

# cellulosa

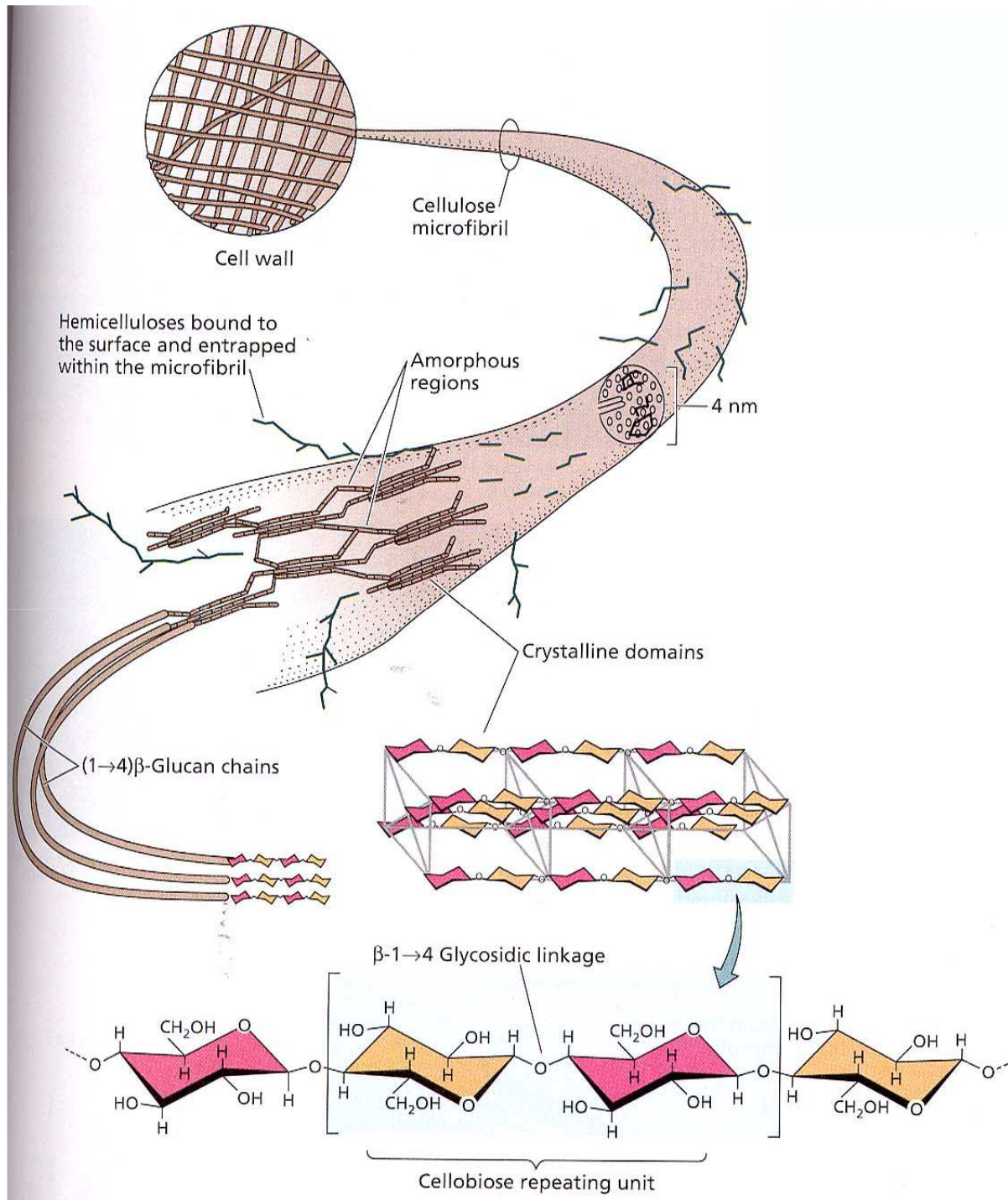
polimero lineare di D(+)glucosio in legame  $\beta(1\rightarrow4)$

costituisce circa il 30% del peso delle pareti primarie

## struttura a microfibrille

il grado di cristallizzazione e polimerizzazione è più elevato nelle  
pareti secondarie

l'orientamento delle microfibrille di nuova sintesi è perpendicolare  
all'asse di crescita della cellula



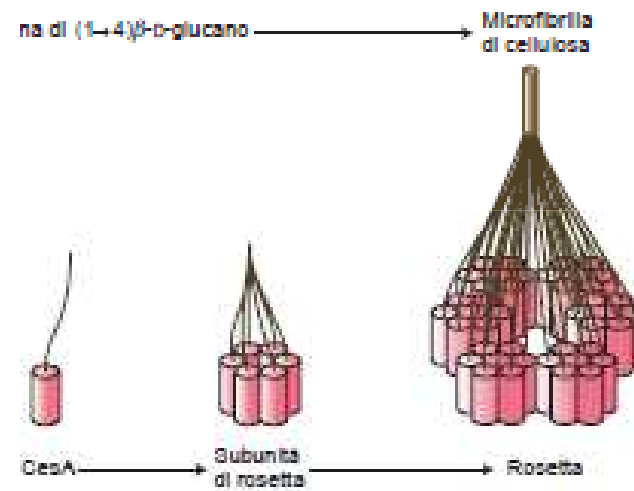
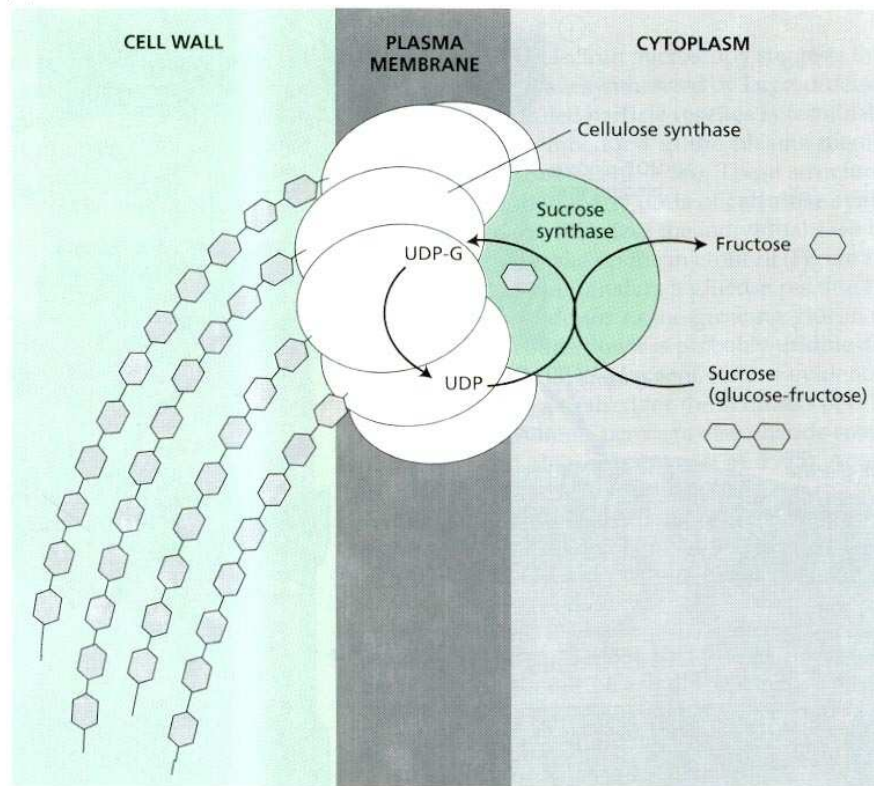
lunghezza catene: da circa 2000 a circa 20000 residui di glucosio

dimensioni microfibrille: da circa 30 catene (alghe) a circa 200 catene diametro 5-15 nm)

# complesso enzimatico della cellulosa sintasi

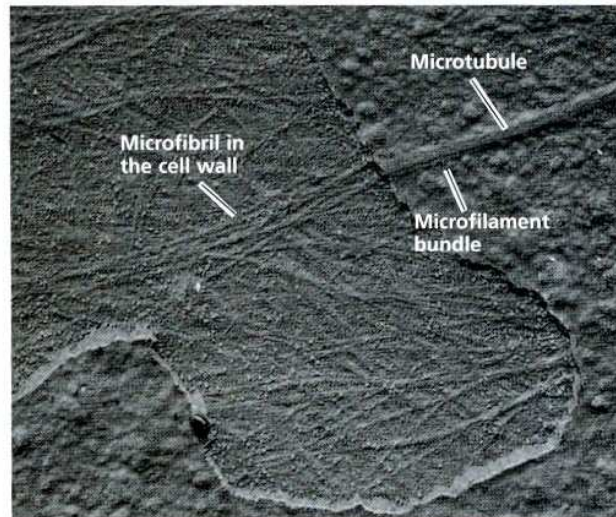
famiglia multigenica Cesa

(B)

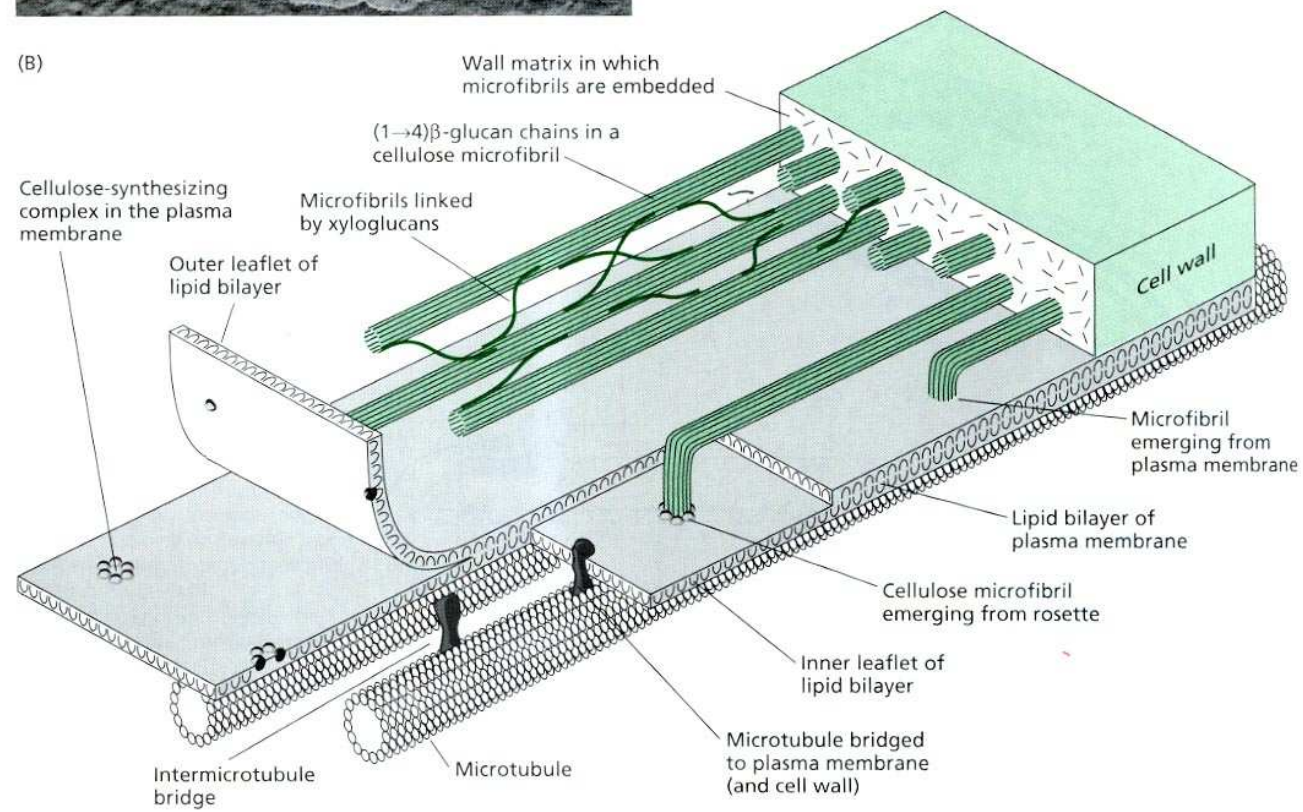


Saccarosio sintasi: Saccarosio + UDP  $\longrightarrow$  UDP-Glucosio + Fruttosio

(A)



(B)



# MATRICE

fase amorfa della parete

alto contenuto in H<sub>2</sub>O

polisaccaridi

emicellulose

pectine

proteine

HRGP (estensine)

GRP

PRP

AGP

# EMICELLULOSE

gruppo eterogeneo di polisaccaridi  
alta variabilità (tessuti, specie)

XILOGLUCANI

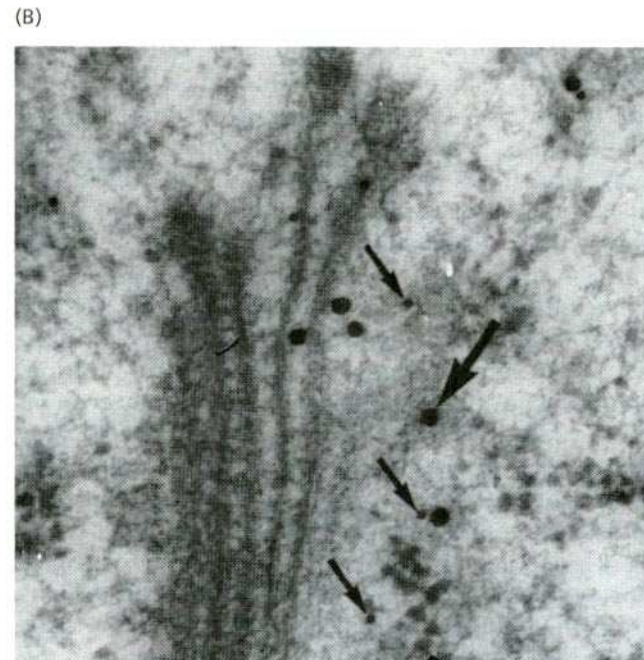
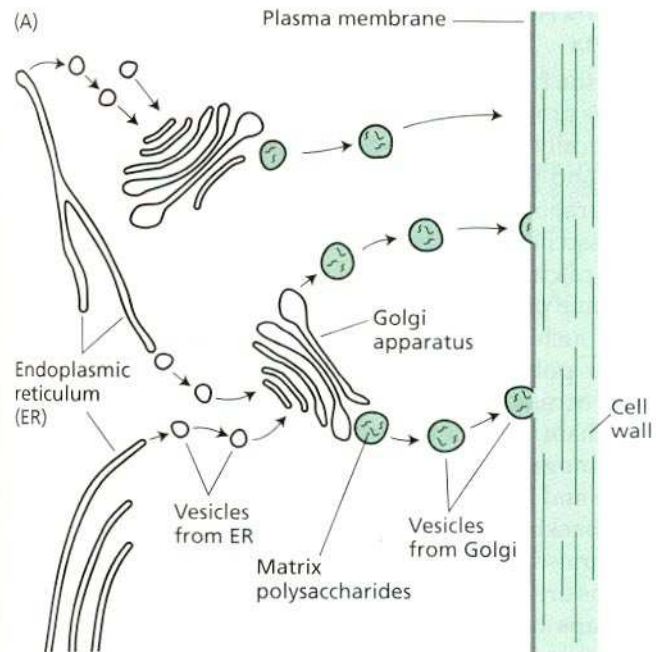
XILANI

$\beta$ GLUCANI

MANNANI

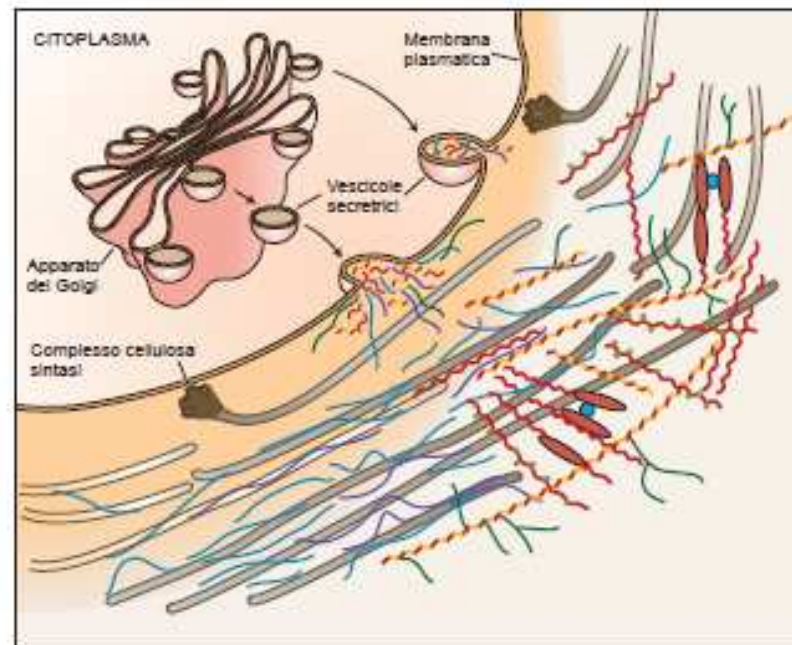
GLUCOMANNANI

non formano fibrille perché ramificati o non lineari

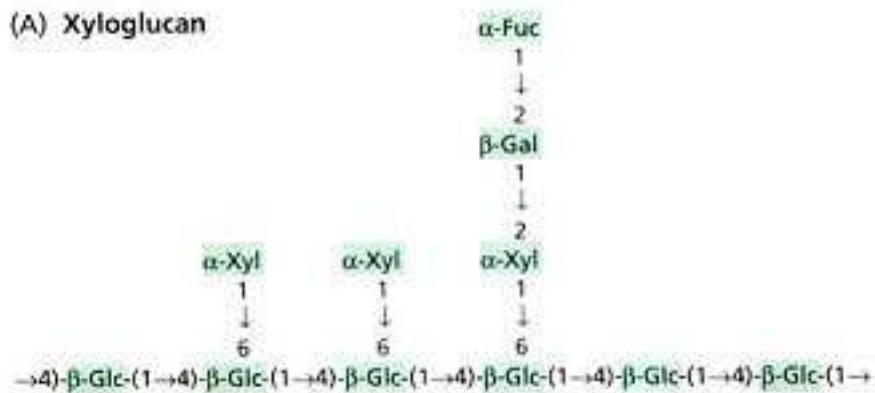


Sintetizzate nel Golgi  
da glucosiltrasferasi

famiglia multigenica Cs/



(A) Xyloglucan



## XILOGLUCANI

9-3000 kDa

20% peso secco dicotiledoni

2% peso secco monocotiledoni

polimero di unità di D(+)glucosio in legame  $\beta(1 \rightarrow 4)$ , con residui di xilosio legati in posizione 6

allo xilosio è legata una molecola di galattosio in posizione 2  
spesso al galattosio è legata una molecola di  $\alpha$ fucosio

(B) Xylans



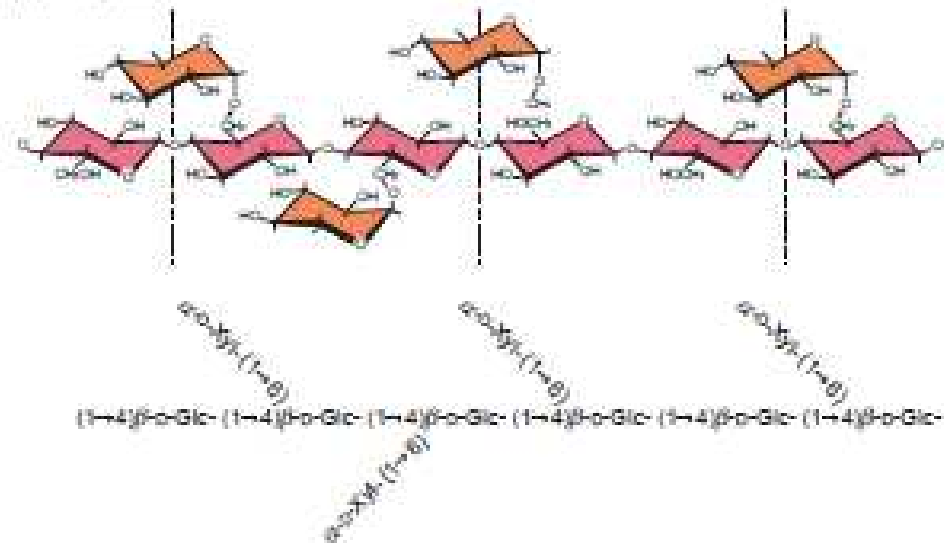
## XILANI

emicellulose più abbondanti nella parete  
primaria delle monocotiledoni

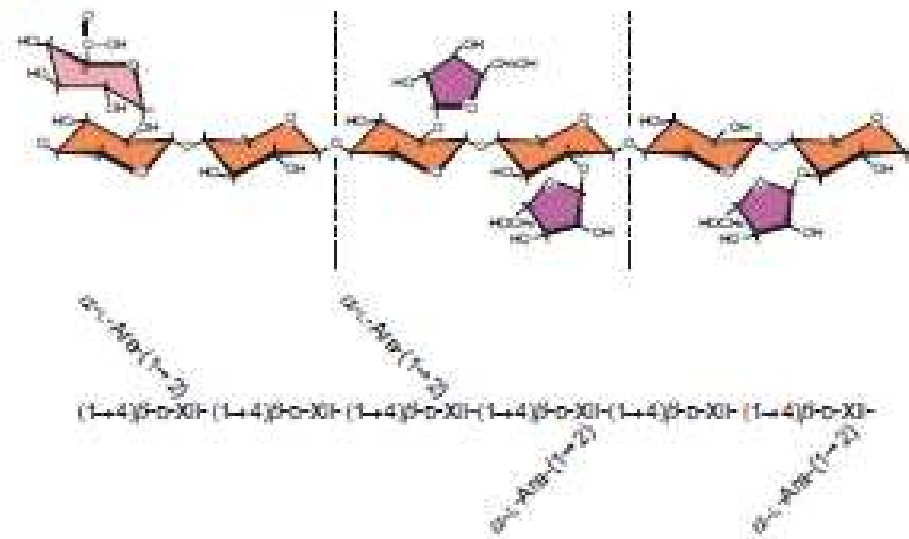
polimero lineare di D-xilosio in legame  $\beta(1\rightarrow 4)$

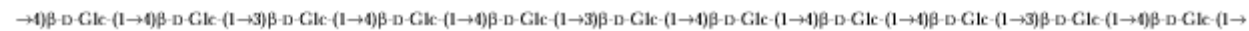
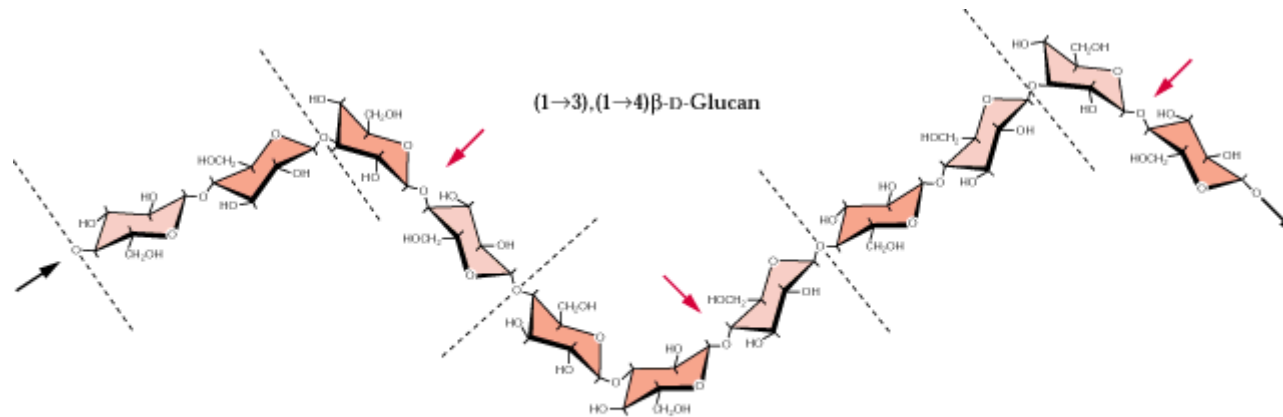
diverse catene laterali in posizione O-2 e O-3 (arabinosio e acido 4-ossi-  
metil glucuronico)

(A) Xiloglucano



(B) Glucurono arabin oxilano



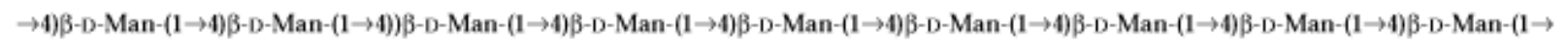


## βGLUCANI

tipici delle graminacee

polimeri di D(+) glucosio in legame β(1→3) e β(1→4)





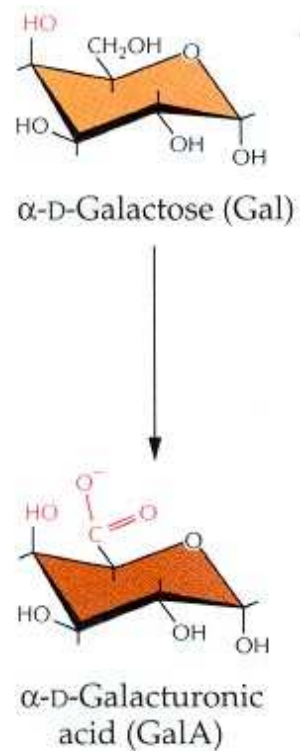
# MANNANI

endosperma dei semi

mannosio in legame  $\beta(1\rightarrow4)$

# PECTINE

Gruppo eterogeneo di polisaccaridi contenenti uno zucchero acido, l'**acido galatturonico**, e residui di ramnosio, arabinosio, galattosio e xilosio

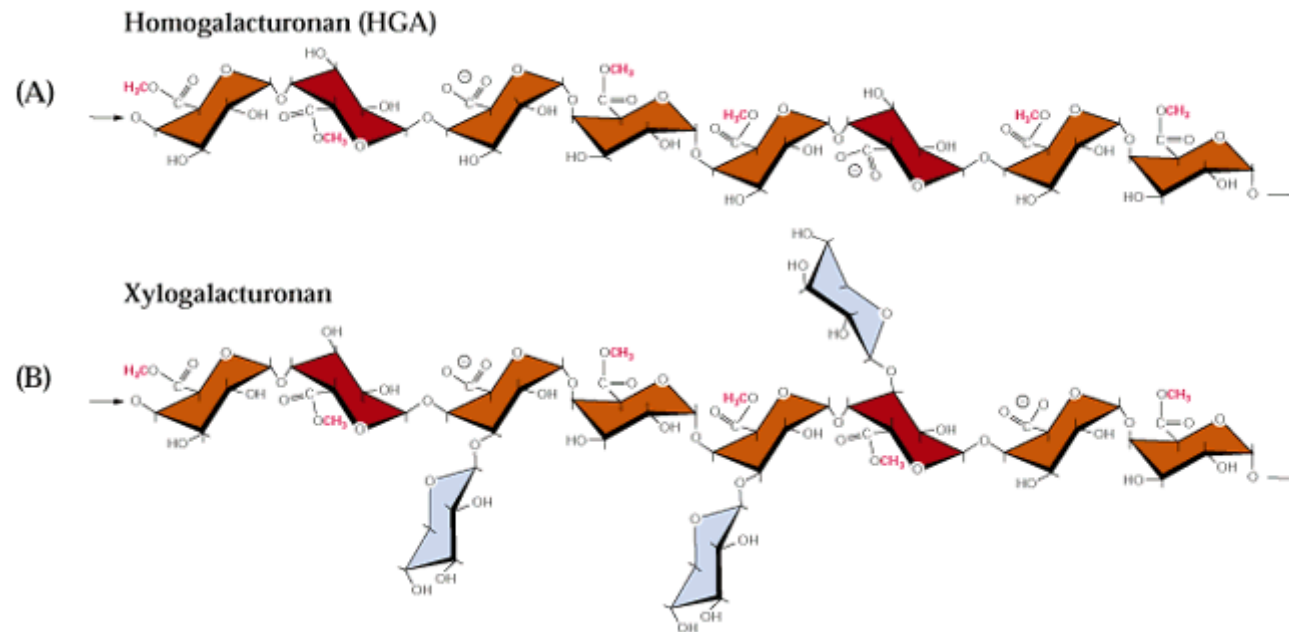


Il gruppo acido può essere esterificato

formano gel in presenza di ioni bivalenti (gelatine di frutta)

## Omogalatturonano (acido poligalatturonico)

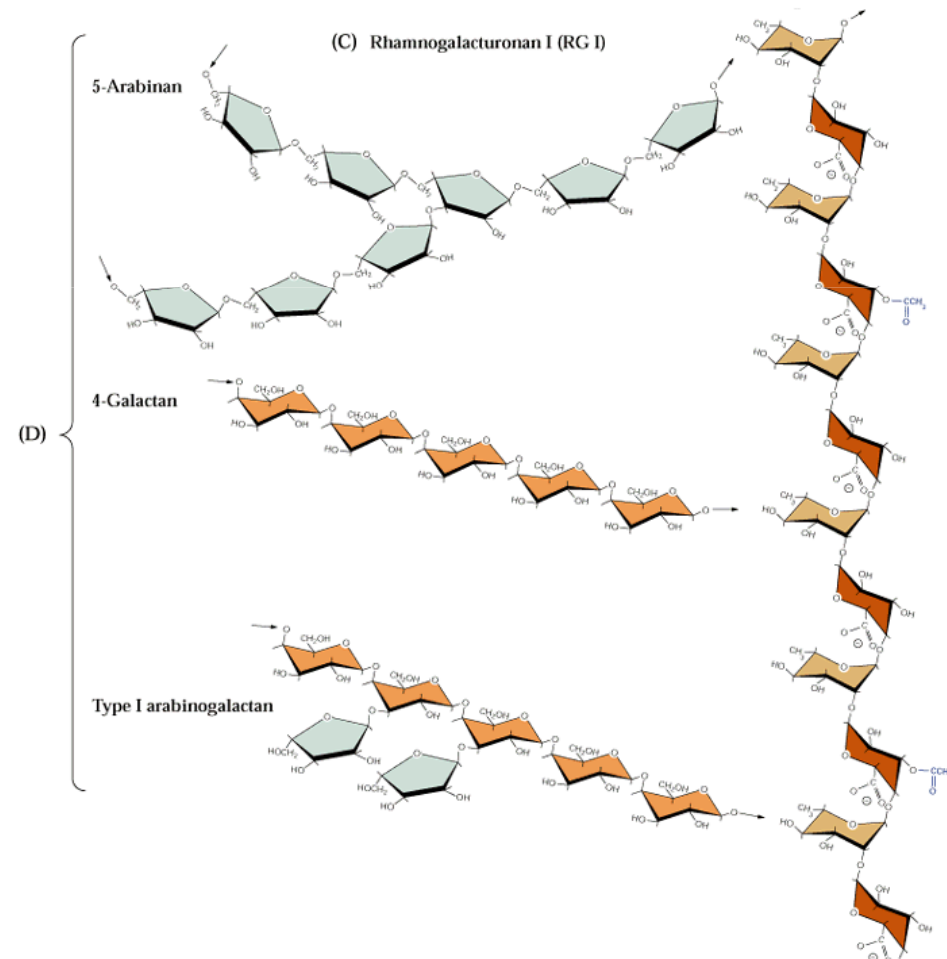
polimero lineare di unità di acido  $\alpha$ -D galatturonico unite da legami 1-4  
(circa 200 unità, 100 nm)



## Ramnogalatturano Tipo I

è la pectina più abbondante. Polimero composto da unità ripetute del disaccaride  $2) \rightarrow \alpha\text{-D-Rha-(1} \rightarrow 4) \alpha\text{-D-Gal-(1} \rightarrow$

catene laterali legate al Rha ( $1 \rightarrow 5$  o  $1 \rightarrow 4$ )

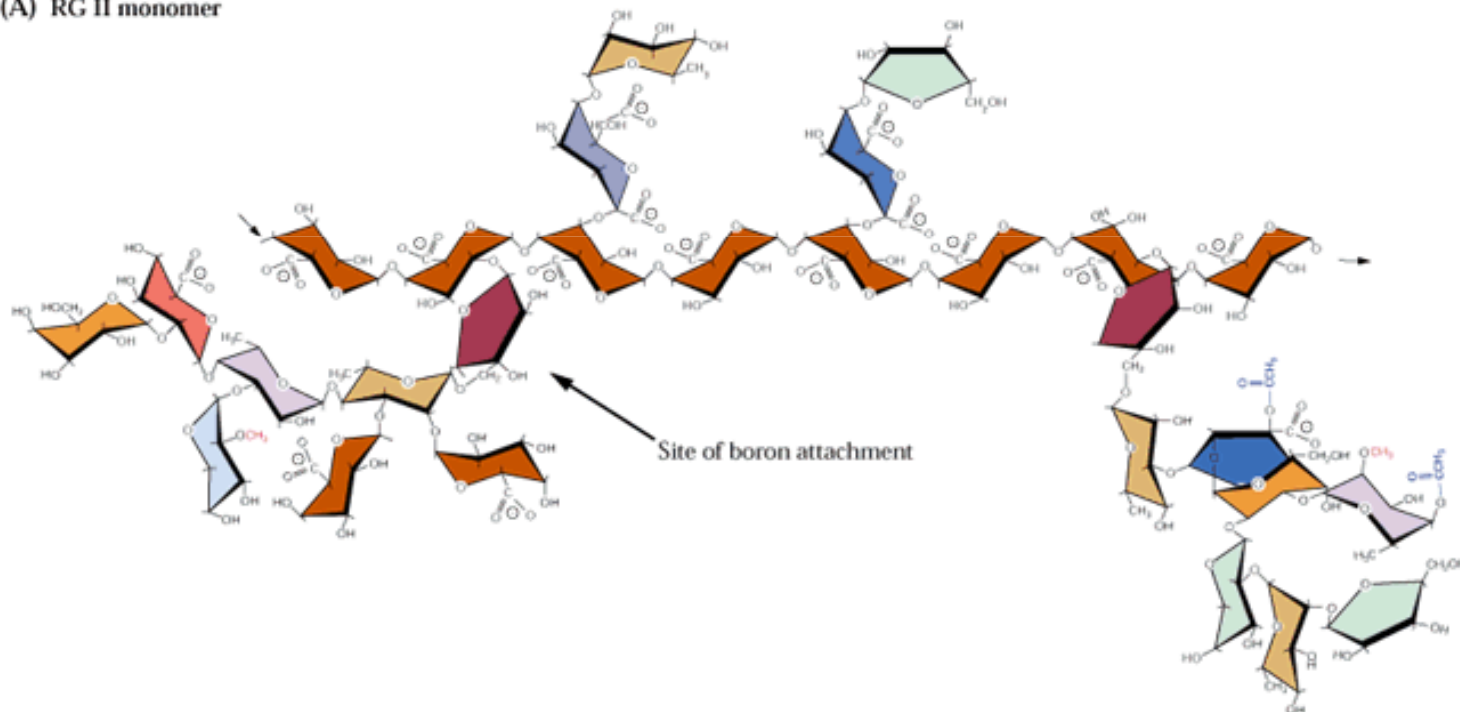


## Ramnogalatturonano Tipo II

struttura molto complessa (almeno 10 zuccheri differenti)

forma dimeri (legami con boro)

(A) RG II monomer



# PROTEINE DELLA PARETE

ESTENSINA (HRGP) motivo Ser-(Hyp)<sub>4</sub>

residui di idrossiprolina glicosilati (arabinosio)

alcune serine glicosilate (galattosio)

forma legami intermolecolari → insolubile

## FUNZIONI

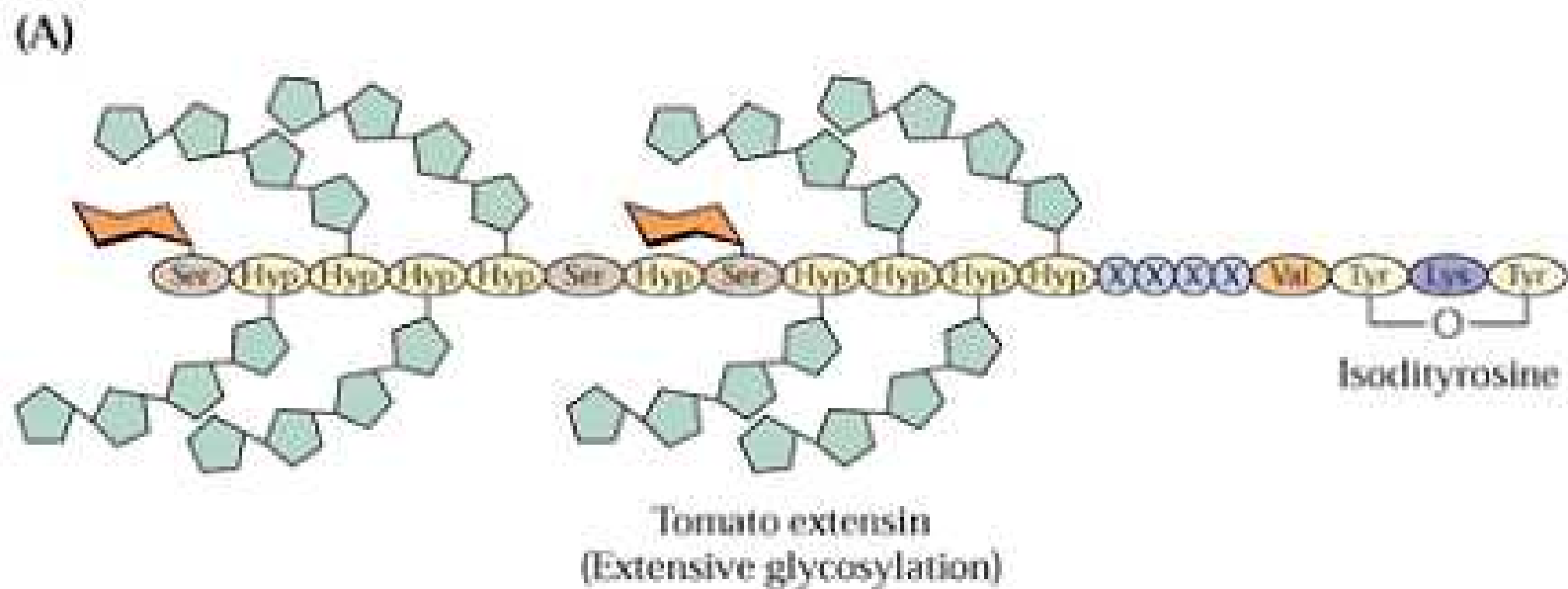
limitazione dell'estensione cellulare  
resistenza a patogeni

PRP (proline -rich protein)

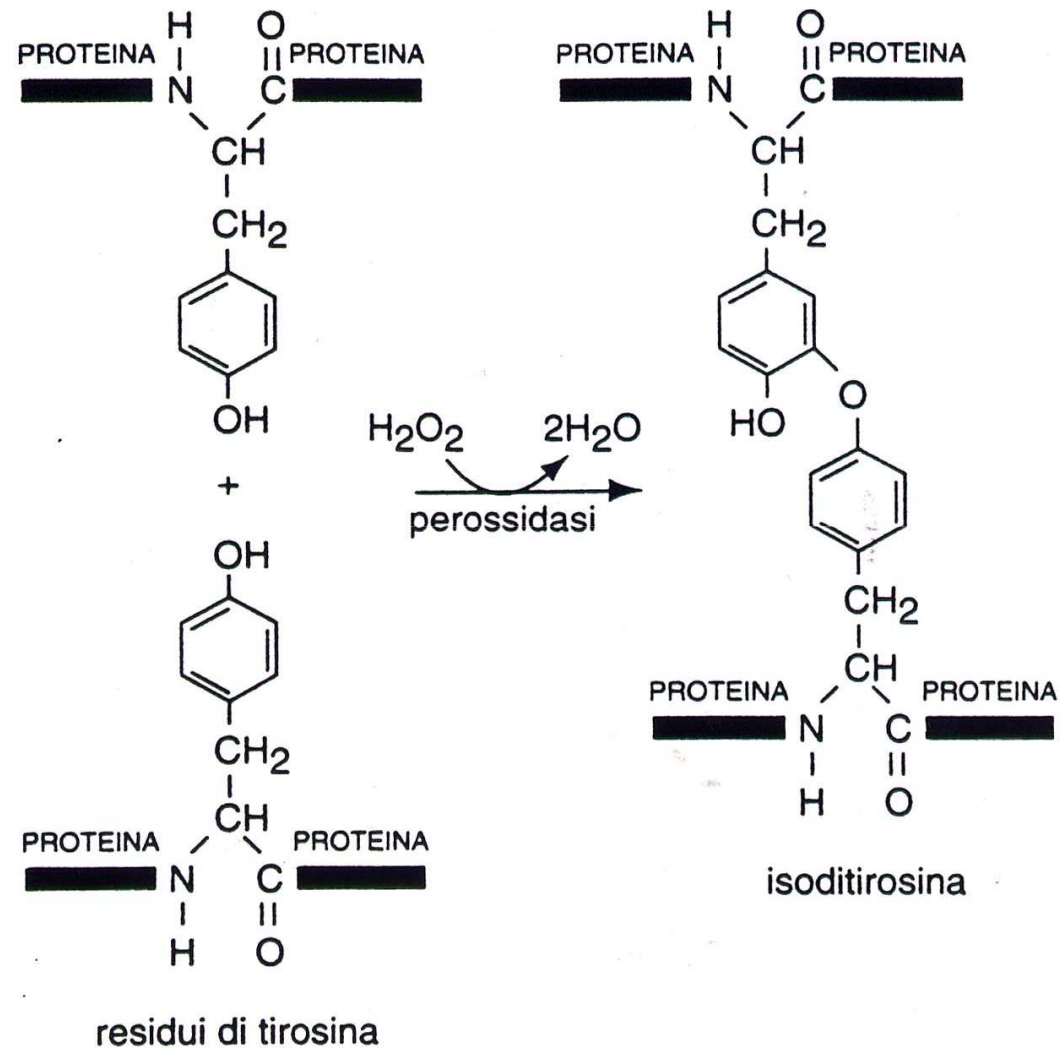
GRP (glycine -rich protein)

AGP (proteine arabino galattaniche)

## ESTENSINA (HRGP)



Localizzate nel cambio, nel parenchima del floema e negli sclerenchimi





Petunia GRP  
(No glycosylation)

**GRP** : 70% di glicina; localizzate nei vasi xilematici

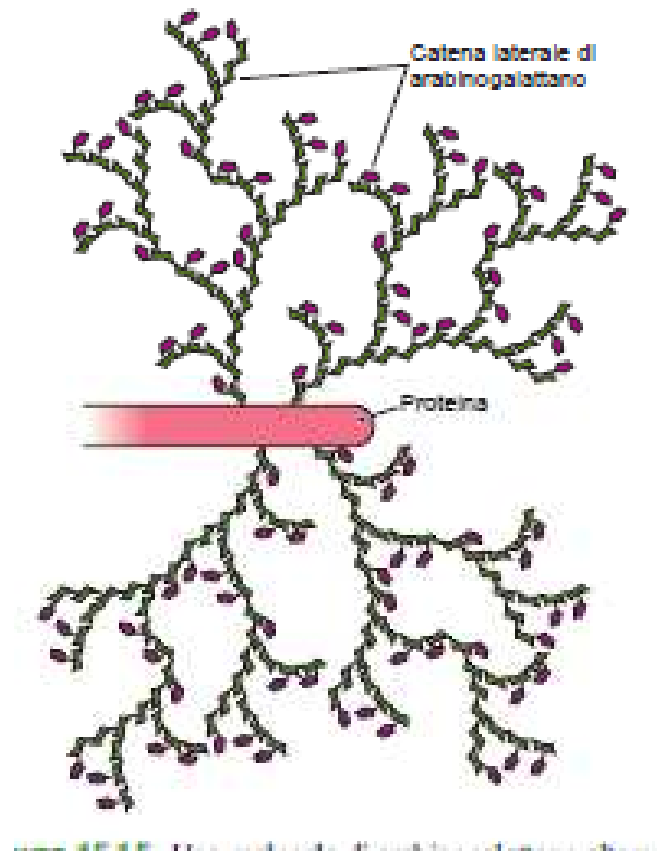


Soybean PRP  
(Low glycosylation)

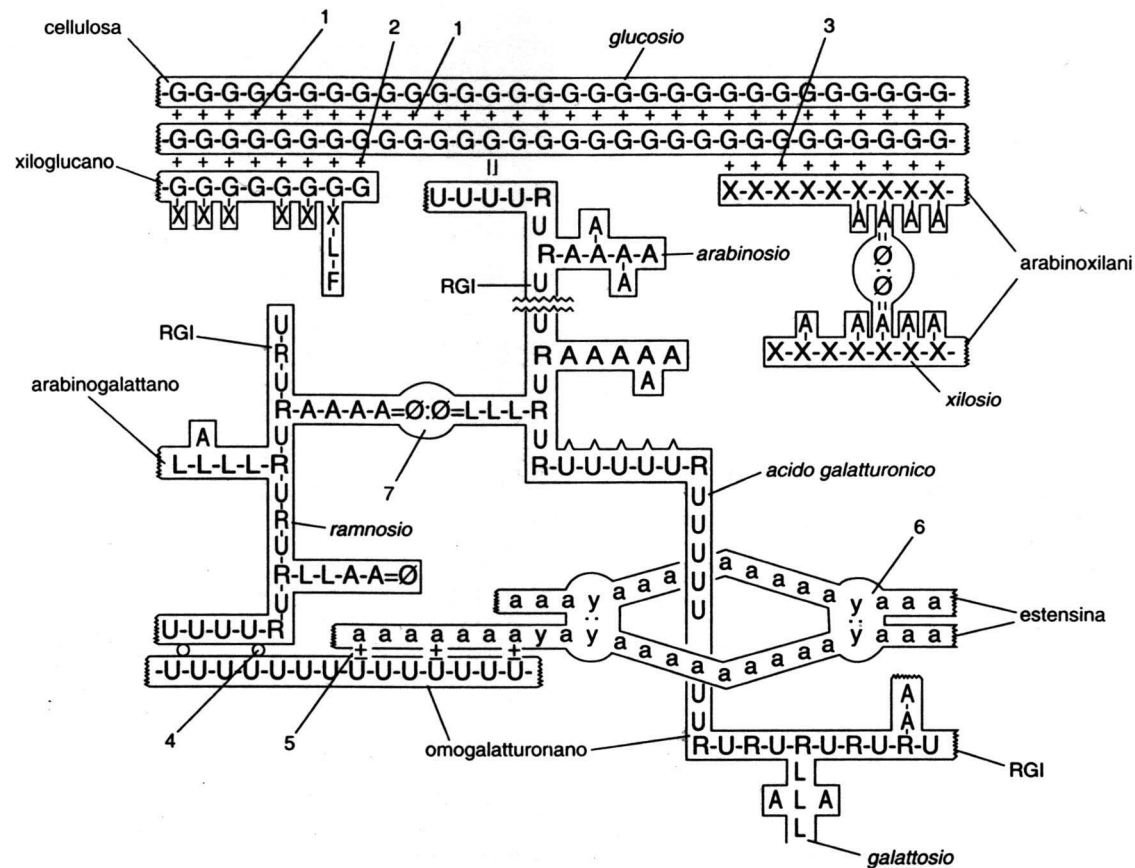
**PRP**: unità ripetitiva Pro-Pro-X-X-Lys; localizzate nei vasi xilematici, nelle fibre e nel cortex

La quantità varia a seconda del tipo cellulare la maturazione o diversi stimoli  
p es l'attacco di patogeni

**AGP**: altamente glicosilate, arabinogalattano (90%)

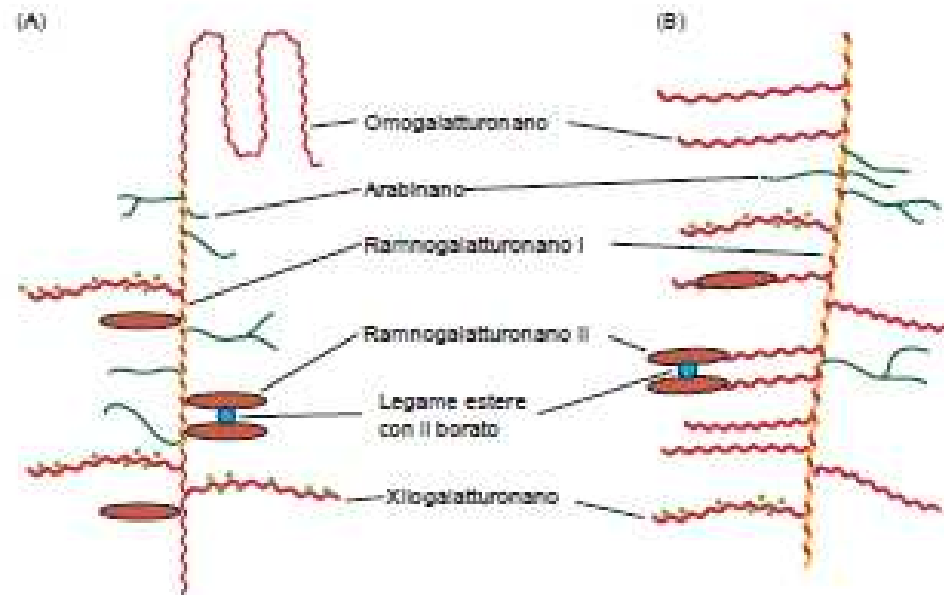


## i diversi tipi di legame tra i componenti della parete

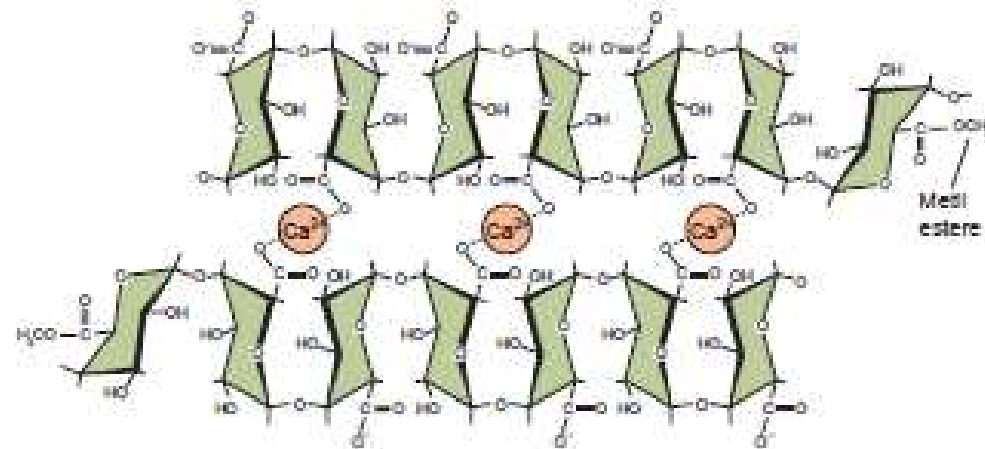


**Fig. 11.18.** Lo schema rappresenta i più importanti tipi di legame che sono stati finora identificati tra i componenti della parete primaria. + = legami idrogeno; 1 = cellulosa-cellulosa; 2 = xiloglucano-cellulosa; 3 = xilano-cellulosa; o = ponti di calcio; 4 = omogalatturonani-omogalatturonani; 5 = estensina-pectina; 6 = estensina-estensina; 7 = pectina-pectina; - = legami glicosidici; y:y = isoditrosati; Ø = acido ferulico. (Da S. Fry, 1988).

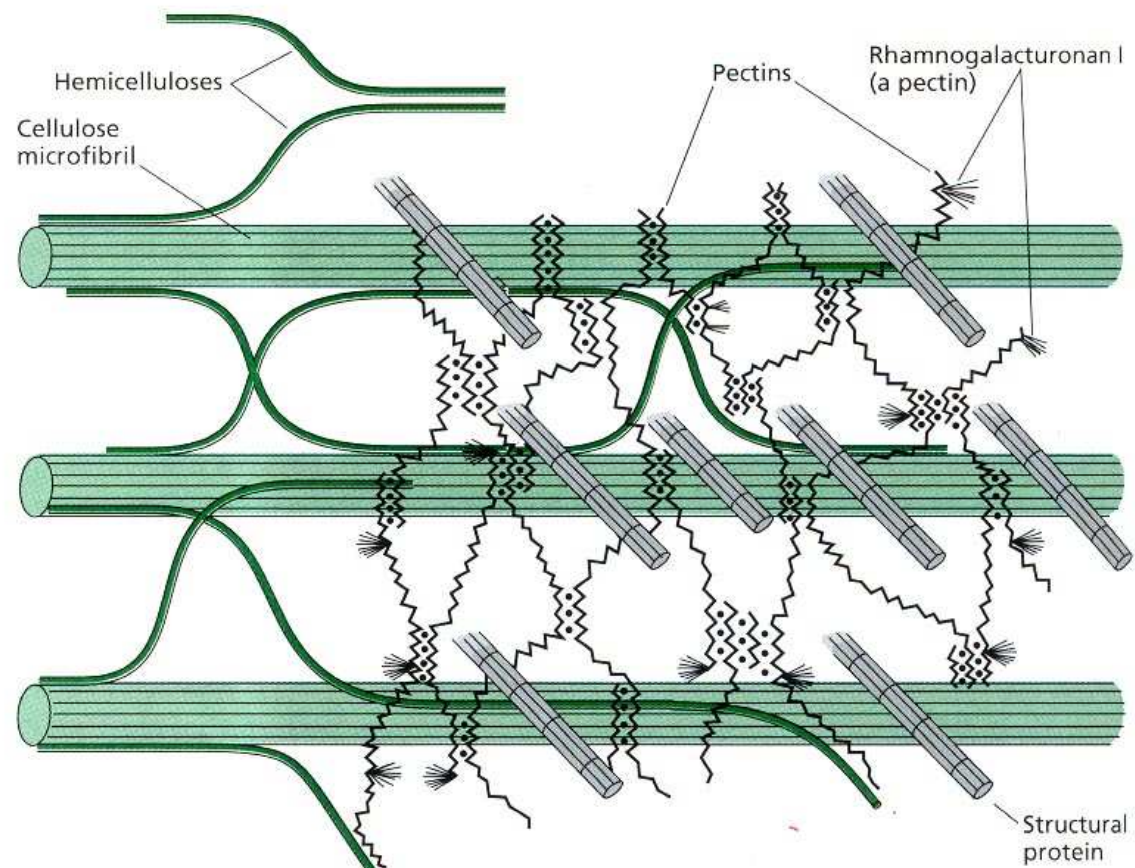
# Legami tra pectine



(C) Legame ionico delle pectine con il calcio



## modello trama-ordito



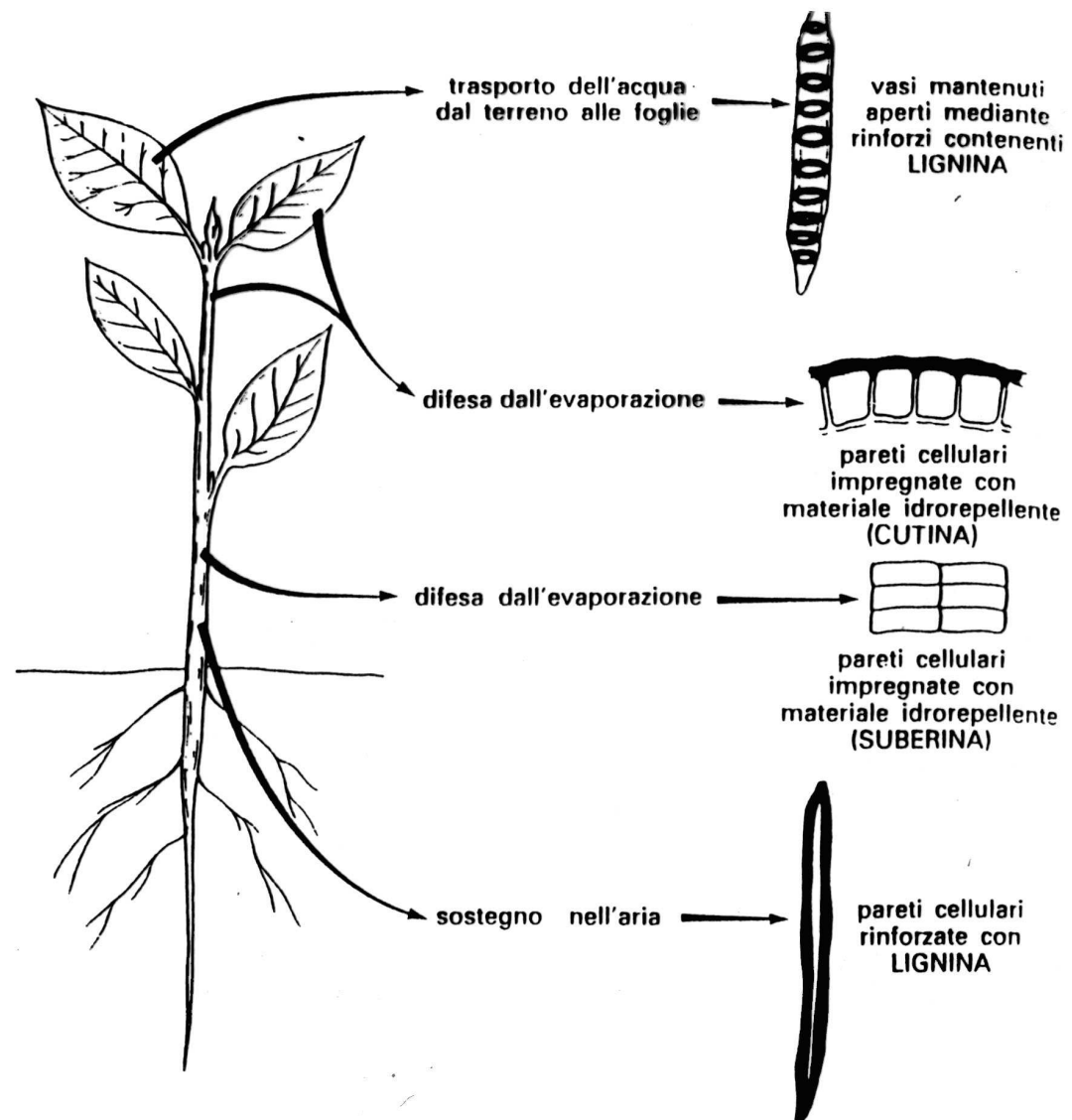
## PARETE SECONDARIA

cessazione crescita → ispessimento della parete primaria per stratificazione di materiale

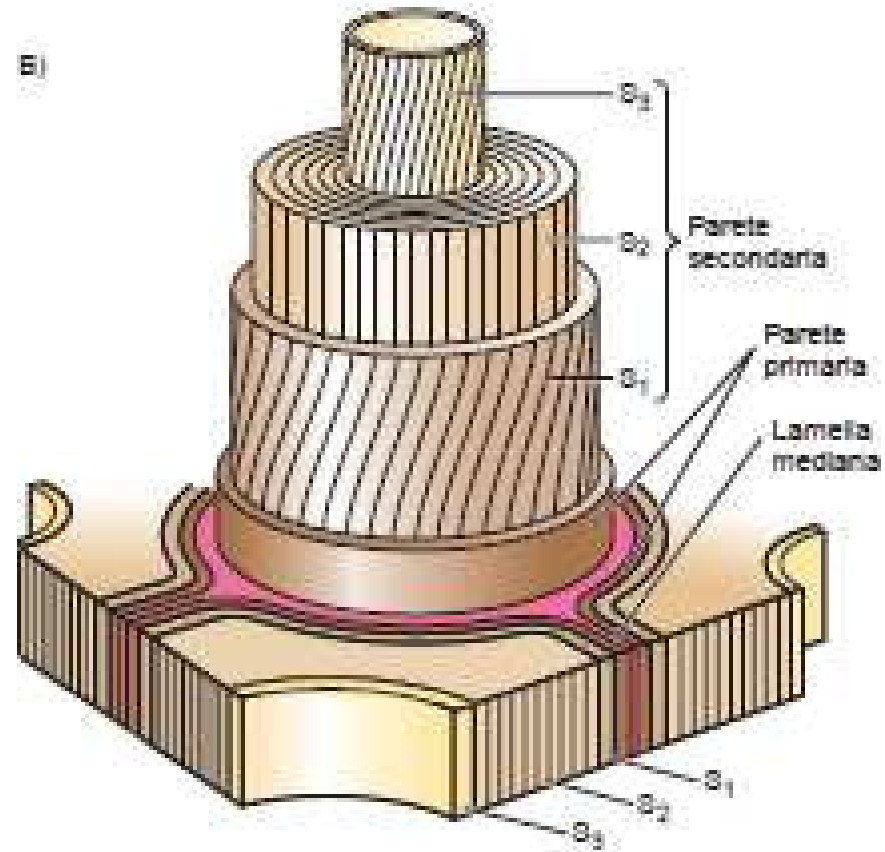
- forma cellulare
- sostegno meccanico della pianta
- difesa
- riduzione della traspirazione

componenti:

cellulosa (in strati sovrapposti)  
cuticola (cutina e cere)  
suberina  
lignina



Organizzazione della parete cellulare in cellule con parete secondaria (tracheidi)

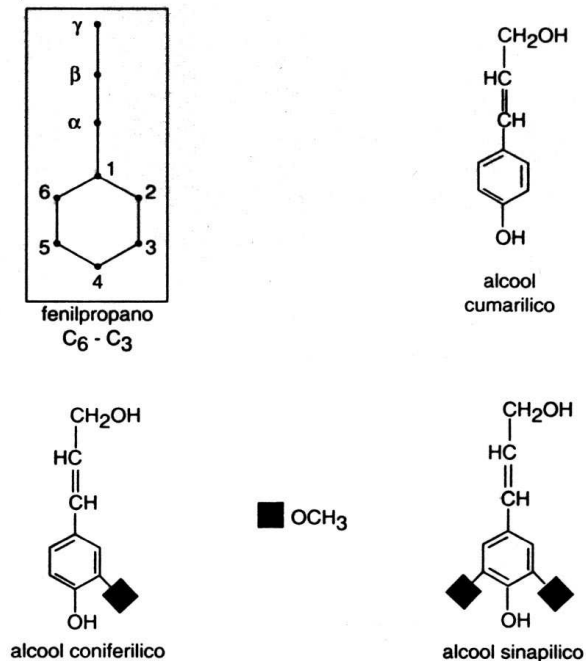


# LIGNINA

polimero di natura fenolica

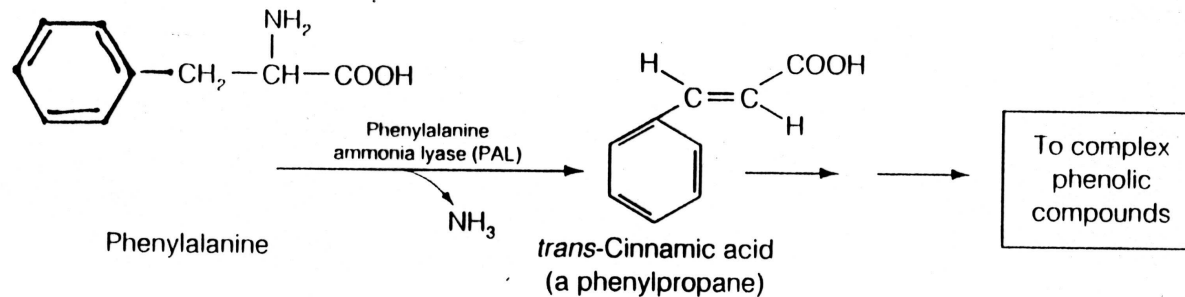
costituenti:

alcol coniferilico  
alcol sinapilico  
alcol cumarilico



**Fig. 11.22.** Rappresentazione di una unità di fenilpropano e dei monomeri costitutivi della lignina. (Da D. Robert e J.C. Roland, 1989).

la via metabolica inizia dalla fenilalanina, che si forma dalla via dell'acido scichimico



**FIGURE 13.16.** The deamination of phenylalanine to *trans*-cinnamic acid is an important step in phenolic biosynthesis in most species of plants. *trans*-Cinnamic acid, a phenylpropane, is an important building block of more complex phenolic compounds. This reaction is catalyzed by phenylalanine ammonia-lyase (PAL).

PAL= fenilalanina ammoniacali

enzima regolatore del metabolismo secondario

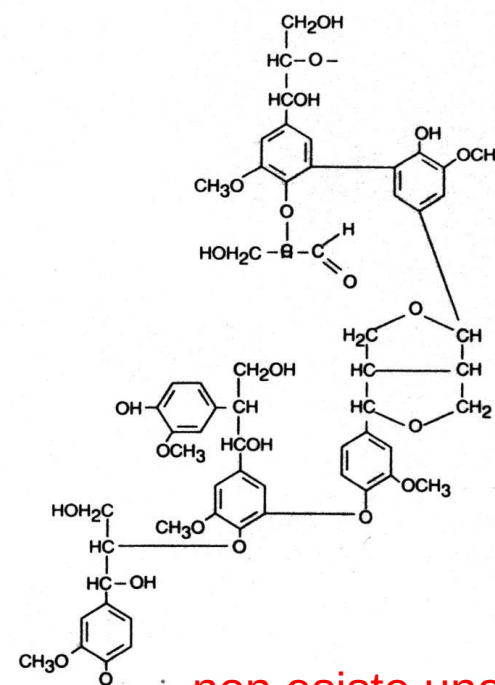
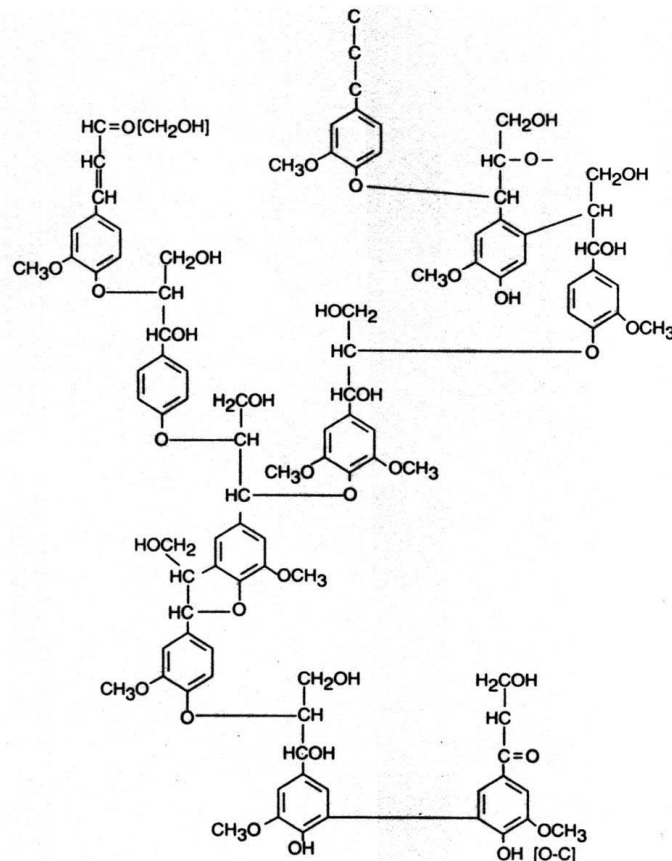
sotto il controllo (enzima inducibile) di:

- luce
- ormoni
- ferite
- infezioni fungine

la polimerizzazione avviene mediante un meccanismo ossidativo  
che comporta la formazione di radicali liberi

perossidasi: emoproteina  $H_2O_2$ -dipendente

laccasi: ossidasi  $O_2$ -dipendente

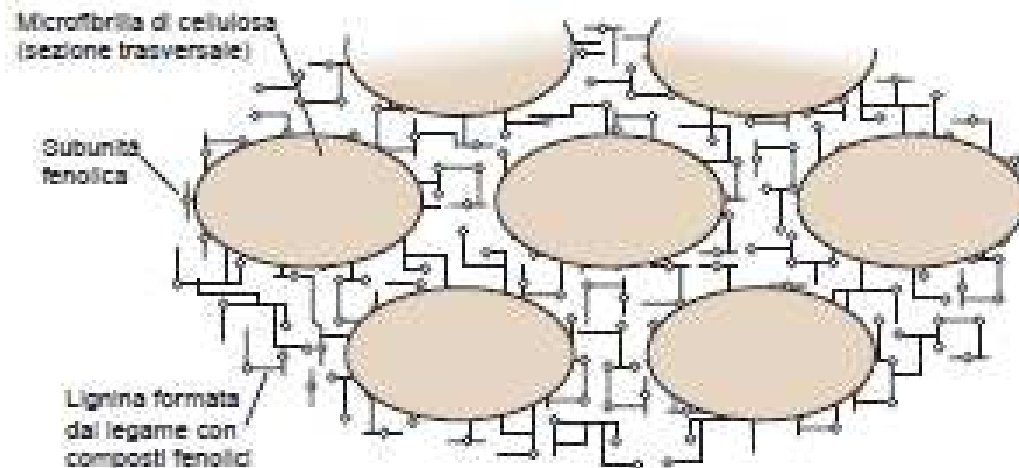


non esiste una unità ripetitiva

**Fig. 11.23.** Rappresentazione schematica di una porzione del reticolo della lignina in alcune gimnosperme. Le unità del fenilpropano sono legate con diversi tipi di legame. (Da Adler, 1977).

## Parete secondaria

- Lignina
- Xilani invece di xiloglucani
- Maggiore percentuale di cellulosa
- Microfibrille orientate parallelamente



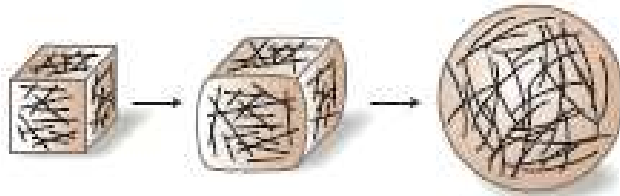
## ESPANSIONE CELLULARE

Determinata dal TURGORE CELLULARE

La direzionalità è determinata dalla struttura della parete

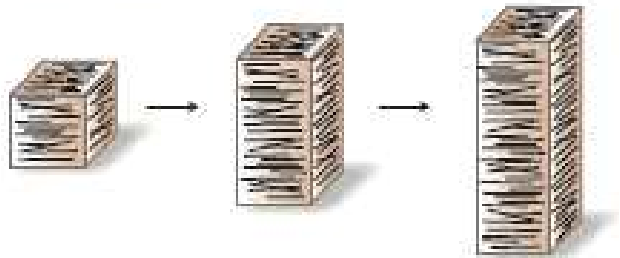
## ORIENTAMENTO DELLE MICROFIBRILLE DI CELLULOSA

(A) Microfibrille di cellulosa orientate a caso



Orientamento isotropo

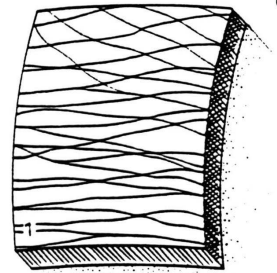
(B) Microfibrille di cellulosa trasversali



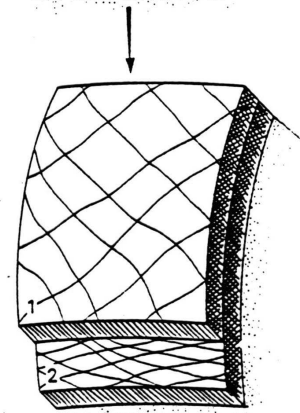
Orientamento anisotropo  
(trasversale all'asse di crescita)

primo strato di parete  
primaria appena deposto

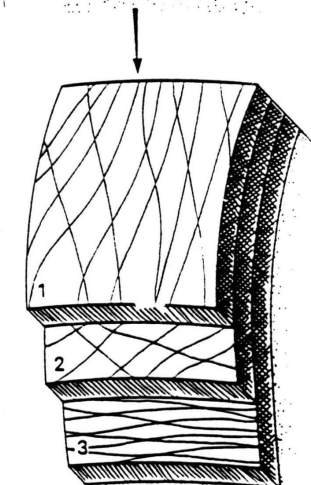
citoplasma



Asse longitudinale della  
cellula lungo il quale av-  
viene prevalentemente  
l'accrescimento.



Il citoplasma fabbrica un  
nuovo strato di parete: lo  
strato 1 si sposta più all'e-  
sterno e le sue microfibril-  
le cominciano a orientarsi  
più longitudinalmente.



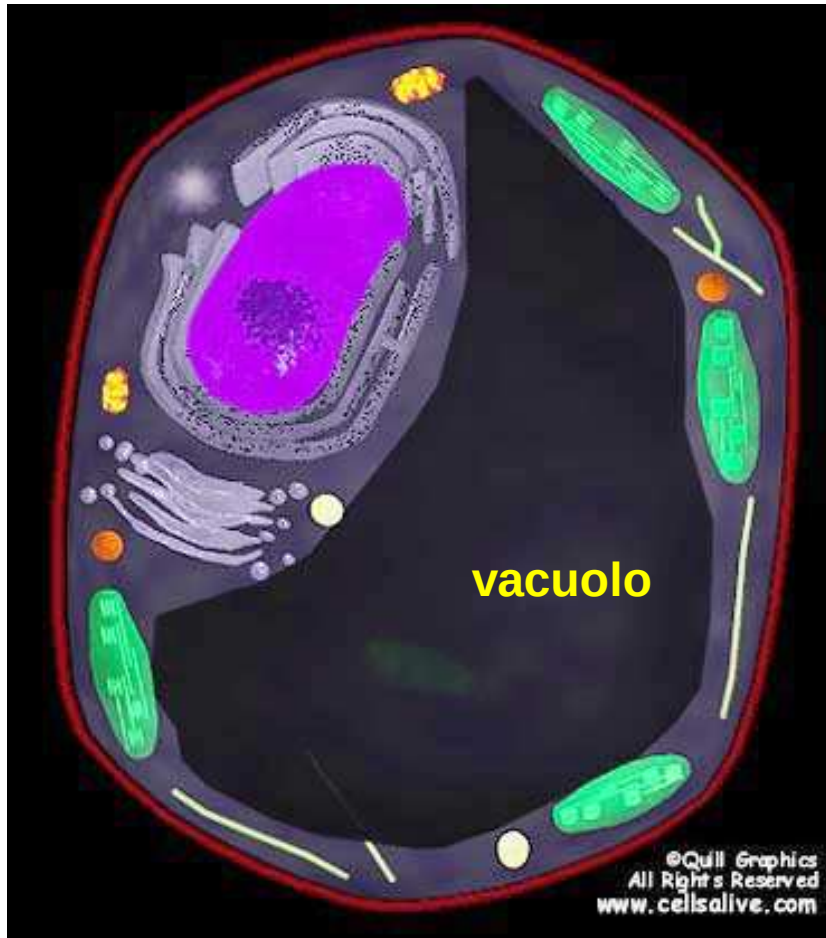
Un nuovo strato di parete  
viene aggiunto: i due str-  
ti precedenti s' spostano  
verso l'esterno e riorienta-  
no longitudinalmente le  
loro microfibrille.

# LA CRESCITA PER DISTENSIONE

## **AUMENTO DELLE DIMENSIONI SENZA DIVISIONE CELLULARE**

CONSENTE ALLE PIANTE DI RAGGIUNGERE DIMENSIONI NOTEVOLI  
CON RISPARMIO ENERGETICO E BIOSINTETICO

(espansione della superficie fogliare per la cattura dell'energia luminosa)



Il vacuolo accumula sostanze



aumenta la concentrazione  
osmotica determinando una  
diminuzione del potenziale idrico



aumento della P di turgore  
(0,3-1 MPa)

Se la parete si rilassa,  
sotto la spinta del turgore  
la cellula aumenta di  
volume

**CRESCITA PER DISTENSIONE**

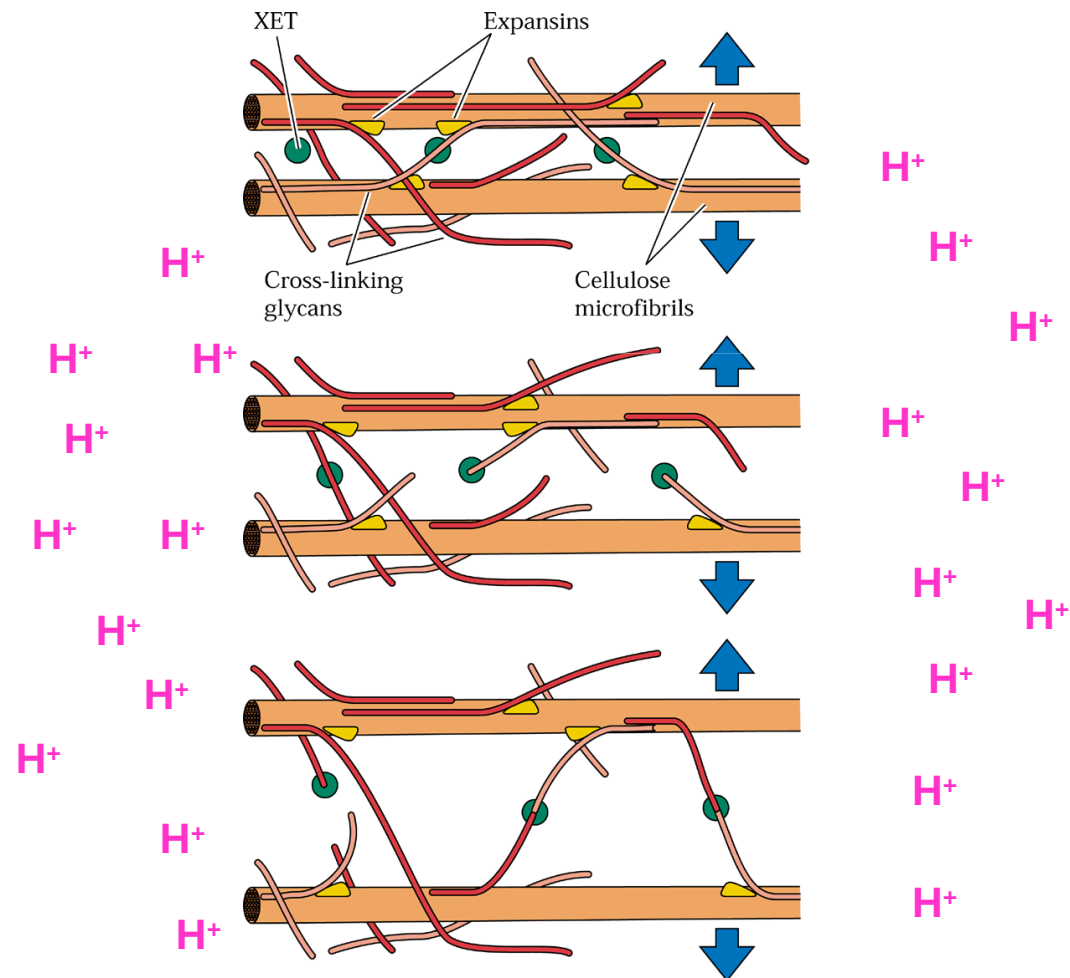
IL FATTORE DI RILASSAMENTO DELLA PARETE E' IL PROTONE

INFATTI LA CRESCITA PER DISTENSIONE E' CHIAMATA ANCHE  
CRESCITA ACIDA

LA CRESCITA E' ACCOMPAGNATA DA UN ABBASSAMENTO DEL pH  
DELLA PARETE CELLULARE

## crescita per distensione

Le **expansine** a valori di pH acidi sono in grado di interferire con la formazione dei legami idrogeno tra i polisaccaridi di parete



## Enzimi in grado di modificare la parete cellulare

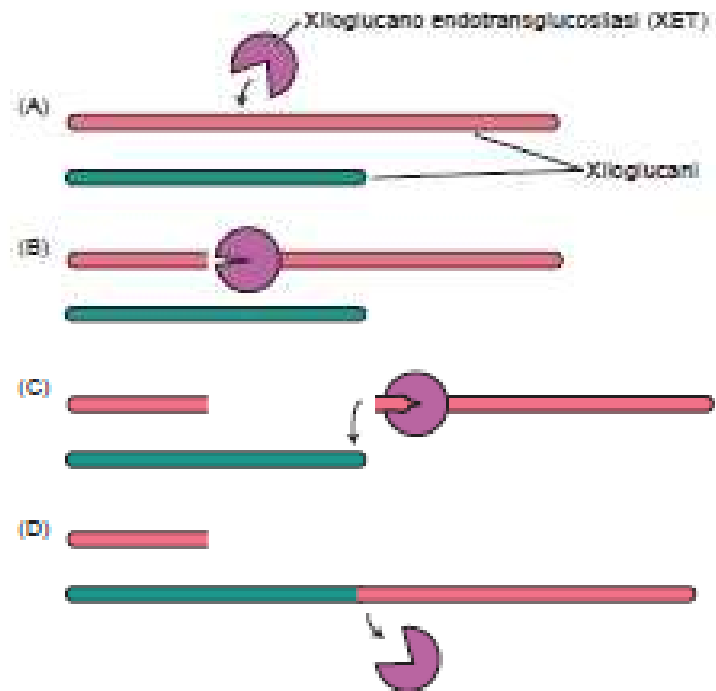
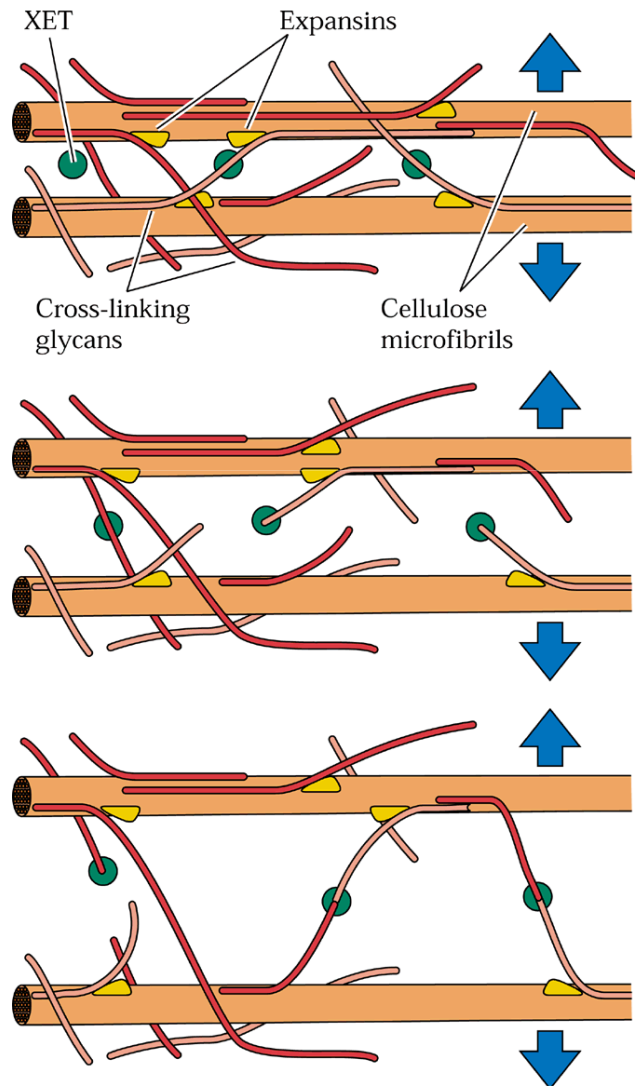
**Espansine:** rompono i legami idrogeno (in arabidopsis 2 famiglie multigeniche EXPA; EXPB)

**(1-4)  $\beta$ -d-glucanasi:** EGases; tagliano (1-4) $\beta$ -d glucani (xiloglucani)

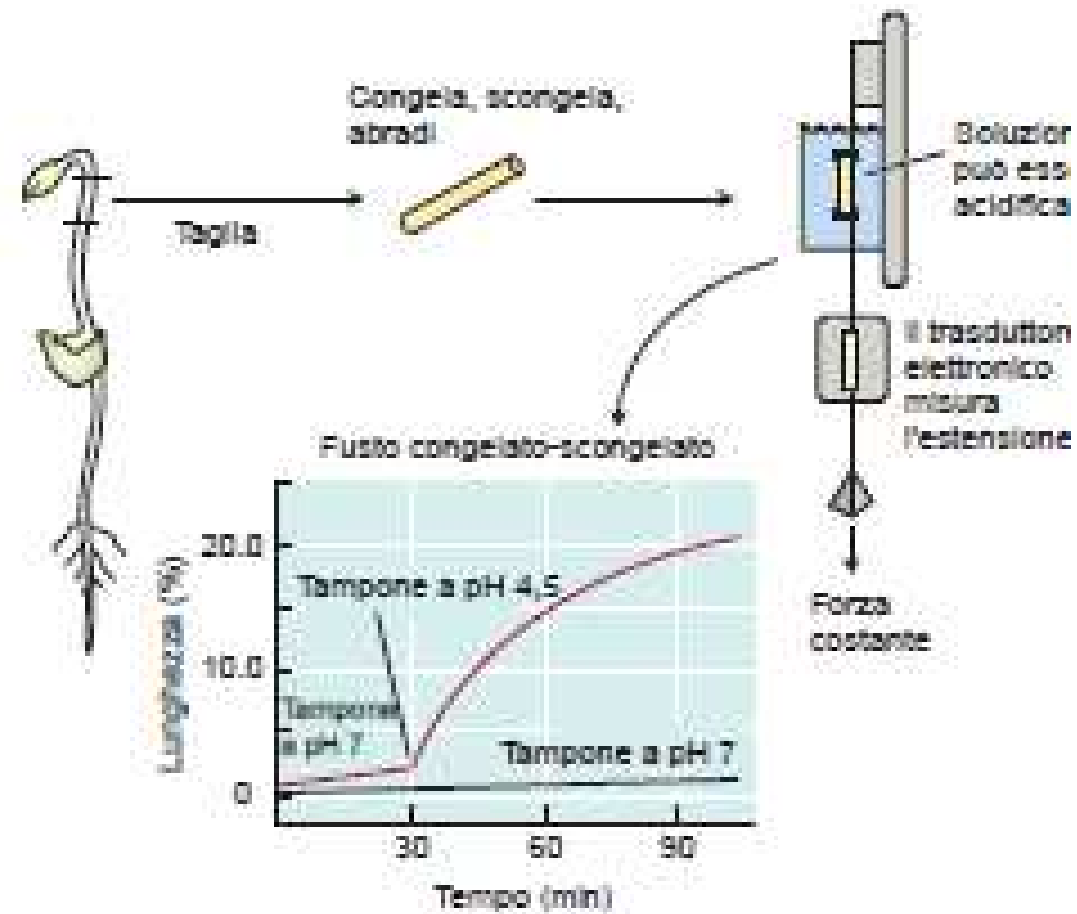
2 famiglie geniche: XTH (Xiloglucano endotransglicosilasi/idrolasi)  
(crescita)

EGasi (maturazione dei frutti , abscissione)

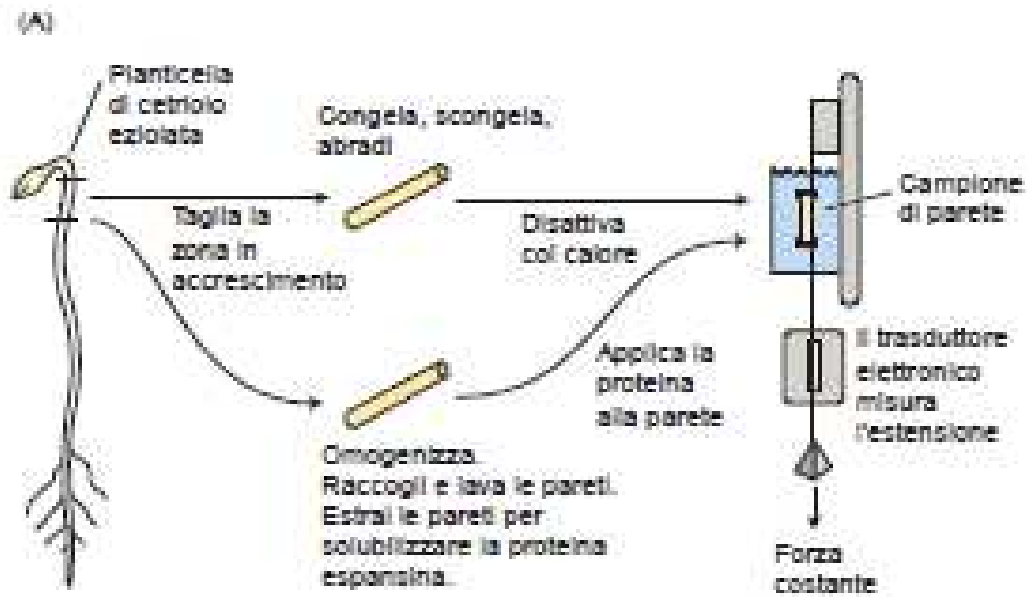
ALCUNI MEMBRI DELLA FAMIGLIA XTH ROMPONO E RIFORMANO  
LEGAMI TRA I GLUCANI **XET: Xiloglucanoendotransglicosilasi**



## ESTENSIMETRO: MISURA DELLA CRESCITA ACIDA



## MISURA DELL'ESTENSIBILITA' DI PARETI CELLULARI ISOLATE



## Protezione da microorganismi patogeni

### Produzione di molecole segnale

