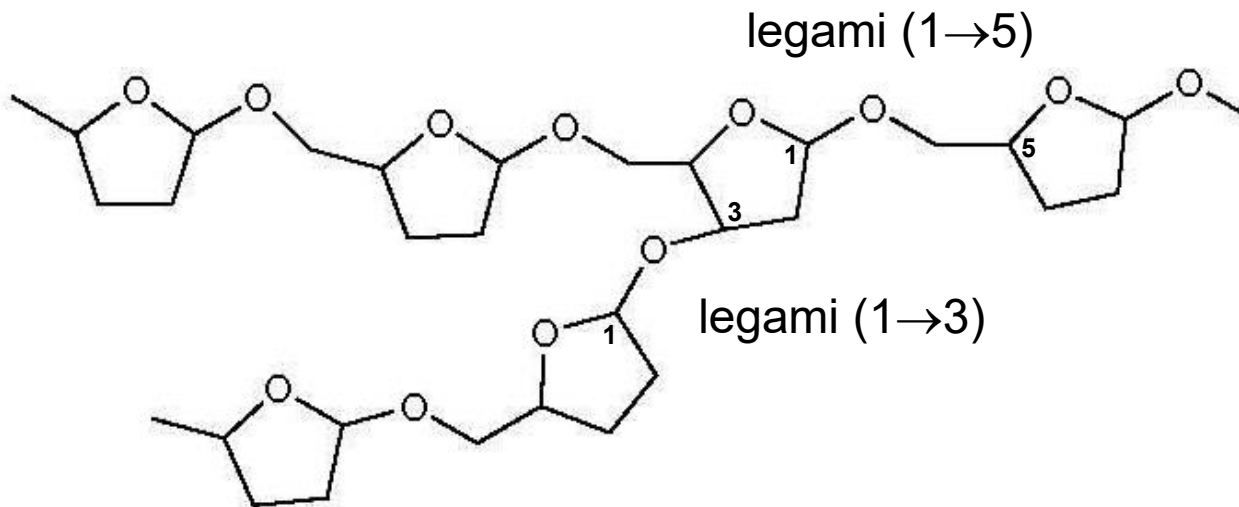
RAMNOGALATTURONANO I (RGI)



Catena lineare di acido galatturonico (**fucsia**) alternato a residui di ramnosio (**nero**)

Fase matriciale: PECTINE

ARABINANO

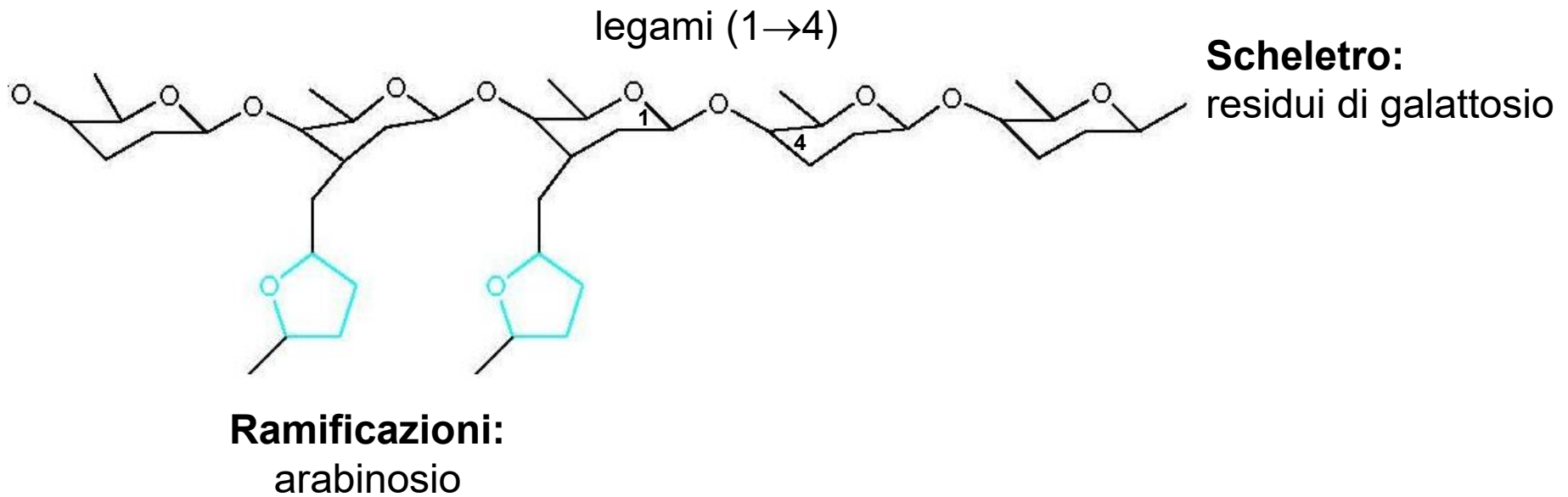


Scheletro:
residui di arabinosio

Ramificazioni:
residui di arabinosio

Fase matriciale: PECTINE

ARABINOGALATTANO



Fase matriciale: **PECTINE**

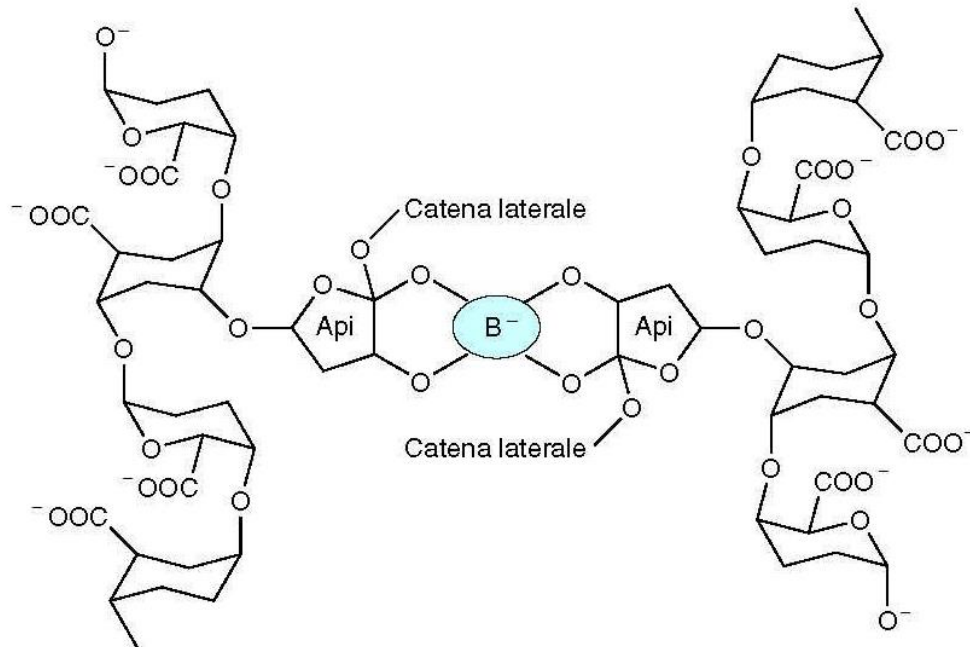
Le pectine sono in grado di formare **GEL**, anche dopo essere state estratte dalla parete

Per questo trovano largo impiego nell'**INDUSTRIA ALIMENTARE E COSMETICA**



Fase matriciale: PECTINE

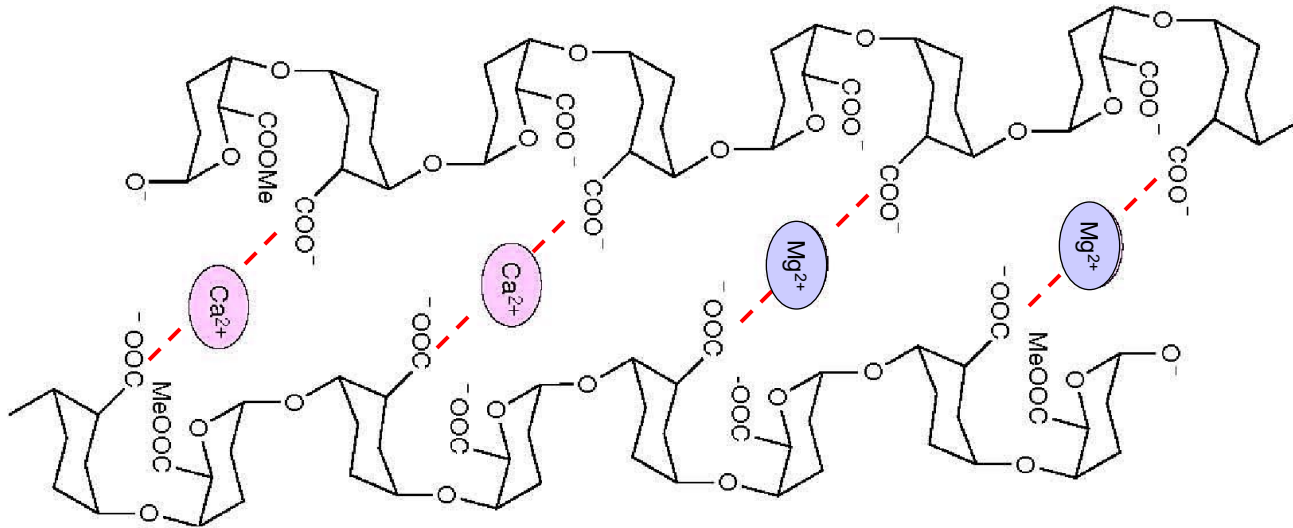
Formazione di gel



Formazione di **ponti di borato** (B⁻) tra residui di **apiosio** (Api) e molecole adiacenti di **RGII**

Fase matriciale: PECTINE

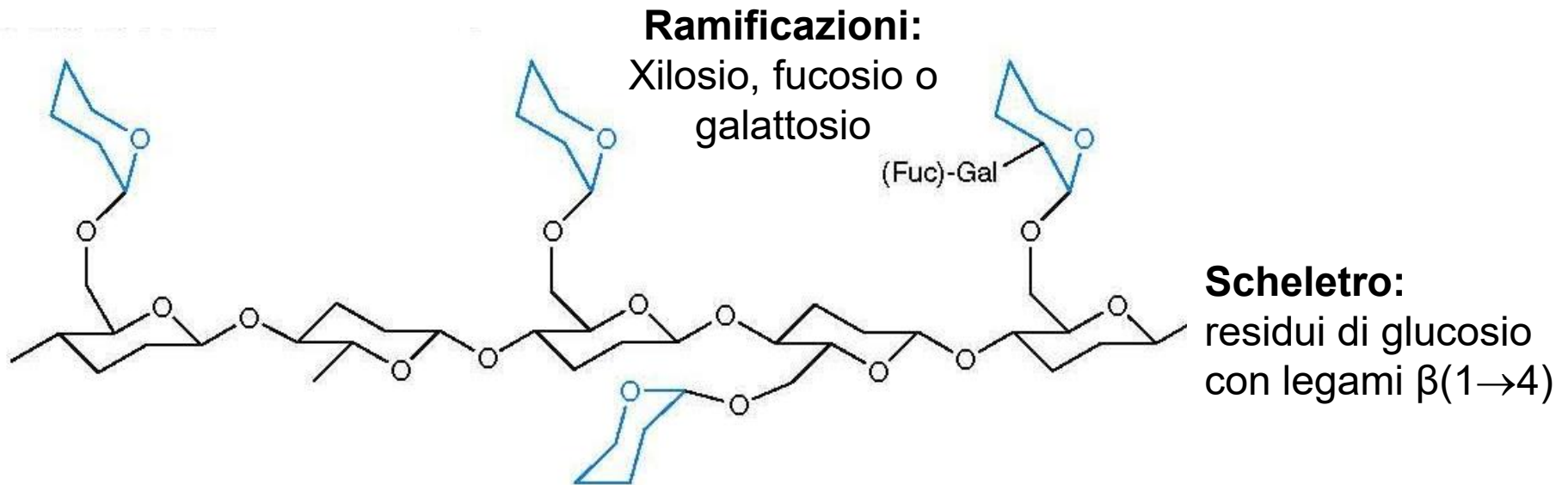
Formazione di gel



Interazioni elettrostatiche tra gruppi carbossilici dei galatturonani e lo ione Ca^{2+} o Mg^{2+}

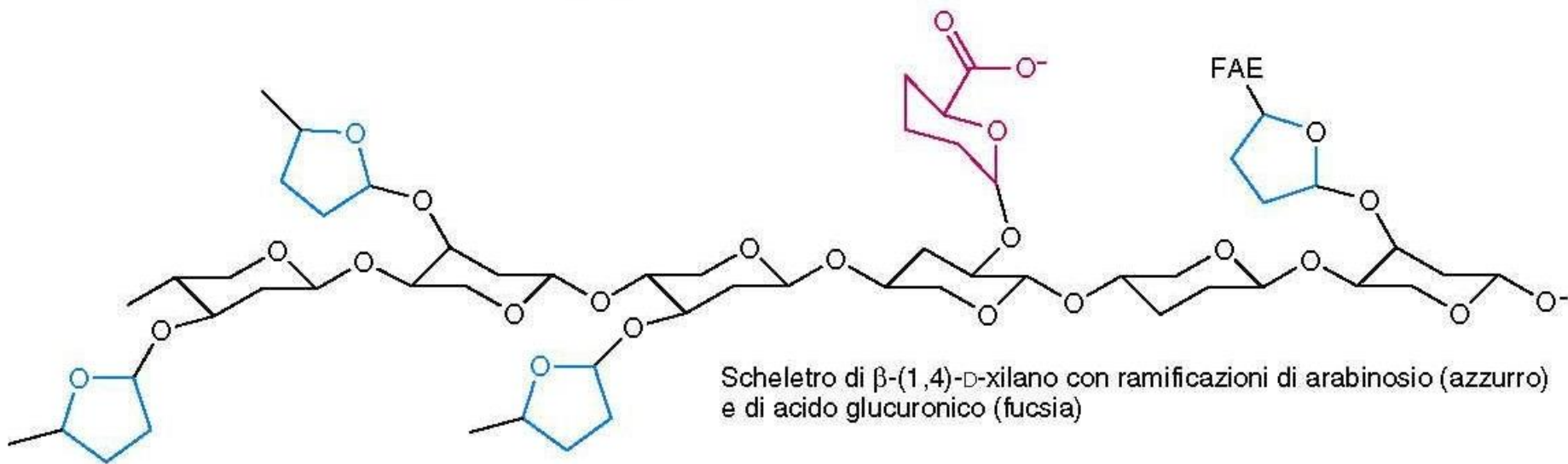
Fase matriciale: EMICELLULOSE

XILOGLUCANO



Fase matriciale: EMICELLULOSE

ARABINOXILANO



Fase matriciale: **PROTEINE**

Sono generalmente GLICOSILATE (glicoproteine) e appartengono a 4 GRUPPI, caratterizzati da SEQUENZE AMINOACIDICHE ALTAMENTE RIPETUTE. La struttura regolare e l'alto grado di glicosilazione, che consente la formazione di legami con i polisaccaridi, ne fanno degli ottimi componenti strutturali. Possono essere estratte e purificate quando sono nella via di secrezione ma una volta raggiunta la parete tendono a polimerizzare ed a reagire con altre componenti parietali diventando insolubili e non estraibili.

1. *Hydroxyprolin Rich Glyco Proteins* = estensine (HRGP)
2. *Proline Rich Proteins* (PRP)
3. *Glycine Rich Proteins* (GRP)
4. *Arabino Galattan Proteins* (AGP)

(la componente polisaccaridica è dominante. Oltre che in parete si trovano nella faccia esterna della membrana plasmatica e la loro espressione è tessuto-specifica. Più che una funzione strutturale si ritiene abbiano un ruolo di molecole segnale nei processi di sviluppo)

Le proteine strutturali

- **Appena secrete sono relativamente solubili diventano sempre più insolubili durante la maturazione cellulare o a seguito di ferite e attacco dei patogeni**
- **Si ritiene che il processo di insolubilizzazione sia dovuto a legami intermolecolari di difeniletero fra le tirosine**
- **Vengono indotte durante le ferite o attacco dei patogeni**

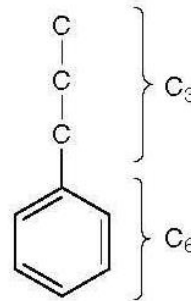
Proteine con attività enzimatica

- **Enzimi ossidativi – perossidasi**
- **Enzimi idrolitici per la degradazione dei legami dei polisaccaridi di parete (pectinasi, cellulasi, emicellulasi)**
- **Enzimi per l'espansione cellulare (transglicosidasi)**
- **Altre proteine per l'espansione: espansine**

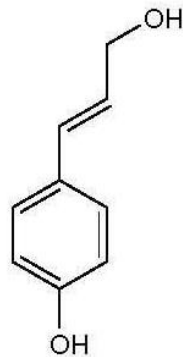
Fase matriciale:

FENOLI

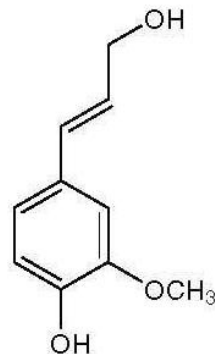
Appartengono alla classe dei FENILPROPANOIDI e sono i costituenti base della lignina definiti anche lignoli



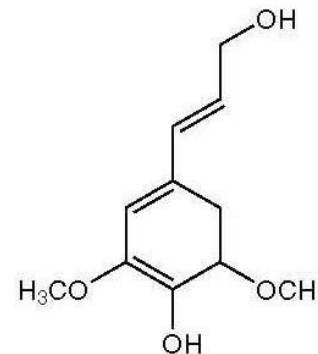
Scheletro di fenilpropano (C₆C₃)



Alcol *p*-cumarilico



Alcol coniferilico



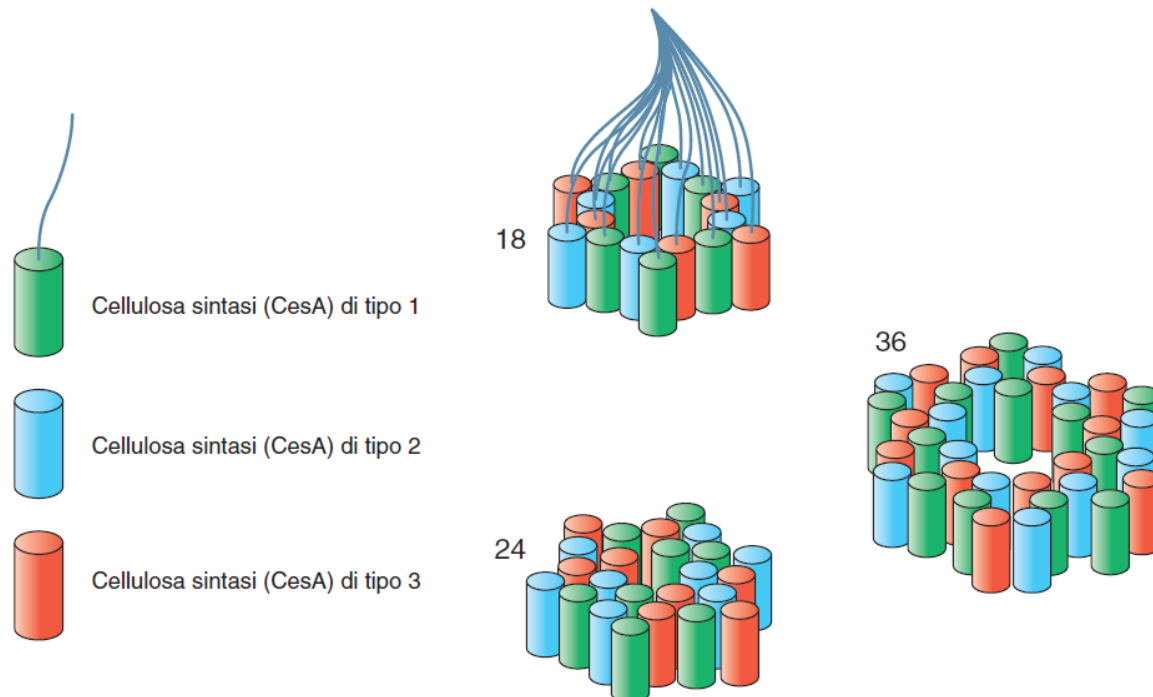
Alcol sinapilico

PARETE CELLULARE VEGETALE:

biogenesi

Biogenesi della parete: **CELLULOSA**

La cellulosa viene sintetizzata a livello della membrana plasmatica nel complesso della rosetta. E' un complesso multienzimatico trimerico (3 subunità diverse, 1,2,3) che si associa in gruppi di 6 a dare il complesso cellulosa-sintasi (CESA), glucosiltrasferasi.



Poiché ogni molecola di CESA sintetizza 1 molecola di β -glucano da ogni rosetta si originano microfibrille con diametro medio di 18-24 catene di β -glucano.

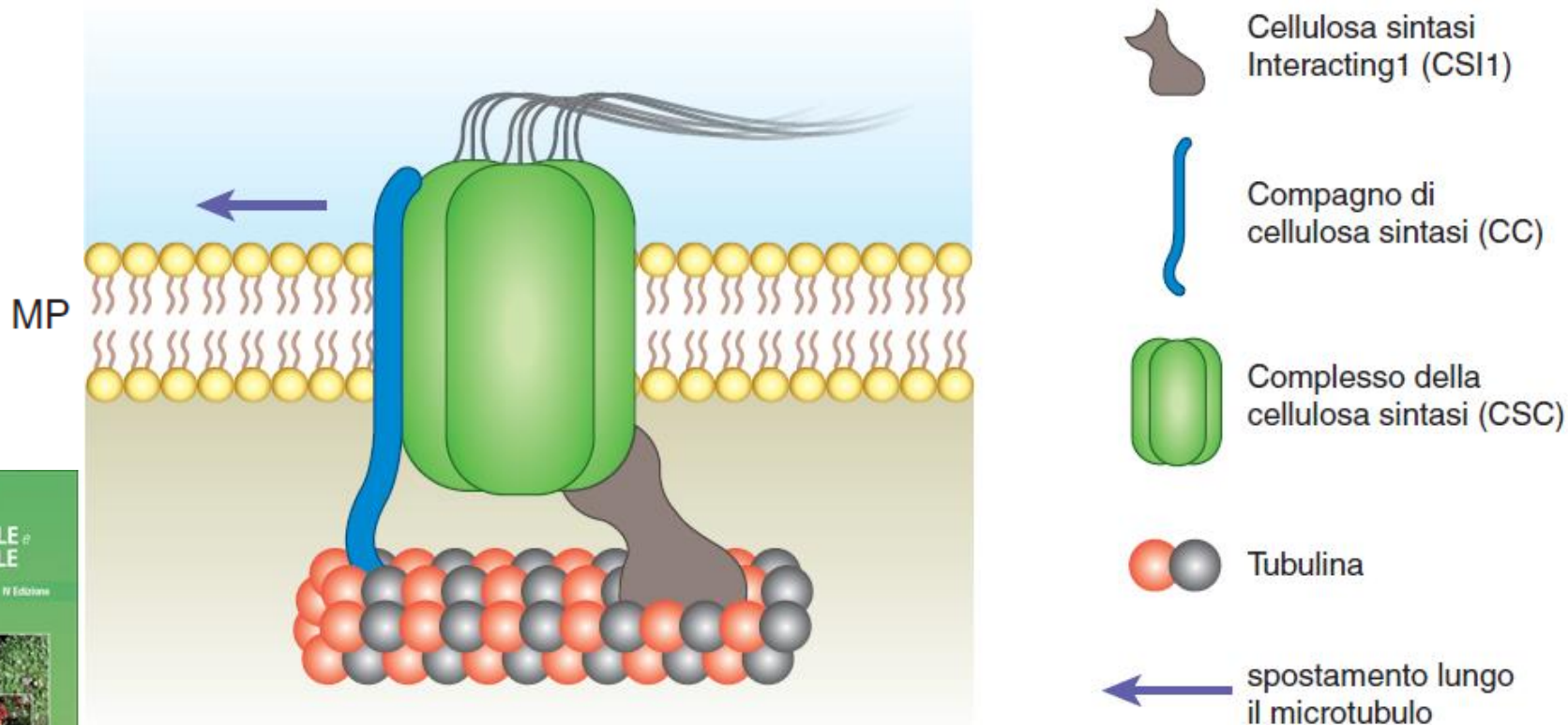
Le rosette non sono distribuite in modo omogeneo nella membrana plasmatica, ma generalmente sono associate in gruppi.

Oggi è superato il modello (proposto nelle edizioni precedenti di questo testo) formato da sei subunità di CESA disposte in modo circolare a formare una struttura che si aggregava ulteriormente ad altre cinque per dare quella che, al microscopio elettronico a scansione, ricordava una rosetta.

I modelli recenti propendono per una struttura minima trimerica (tre subunità diverse, tipo 1, 2 e 3, di CESA) che si associa in gruppi di sei a dare il complesso della cellulosa sintasi. Poiché ogni molecola di CESA sintetizza una catena di β -glucano, da ogni singola rosetta si originano microfibrille con diametro medio di 18 catene di β -glucano (la configurazione a 18 è la più comune). Tuttavia, il numero medio di singole catene per fibrilla può essere superiore perché le catene si possono associare con quelle provenienti da altre rosette a formare una fibrilla di cellulosa.

FIGURA 2.10

Modello per la deposizione di microfibrille di cellulosa in funzione della disposizione dei microtubuli corticali. Il complesso della cellulosa sintasi (CSC) scorre nella membrana plasmatica (MP) guidato dai microtubuli. L'interazione tra CSC e i microtubuli è mediata da proteine quali *Cellulose Synthase Interacting 1* (CSI1), che ancora la porzione citosolica di CSC al microtubulo e di *Companion of Cellulose Synthase* (CC) che interagisce con CSC attraversando la MP, mentre con la porzione citosolica interagisce a sua volta con il microtubulo. Nei modelli più recenti l'interazione con il microtubulo serve solo a guidare il CSC, mentre l'energia per il suo movimento sarebbe fornita dall'attività di polimerizzazione che, estendendo la microfibrilla, causerebbe l'avanzamento del complesso.



Gabriella Pasqua
Giovanna Abbate - Cinzia Forni

**BOTANICA GENERALE e
DIVERSITÀ VEGETALE**

N Edizione

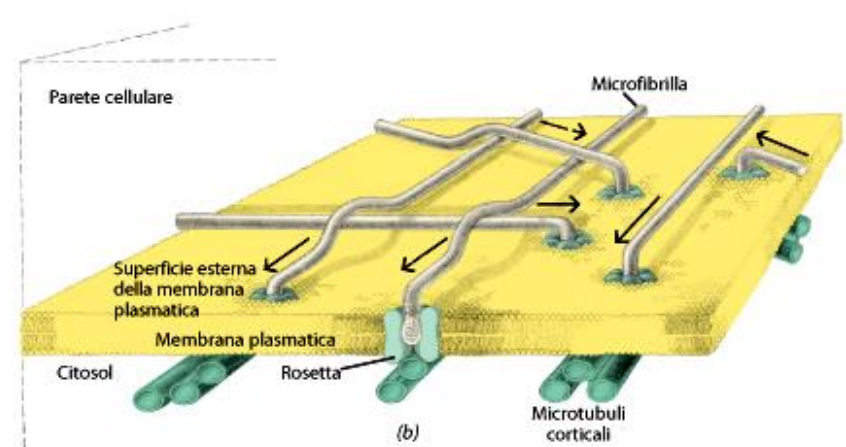
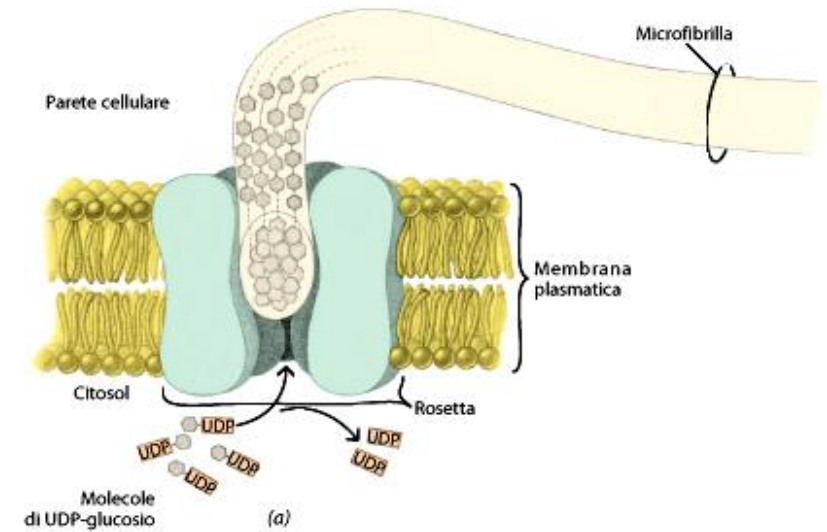
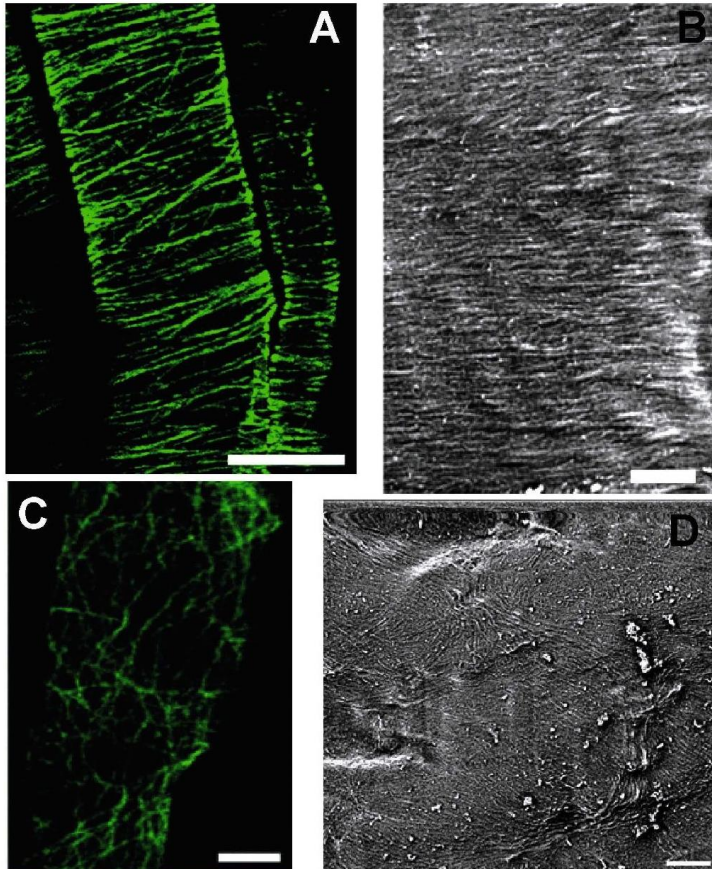


Gabriella Pasqua - Giovanna Abbate - Cinzia Forni

**BOTANICA GENERALE e
DIVERSITÀ VEGETALE**

PICCIN

Biogenesi della parete: **CELLULOSA**



Unità di CESA marcate si muovono seguendo i microtubuli

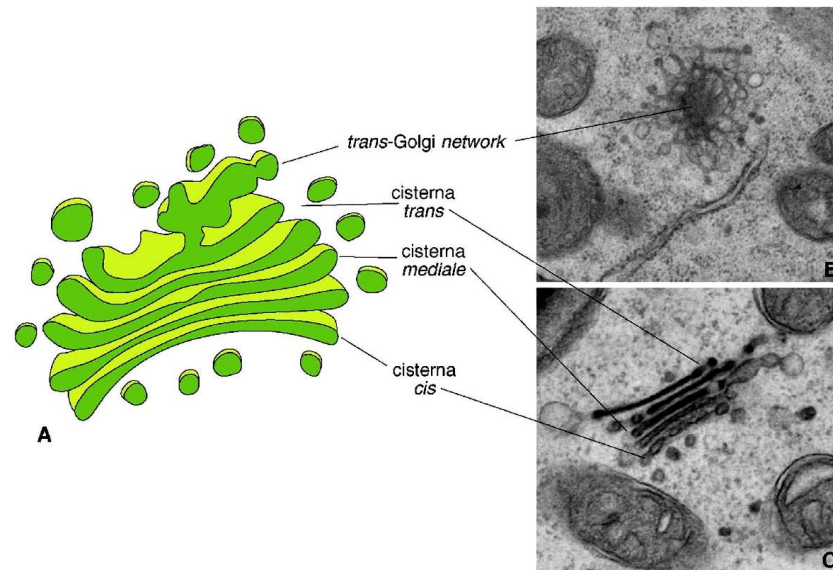
I microtubuli corticali sono stati visualizzati al microscopio confocale e le microfibrille di cellulosa dello strato più interno della parete con un microscopio elettronico a scansione. Notare come la mutazione fra2 (in C) alteri la disposizione dei microtubuli corticali (visibili in verde in A e C) e come questo si rifletta su una alterata disposizione delle microfibrille di cellulosa dello strato più interno della parete (D)

Biogenesi della parete: **COMPONENTI MATRICIALI**

La biosintesi di pectine ed emicellulose avviene nell'apparato del Golgi ad opera di specifiche glicosiltrasferasi di membrana



Una volta sintetizzati, i polimeri raggiungono la parete mediante trasporto vescicolare guidato dalla componente actinica del citoscheletro



Biogenesi della parete

Componenti proteiche

La sintesi delle proteine di parete, siano esse strutturali o enzimatiche, inizia nel citosol. Poiché per arrivare in parete devono prendere la via di secrezione, sono dotate di un peptide N-terminale che le indirizza al reticolo e ne media l'attraversamento della membrana. Questo avviene quando la sintesi non è ancora completa. La membrana del reticolo viene attraversata dalla proteina nascente man mano che gli aminoacidi vengono aggiunti alla catena polipeptidica. Le proteine di parete terminano la loro maturazione nell'apparato di Golgi e vengono poi secrete grazie al trasporto vescicolare.

Proprietà fisiche e chimiche: plasticità, elasticità, resistenza alla compressione e alla trazione, porosità e permeabilità all'acqua e ai gas, carica elettrica.

La plasticità dipende soprattutto dalla componente pectica. Le pectine formano gel anche in parete, e quindi sono la componente che meglio asseconda il protoplasto nella sua crescita. La plasticità è però controllata anche mediante l'azione di proteine specifiche (espansine, xiloglucanoendotransglucosilasi, β -glucanasi, poligalatturonasi, pectinmetilesterasi, ecc.) che, rimodellando i legami che intercorrono tra i polimeri della matrice, conferiscono alla cellula la possibilità di cambiare forma.

L'acqua è abbondante in pareti plastiche, scarsa in quelle rigide.

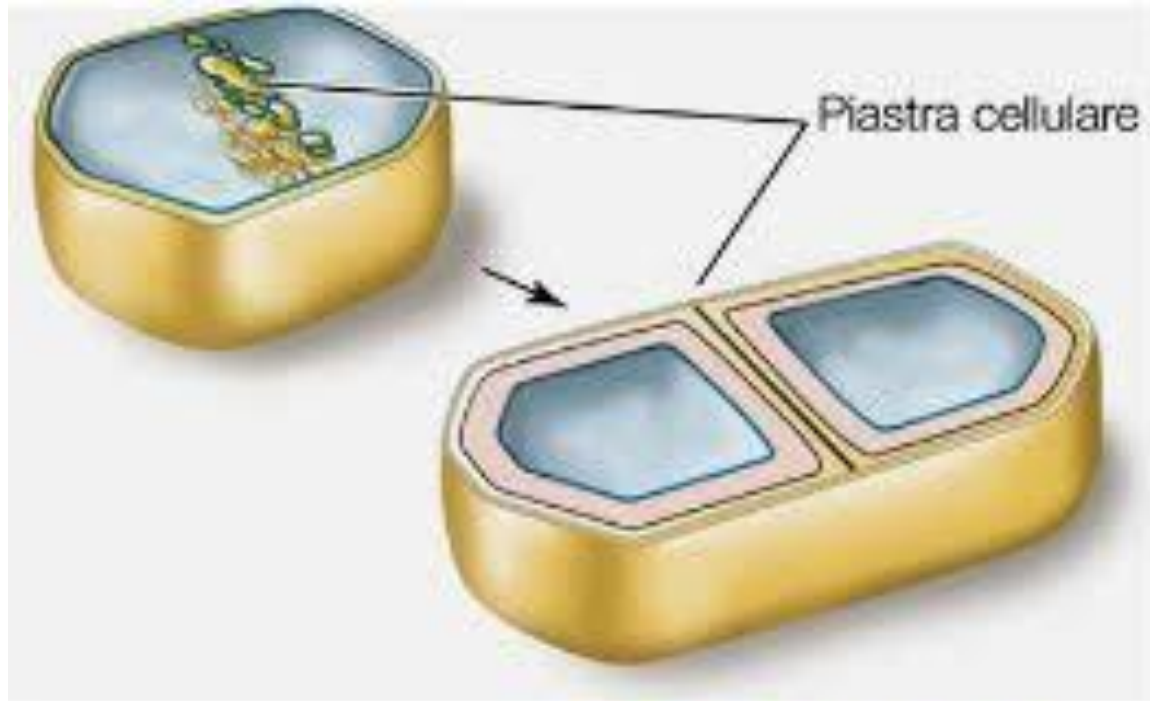
L'elasticità è legata alla componente fibrillare. Cellule ricche di cellulosa, come quelle del collenchima, tornano nella loro posizione e forma originali una volta che viene rimossa la forza deformante, quindi plasticità ed elasticità dipendono dall'equilibrio tra componente pectica e cellulosica.

Sia la cellulosa che la lignina sono importanti nel determinare la resistenza alla trazione e alla compressione. Il contributo della cellulosa è massimo quando la forza ha la stessa direzione delle microfibrille.

La lignina conferisce resistenza sia per le sue caratteristiche strutturali, sia perché, occupando il posto dell'acqua, importante per la plasticità, ne riduce il contenuto in parete.

La porosità, ovvero la dimensione degli spazi attraverso cui le molecole sciolte in acqua possono liberamente muoversi attraverso le maglie dei polimeri parietali, dipende dalle pectine. Il limite dei pori è di circa 10 nm, per cui in parete possono muoversi liberamente solo piccole molecole (saccarosio, ormoni, piccoli peptidi, ioni inorganici).

Il pH della parete tra 4-6.



Citodieresi nelle cellule vegetali

Come si forma la piastra cellulare?

Durante la telofase al centro della cellula madre si raccolgono alcune vescicole, provenienti dall'apparato di Golgi, contenenti la cellulosa e gli altri polisaccaridi che formeranno le future pareti cellulari. Le vescicole si fondono, formando una piastra cellulare, circondata da membrane.

In tutte le cellule si possono distinguere la lamella mediana e la parete primaria, mentre la parete secondaria è presente solo in alcune cellule specializzate.

Struttura della parete: **LAMELLA MEDIANA**

È la porzione più esterna della parete, e quindi della cellula. Origina dalla piastra cellulare ed è in comune a cellule contigue.

È uno strato molto sottile, responsabile dell'adesione cellula-cellula.

È composta da sostanze pectiche che variano in struttura: nella zona appressata tra due cellule sono abbondanti le pectine metilate, mentre nelle zone di giunzione tra più cellule, dove si possono formare gli spazi intercellulari, sono più abbondanti le pectine non metilate.

Nelle cellule con pareti secondarie la lamella mediana viene incrostata da lignina e tende a scomparire.

Struttura della parete: **PARETE PRIMARIA**

- Le pareti primarie sono plastiche e presentano un protoplasto vivo.
- La parete è solitamente sottile nelle cellule meristematiche e parenchimatiche .
- In alcuni tipi cellulari la parete primaria può essere più spessa e costituita da più strati, come nel collenchima e nell'epidermide, dove contiene anche molecole impermeabilizzanti idrofobiche.

Struttura della parete: **PARETE SECONDARIA**

In alcuni tipi cellulari, quando la crescita è cessata, vengono depositi ulteriori strati di parete, internamente alla parete primaria. Tali strati, spesso distinti in esterno, mediano ed interno ed indicati con S1, S2 e S3, sono ricchi in cellulosa, privi di proteine, sia strutturali che enzimatiche, e poveri di emicellulose e pectine.

Il diverso orientamento delle microfibrille nei vari strati conferisce alla parete secondaria una struttura lamellare, rendendola più resistente.

Alcune cellule con pareti secondarie impregnate di lignina o suberina svolgono la loro funzione da morte, come avviene nelle tracheidi, nelle trachee e nelle fibre

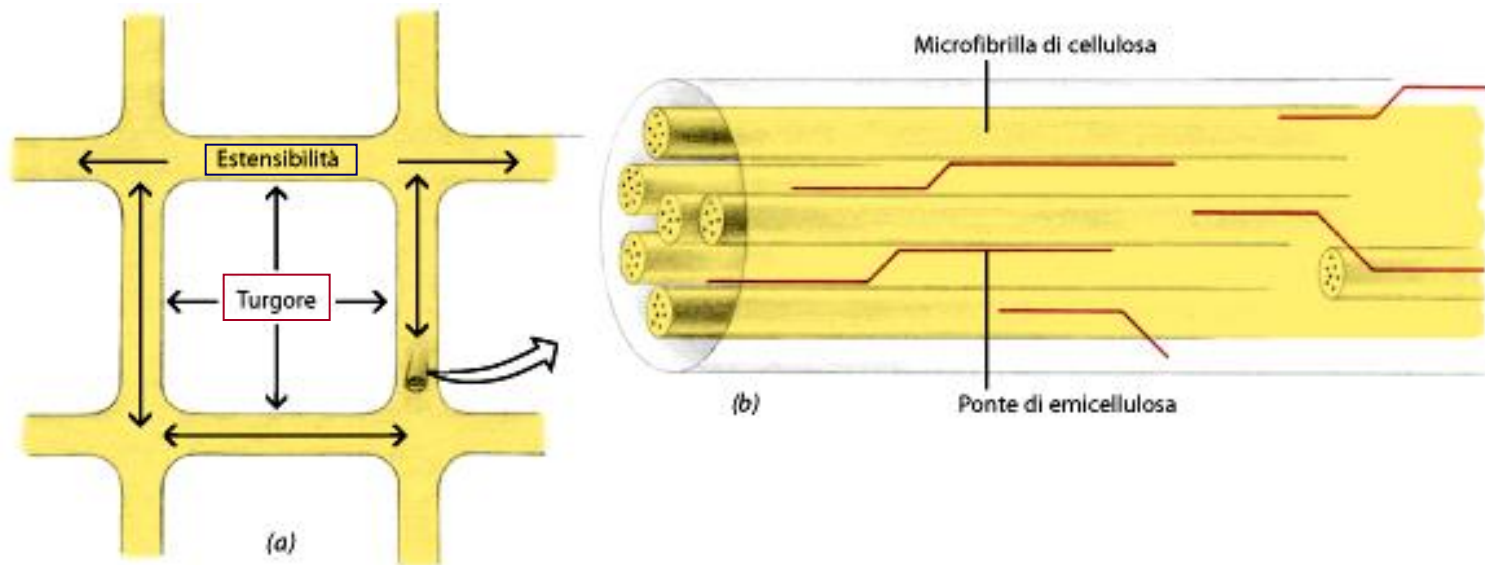
PARETE CELLULARE VEGETALE:

funzioni

FUNZIONI: CRESCITA E FORMA CELLULARE

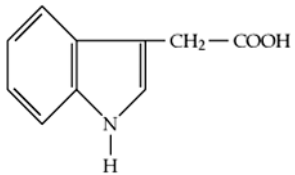
L'accrescimento cellulare è per **DISTENSIONE** e controllato da:

- valore della **pressione di turgore**
- grado di **estensibilità** della parete



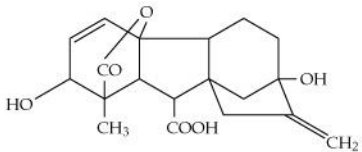
FUNZIONI: CRESCITA E FORMA CELLULARE

I **fitormoni** controllano l'accrescimento cellulare modificando l'**estensibilità** della parete:



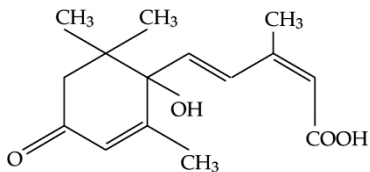
auxina

→ estensibilità (+) → accrescimento (+)

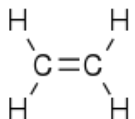


giberellina

→ estensibilità (-) → accrescimento (-)



ABA



etilene

FUNZIONI: CRESCITA E FORMA CELLULARE

Ipotesi 1: crescita acida

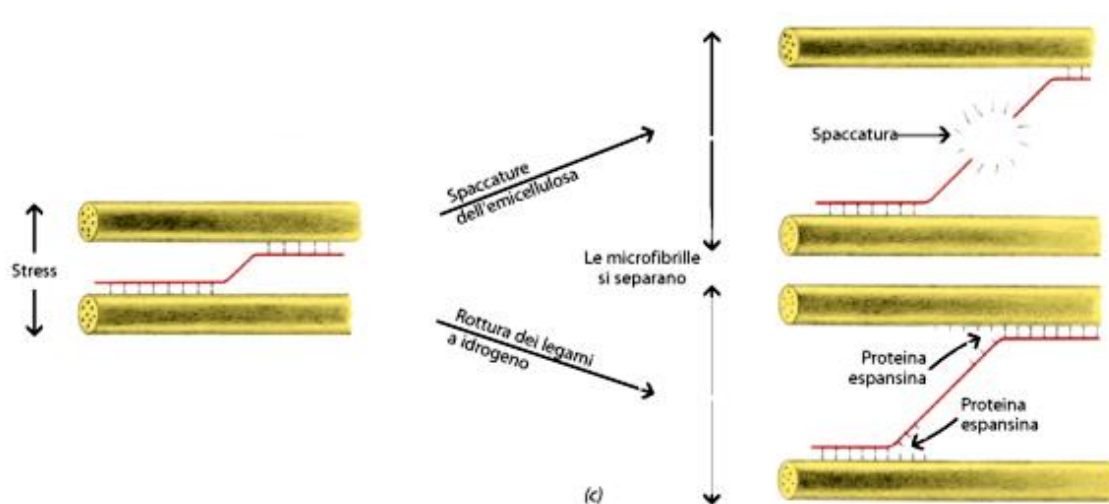
L'auxina attiva la pompa protonica della membrana



I H⁺ vengono pompate dal citosol verso la parete cellulare



ALLENTAMENTO STRUTTURALE DELLA PARETE CELLULARE



FUNZIONI:

CRESCITA E FORMA CELLULARE

Ipotesi 2: neosintesi di polisaccaridi di parete

L'auxina attiva l'espressione di geni implicati nella sintesi di polisaccaridi di parete non cellulosici



Variazione della composizione della parete cellulare



VARIAZIONE DELL'ESTENSIBILITÀ DELLA PARETE CELLULARE

La Parete cresce anche grazie alla presenza di enzimi

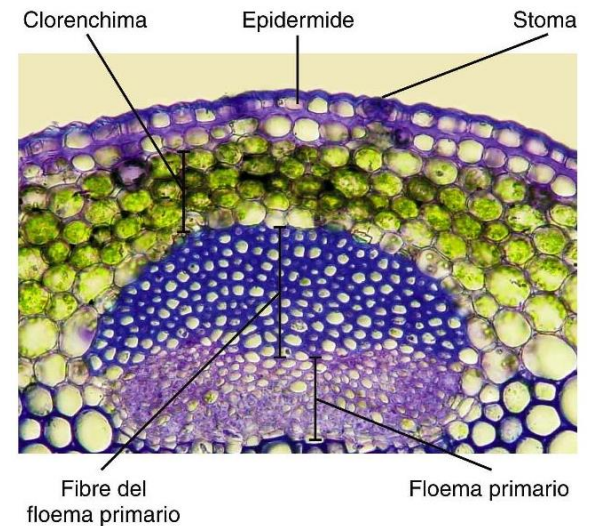
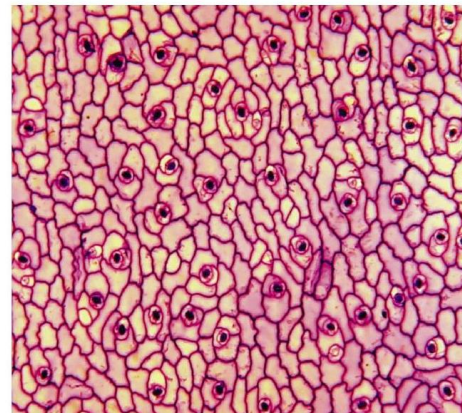
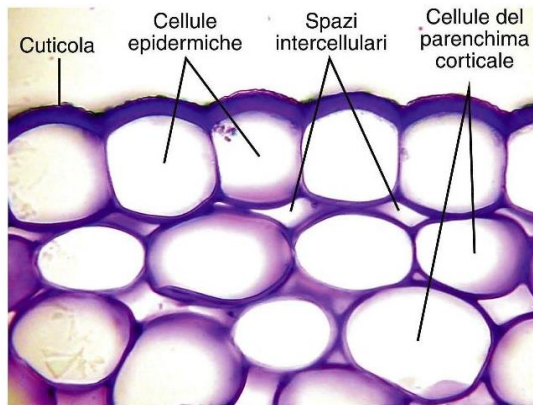
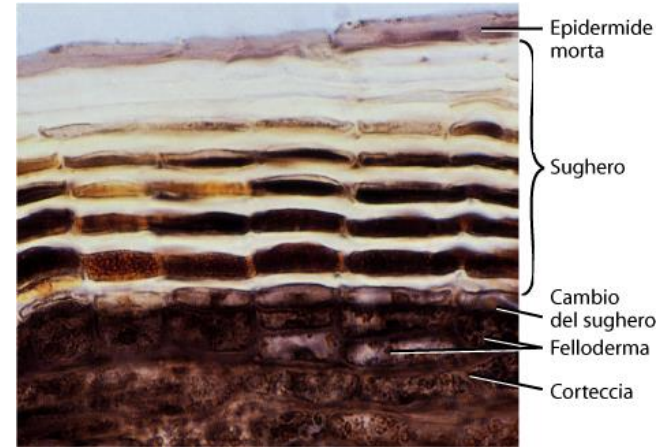
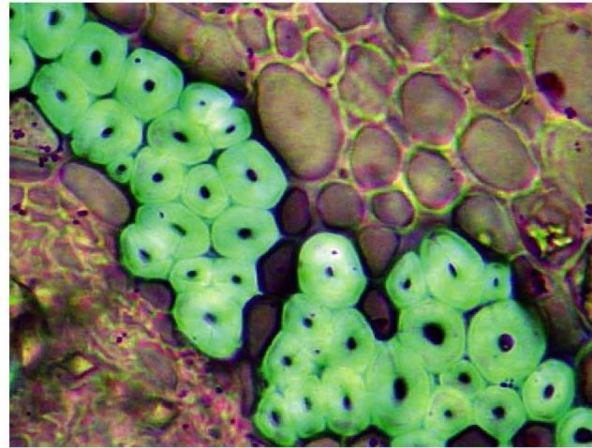
Tra gli enzimi più importanti:

- le espansine rimuovono i legami idrogeno che legano gli xiloglucani alla cellulosa e/o diverse microfibrille di cellulosa tra loro
- le endo-(1,4) β -D-glucanasi che idrolizzano il legame ((1,4) β -glucano presente in molti polimeri
- quando la crescita termina, le interazioni tra i vari polimeri di parete vengono stabilizzate, con legami intermolecolari, in modo da garantirne la necessaria compattezza.

FUNZIONI: CRESCITA E FORMA CELLULARE

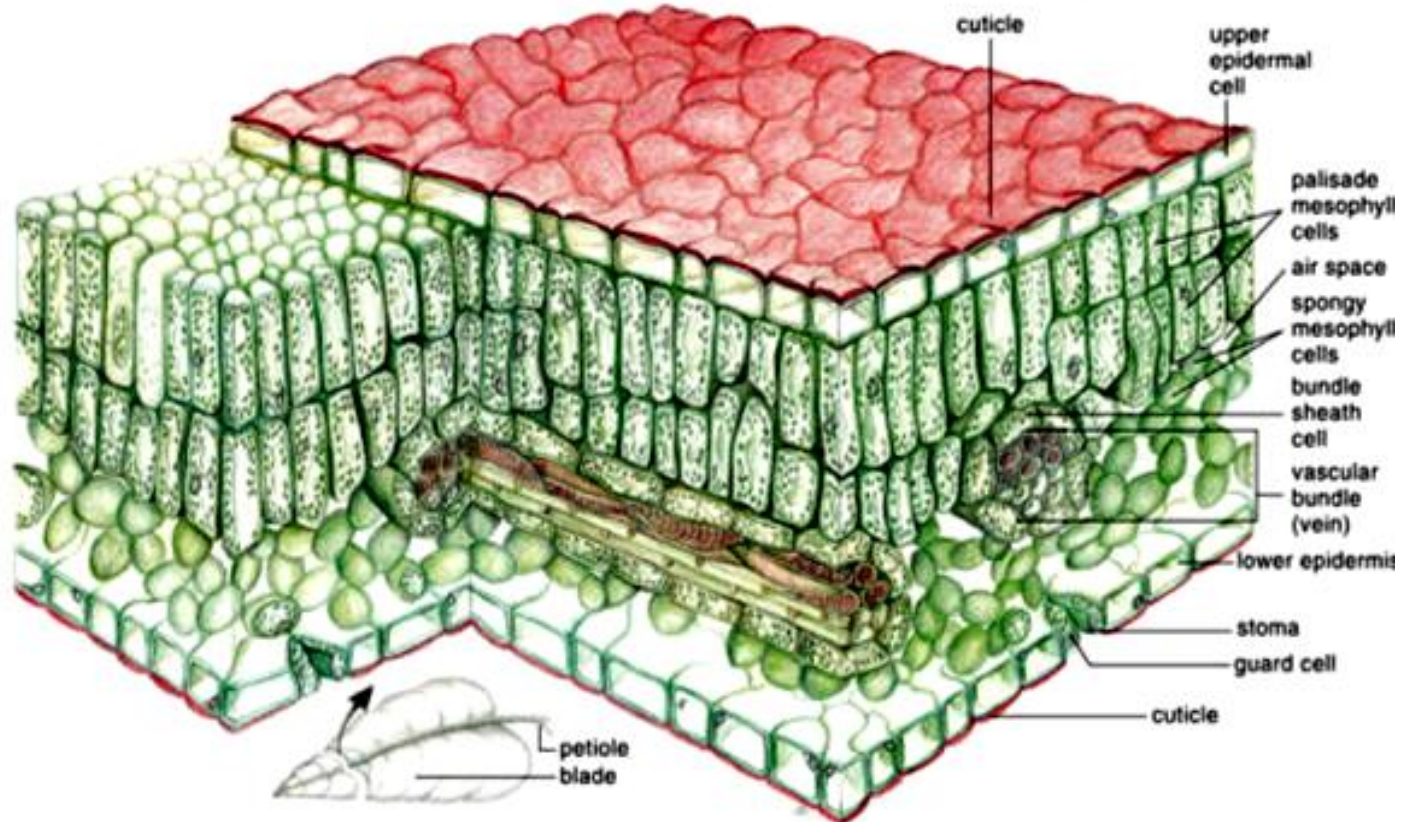


25 μm



FUNZIONI: CRESCITA E FORMA CELLULARE

La forma delle singole cellule riflette la forma del tessuto



FUNZIONI: CRESCITA E FORMA CELLULARE

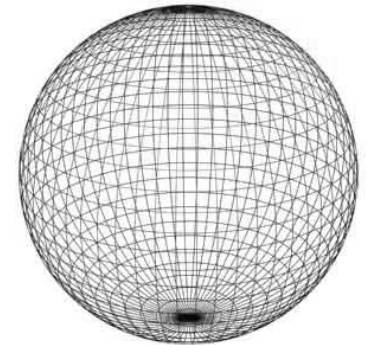
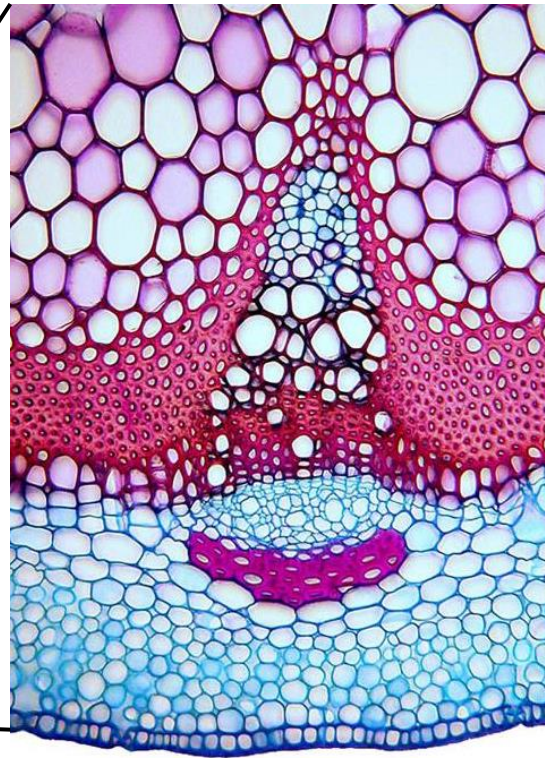
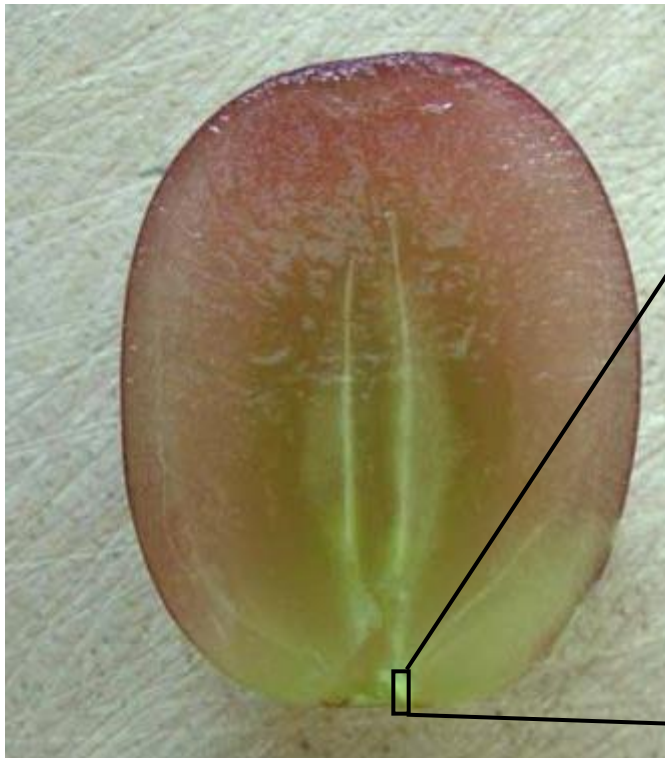
La forma delle singole cellule riflette la forma dell'organo



Cellule allungate

FUNZIONI: CRESCITA E FORMA CELLULARE

La forma delle singole cellule riflette la forma dell'organo

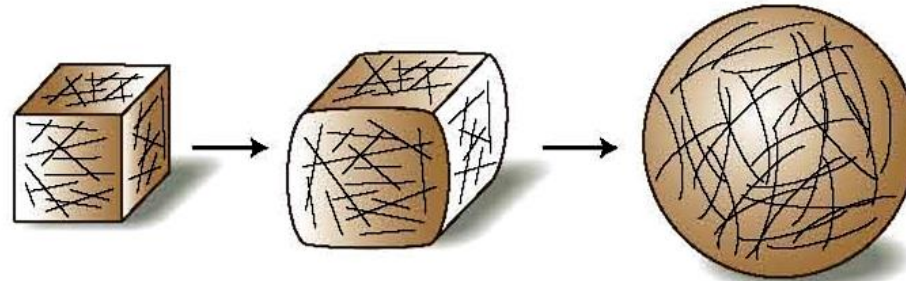


Cellule
isodiametriche

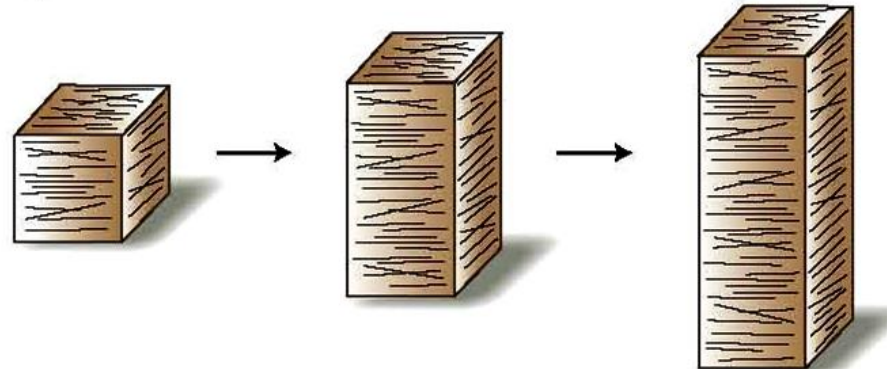
FUNZIONI: CRESCITA E FORMA CELLULARE

L'orientamento delle fibre di cellulosa e direzione dell'accrescimento cellulare

A) Microfibrille di cellulosa orientate in modo casuale La cellula è isodiametrica

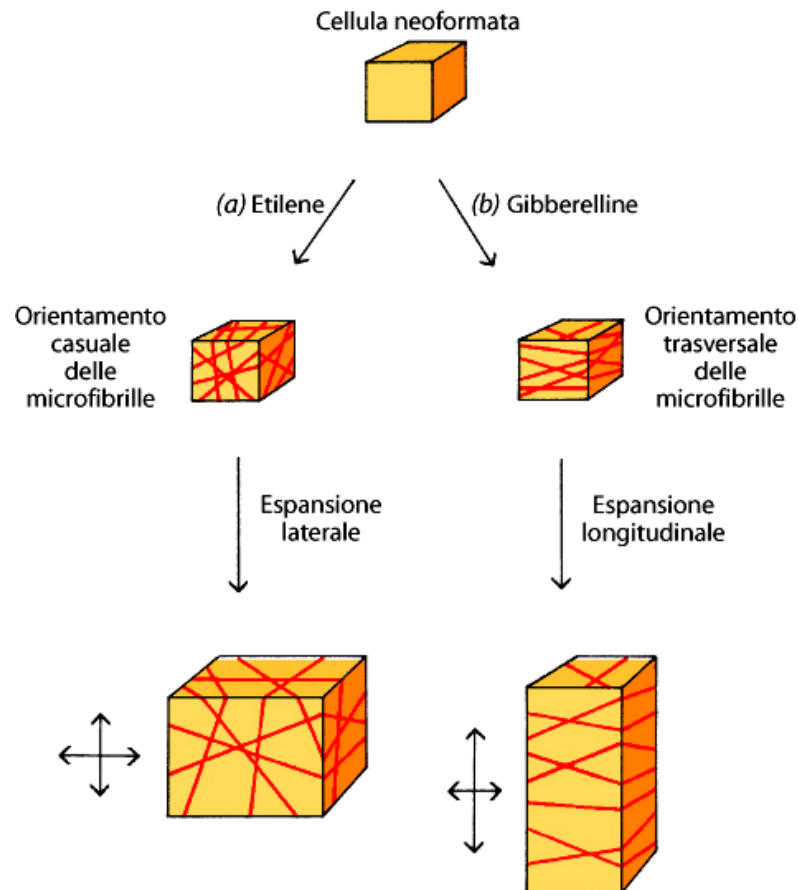


B) Microfibrille di cellulosa orientate in modo trasversale La cellula è allungata



FUNZIONI: CRESCITA E FORMA CELLULARE

I fitormoni influenzano l'orientamento delle fibre di cellulosa



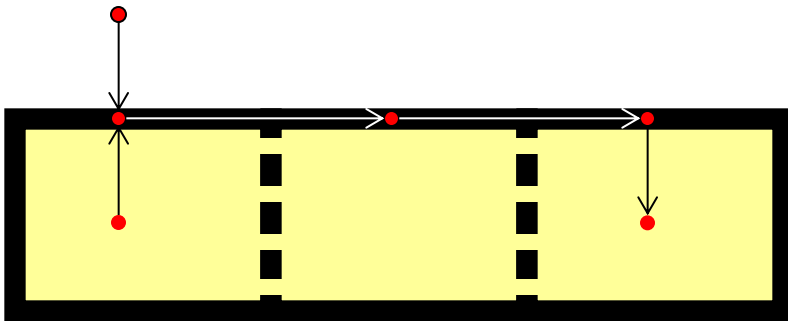
FUNZIONI: **SOSTEGNO MECCANICO**

La parete cellulare fornisce ai tessuti vegetali le proprietà fisiche adeguate all'accrescimento contro gravità

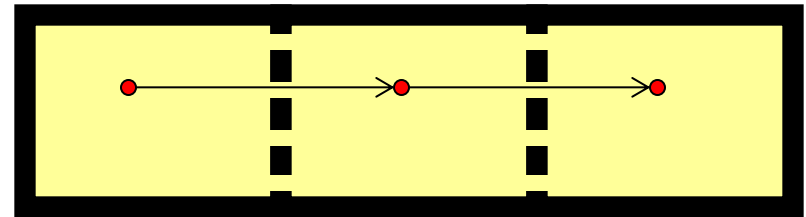


FUNZIONI: TRASPORTO

L'acqua e i soluti idrosolubili possono essere trasportati da cellula a cellula attraverso le pareti cellulari (via apoplastica)



TRASPORTO APOPLASTICO
(attraverso la parete)

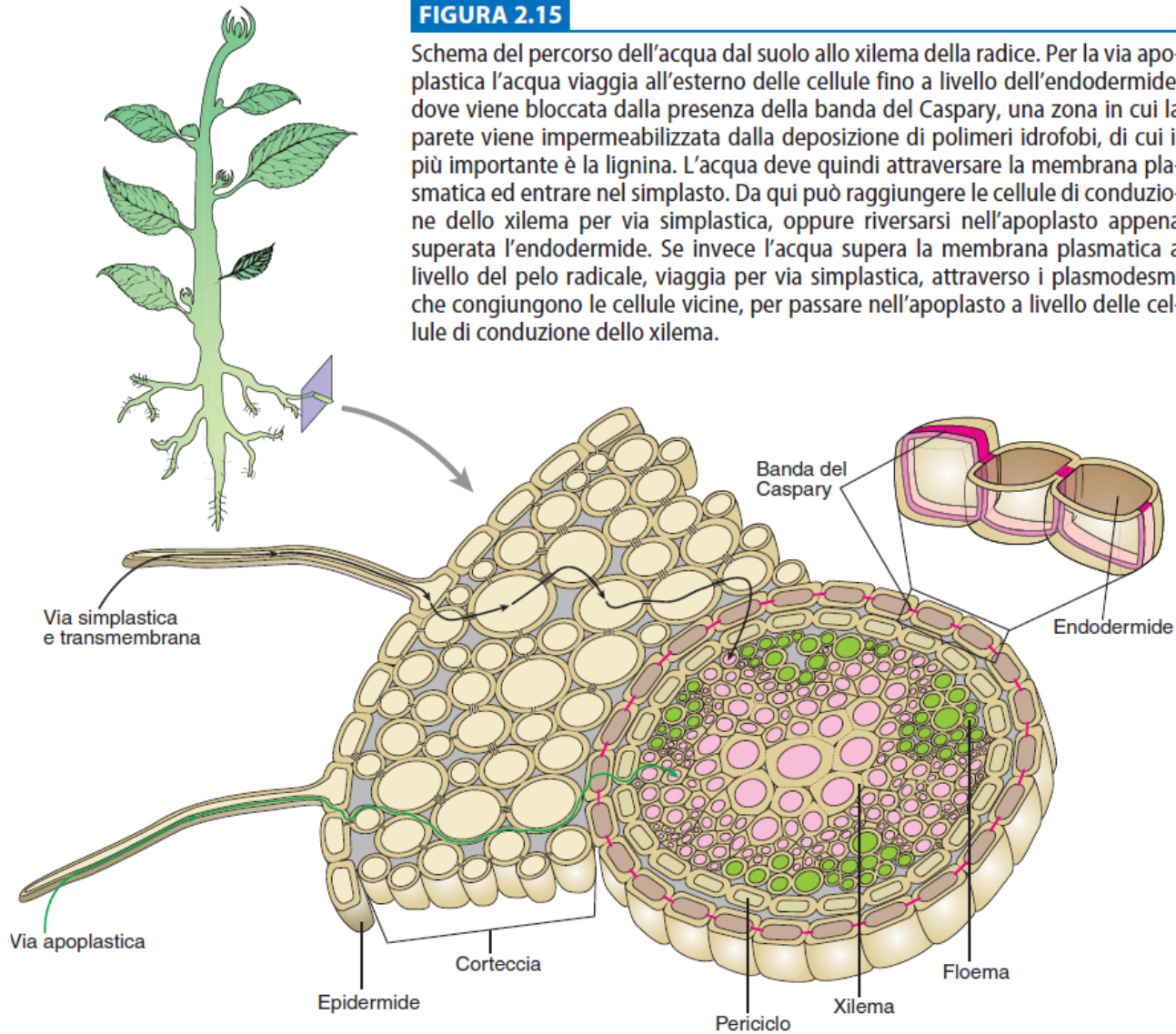


TRASPORTO SIMPLASTICO
(attraverso i plasmodesmi)

SIMPLASTO insieme dei protoplasti e dei loro plasmodesmi
APOPLASTO insieme delle pareti cellulari

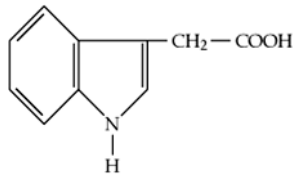
FIGURA 2.15

Schema del percorso dell'acqua dal suolo allo xilema della radice. Per la via apoplastica l'acqua viaggia all'esterno delle cellule fino a livello dell'endoderme, dove viene bloccata dalla presenza della banda del Caspary, una zona in cui la parete viene impermeabilizzata dalla deposizione di polimeri idrofobi, di cui il più importante è la lignina. L'acqua deve quindi attraversare la membrana plasmatica ed entrare nel simplasto. Da qui può raggiungere le cellule di conduzione dello xilema per via simplastica, oppure riversarsi nell'apoplasto appena superata l'endoderme. Se invece l'acqua supera la membrana plasmatica a livello del pelo radicale, viaggia per via simplastica, attraverso i plasmodesmi che congiungono le cellule vicine, per passare nell'apoplasto a livello delle cellule di conduzione dello xilema.

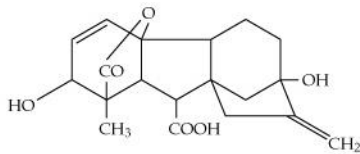


FUNZIONI: comunicazione

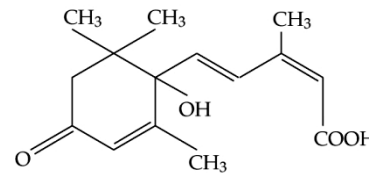
Nelle piante i FITORMONI sono i principali messaggeri che presiedono alla comunicazione tra cellule, organi e tessuti avviene grazie



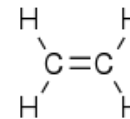
auxina



giberellina



ABA



etilene

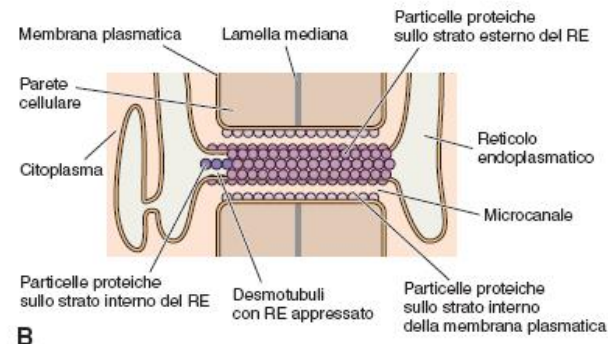
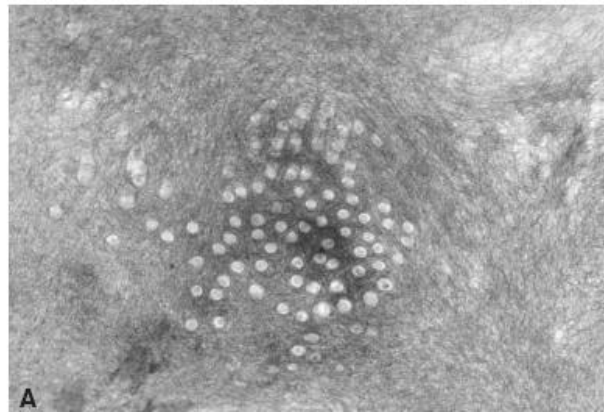
Altri messaggeri sono i FATTORI DI TRASCRIZIONE, che influenzano l'espressione genica nelle cellule bersaglio

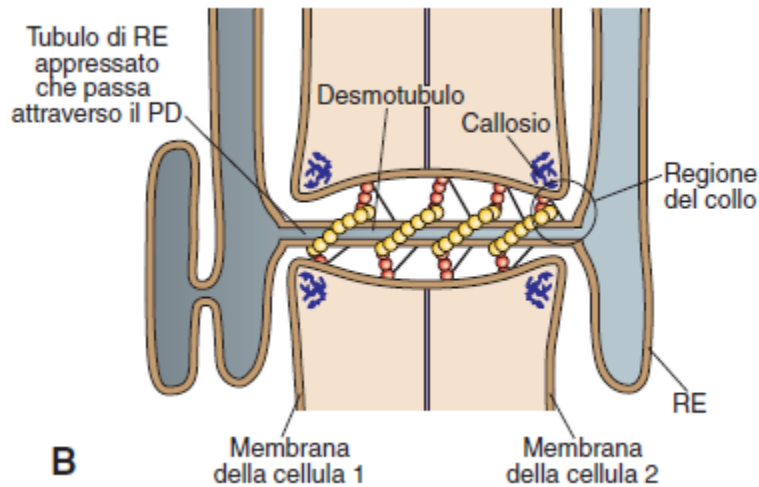
FUNZIONI: comunicazione

I messaggeri possono essere trasportati da una cellula all'altra attraverso i PLASMODESMI (via simplastica)

Figura 2.16

A) Foto al microscopio elettronico a trasmissione di una sezione trasversale di una punteggiatura primaria. Sono evidenti numerosi plasmodesmi nei quali, al centro di ognuno di essi, è visibile la sezione del desmotubulo (osservazione di B. Baldan). B) Schema di una sezione longitudinale di parete a livello di un plasmodesma. È evidente l'interruzione della parete e la continuità della membrana plasmatica tra cellule adiacenti con la conseguente formazione di un microcanale che garantisce il passaggio di acqua e piccole molecole. Al centro è visibile un desmotubulo, continuazione del reticolo endoplasmatico tra le cellule adiacenti (da L. Taiz e E. Zeiger, 2006, modificata).





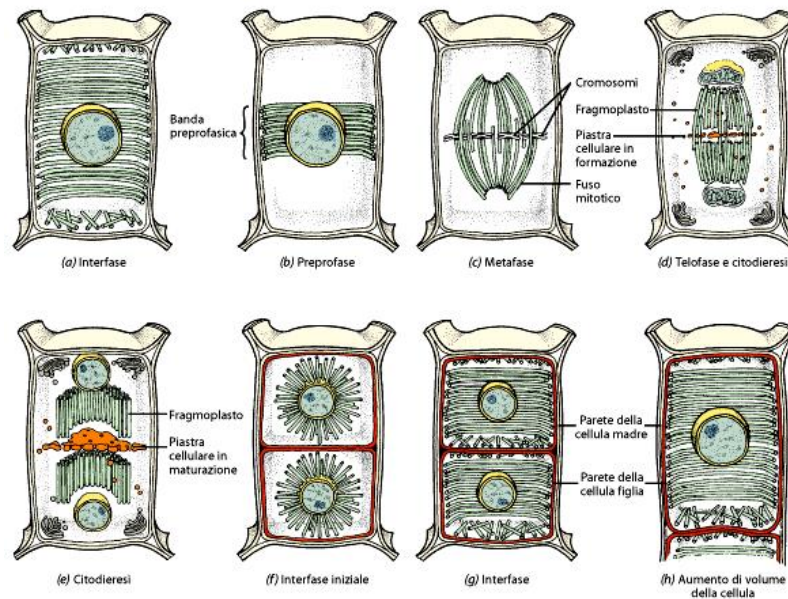
Modello strutturale di un semplice plasmodesma primario. È evidente l'interruzione della parete e la continuità della membrana plasmatica tra cellule adiacenti con la conseguente formazione di un microcanale che garantisce il passaggio di acqua e piccole molecole. Al centro è visibile un desmotubulo, tubicino costituito da reticolo endoplasmatico (RE) appressato che passa attraverso la parete di due cellule adiacenti. È stato proposto che varie proteine, tra cui l'**ACTINA** e altre non identificate (sfere gialle e rosse e raggi neri), siano presenti nel plasmodesma con la funzione di mantenerne l'integrità strutturale. Proteina contrattile: **CENTRINA** (Calcium binding protein) riscontrata nella regione del collo del plasmodesma.

Il callosio, depositato attorno alla regione del collo, è importante per modulare l'apertura del canale del plasmodesma e, di conseguenza, la sua permeabilità.

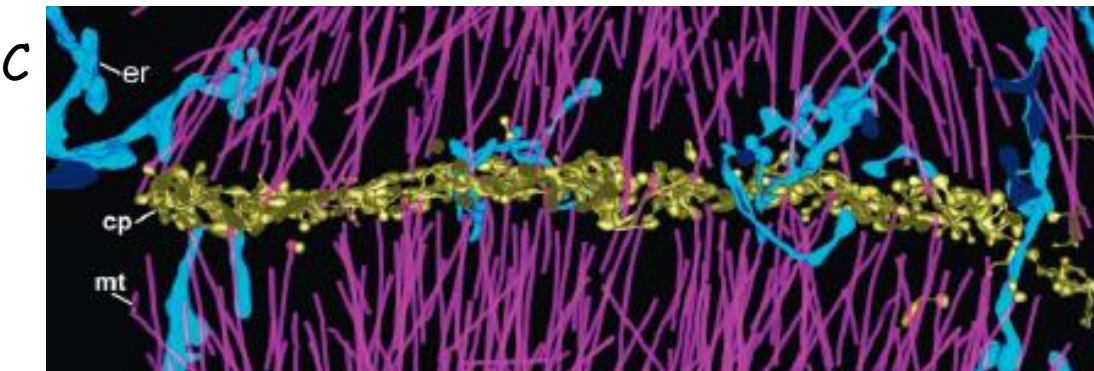
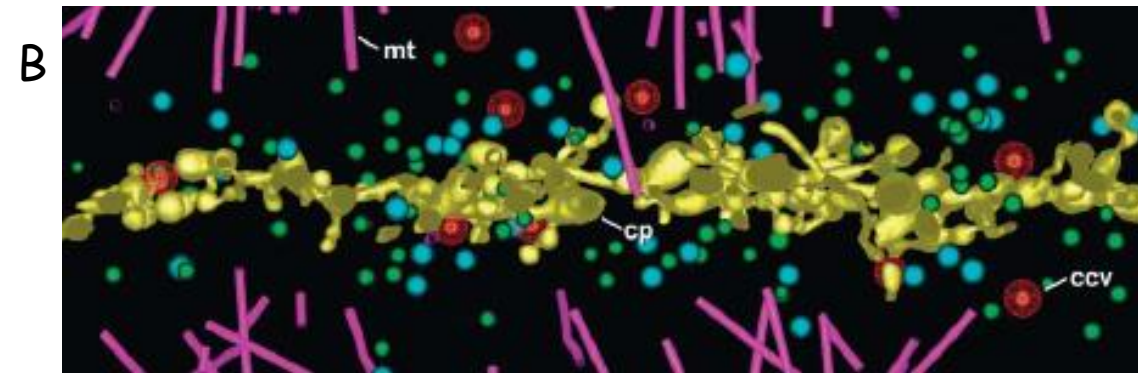
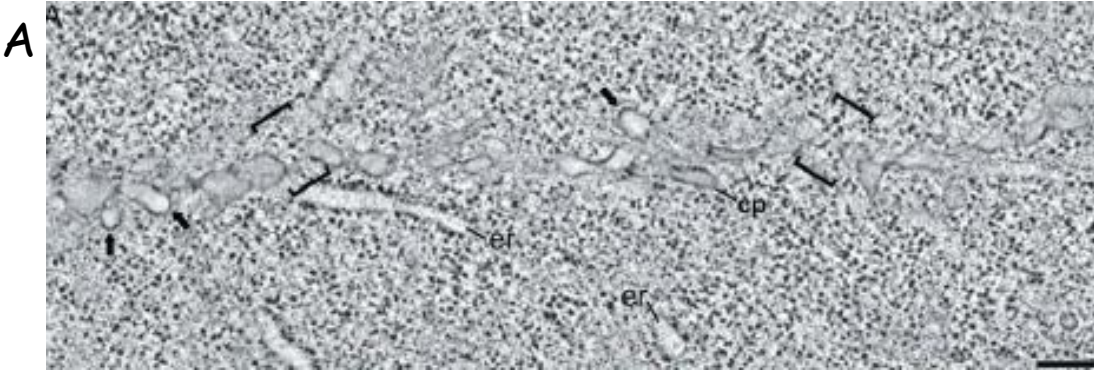
FUNZIONI: comunicazione

I plasmodesmi possono essere:

- Primari, cioè formati in corrispondenza della piastra cellulare durante la citodieresi
- Secondari, cioè formati in cellule già sviluppate



FORMAZIONE DEI PLASMODESMI



A. Fotografia al microscopio elettronico di un fragmoplasto. Inizialmente cluster di microtubuli (mt)

B. C. Ricostruzione della formazione del fragmoplasto. Vescicole verso la piastra cellulare (cp) Si vedono poche membrane del reticolo endoplasmatico (er) associate alle iniziali del fragmoplasto e alla piastra cellulare. ER si accumula progressivamente in seguito quando la maggior parte della crescita della piastra cellulare è completata.

Electron Tomographic Analysis of Somatic Cell Plate Formation in Meristematic Cells of Arabidopsis Preserved by High-Pressure Freezing, Seguí-Simarro et al., Plant Cell, 2004

FUNZIONI: **comunicazione**

TRASPORTO PASSIVO se la molecola ha dimensioni inferiori al limite di esclusione dimensionale (SEL)

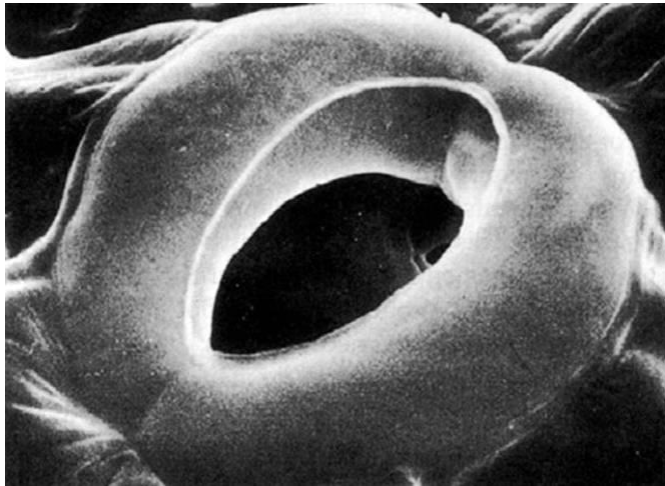
TRASPORTO REGOLATO quando una molecola è grande e possiede delle sequenze in grado di alterare in modo transitorio il SEL

Nel caso dei Virus (grandi) per attraversare i plasmodesmi si legano a proteine vegetali che possiedono domini che li indirizzano ai plasmodesmi

Una volta raggiunto il plasmodesma, le particelle virali alterano il SEL in modo da poter diffondere nelle cellule adiacenti

FUNZIONI: comunicazione

In alcuni casi è necessaria l'interruzione della comunicazione cellulare (occlusione dei plasmodesmi) che si realizza grazie alla deposizione di materiale di parete



Nelle prime fasi di sviluppo le cellule di guardia sono in comunicazione mediante plasmodesmi con le adiacenti cellule epidermiche

Al termine del differenziamento la comunicazione via plasmodesmi viene interrotta

FUNZIONI:

Comunicazione pianta-ambiente

La comunicazione della pianta con l'ambiente avviene grazie a messaggeri chimici, ascrivibili principalmente al metabolismo secondario



colori

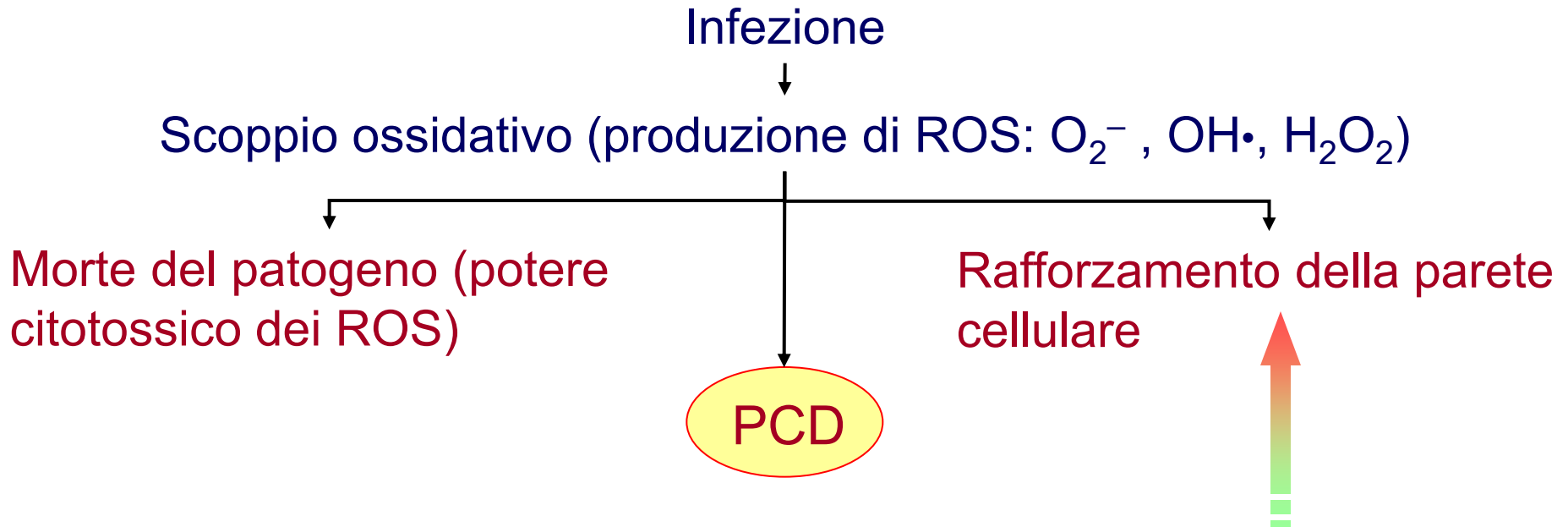


Veleni e deterrenti



sapori

FUNZIONI: DIFESA DA PATOGENI



H_2O_2 è il substrato delle perossidasi coinvolte:

- nella biosintesi della lignina
- nella formazione di legami crociati tra HRGP (*Hydroxyprolin Rich Glyco Proteins*)

FUNZIONI: DIFESA DA PATOGENI

Infezione fungina



Le **PGIP** (*PolyGalacturonase Inhibiting Proteins*) vegetali riconoscono le **poligalatturonasi fungine**



Rallenta la digestione delle pectine ed è favorita la produzione di oligogalatturonidi (frammenti di polisaccaridi che fungono da secondi messaggeri)



Attivazione delle risposte difensive (ad es. neosintesi di fitoalessine)

PARETE CELLULARE E IMPIEGHI COMMERCIALI

- **Carta, tessuti, fibre (cotone, lino, canapa ecc.)**
- **Carbone, legna e derivati del legno**
- **Altri derivati (estratti polisaccaridici modificati, per la produzione di plastiche, pellicole, rivestimenti, gel, addensanti)**
- **Riserva naturale di carbonio organico (ciclo del carbonio negli ecosistemi)**
- **Fonte di fibra nell'alimentazione umana e animale. Per esempio la mela oltre alla pectina, che è una fibra solubile, contiene anche fibre insolubili come cellulosa, emicellulosa e lignina.**

SEPARAZIONE CELLULARE

Consiste nel riarrangiamento (degradazione ed eventuale nuova sintesi), mediato da enzimi di parete, di molti dei polimeri matriciali della parete cellulare.

L'abscissione di organi, quali foglie, frutti, fiori interi e loro parti come i petali, che avviene per morte cellulare programmata comporta degradazione della lamella mediana e di conseguenza abscissione cellulare

Durante la maturazione del frutto con rammollimento della polpa il fenomeno è più blando dal punto di vista macroscopico. La separazione cellulare non è completa.



VERIFICA DELLE CONOSCENZE

1. Descrivi i principali costituenti della parete.
2. Descrivi i siti e i complessi enzimatici coinvolti nella sintesi dei principali costituenti della parete.
3. Descrivi la sintesi della cellulosa.
4. Descrivi la struttura citologica della parete primaria.
5. Descrivi le modificazioni alla quali può andare incontro la parete.
6. Descrivi le funzioni della parete.
7. Che cosa si intende per trasporto apoplastico e simplastico?
8. Che struttura e funzione hanno i plasmodesmi?
9. Nella parete sono presenti delle proteine, quali sono? Descrivere la loro funzione.
10. Descrivere la formazione della piastra cellulare.