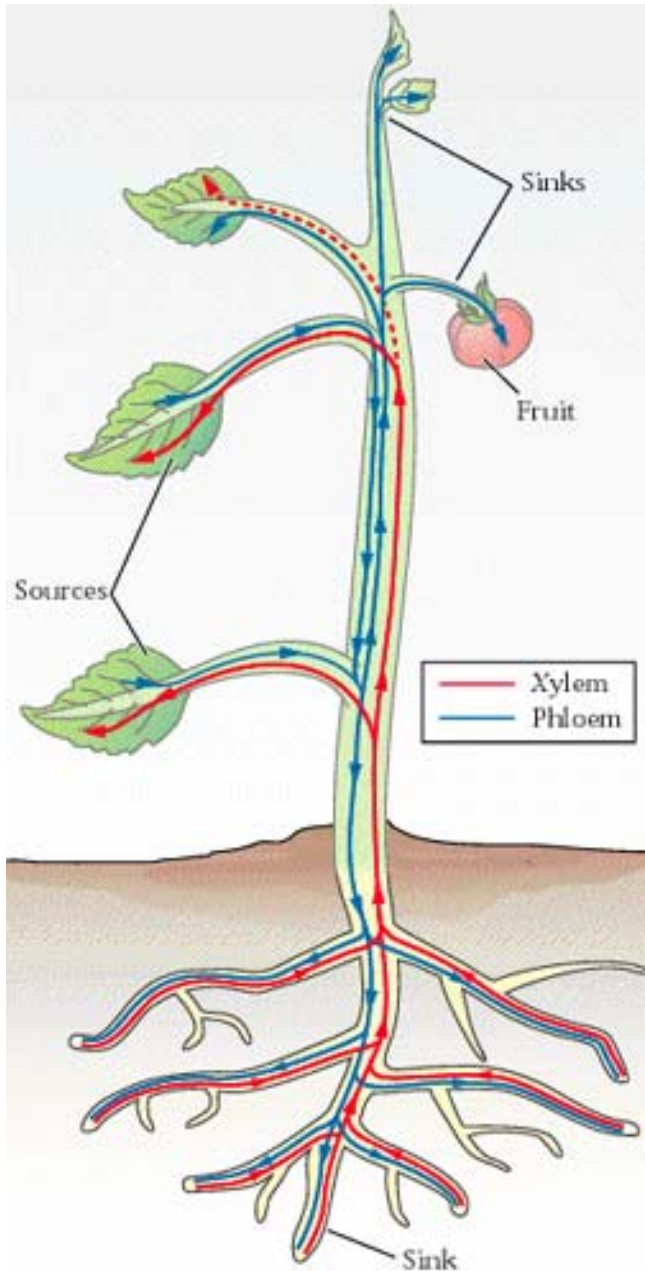


TRASLOCAZIONE NEL FLOEMA

TESSUTO VASCOLARE



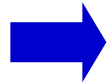
floema

responsabile
del trasporto
di H_2O e di
vari composti
nella pianta

xilema

responsabile del
trasporto di H_2O
e nutrienti dalle
radici alle foglie

Trasporto Floematico

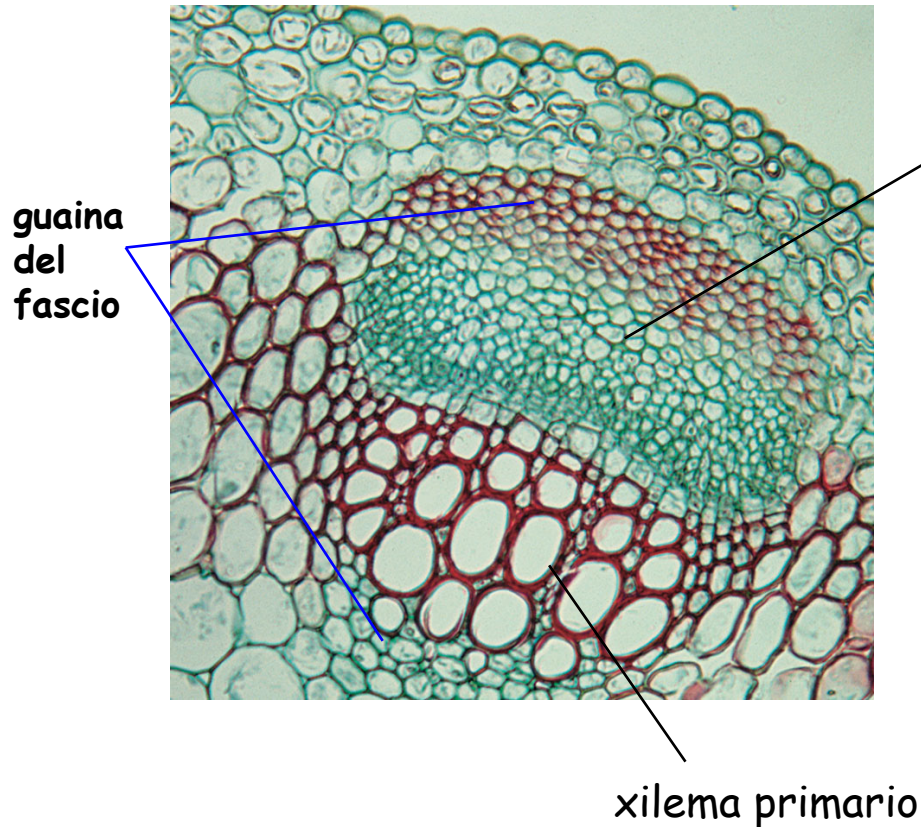


Il floema è il tessuto in grado di traslocare i prodotti della fotosintesi da foglie adulte ad aree di accrescimento ed accumulo comprese le radici

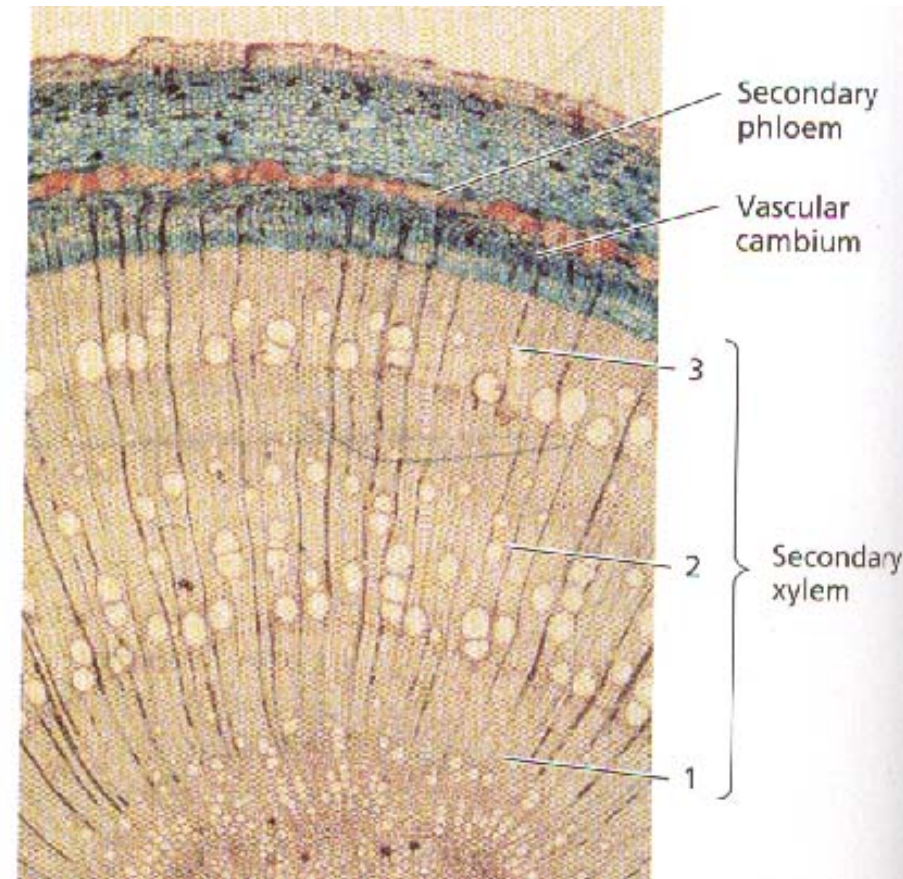


Ridistribuisce anche l'acqua ed altri composti attraverso la pianta intera

Il Floema si trova nella parte esterna dei fasci vascolari



**fascio vascolare di trifoglio:
sezione trasversale**

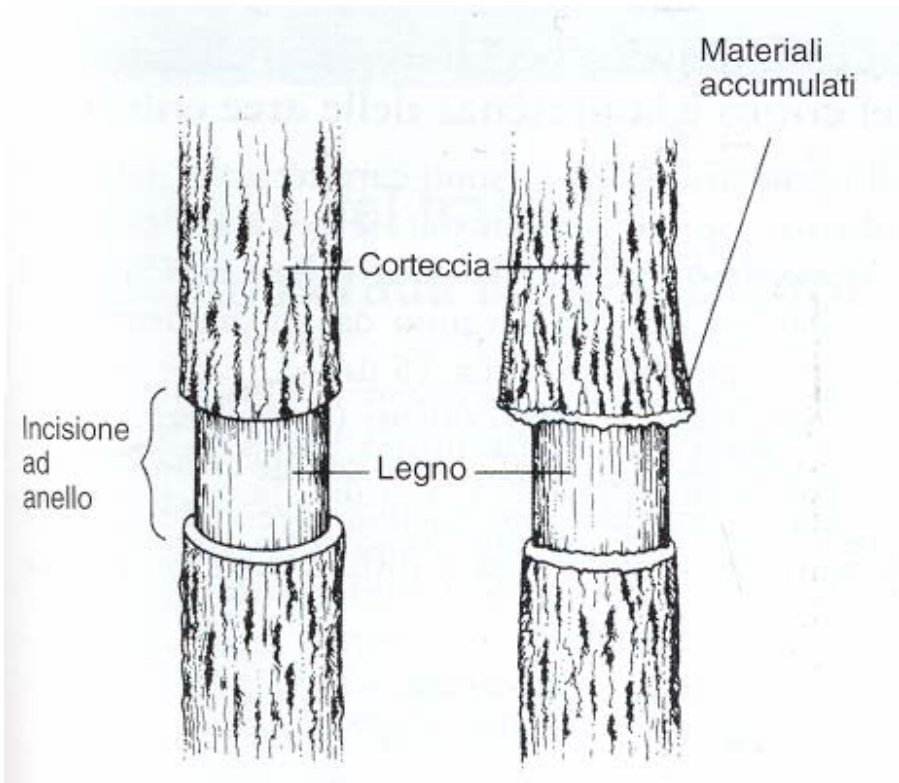


Sezione di tronco di frassino

Decorticazione anulare

Malpighi 1686

Mason e Maskell 1928

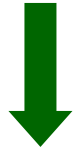


L'incisione non altera la traspirazione

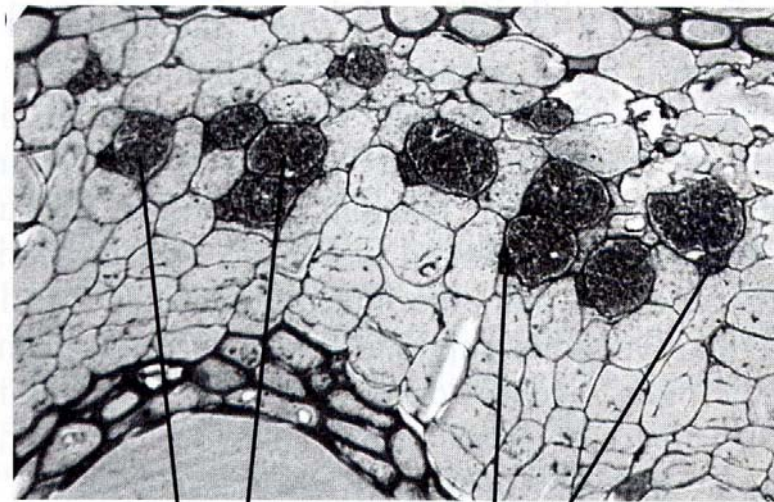
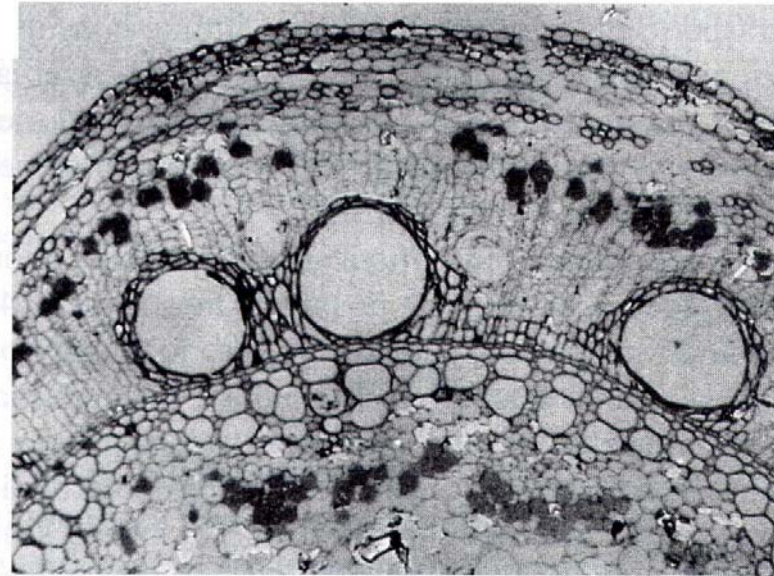
La parte di corteccia sottostante l'anello muore, mentre quella sovrastante rimane vitale

Gli zuccheri si accumulano al di sopra della zona decorticata

Studi con $^{14}\text{CO}_2$ o zuccheri radioattivi



Autoradiografia di sezioni di tessuto



Elementi del cribro

Cellule compagne

Elementi del cribro

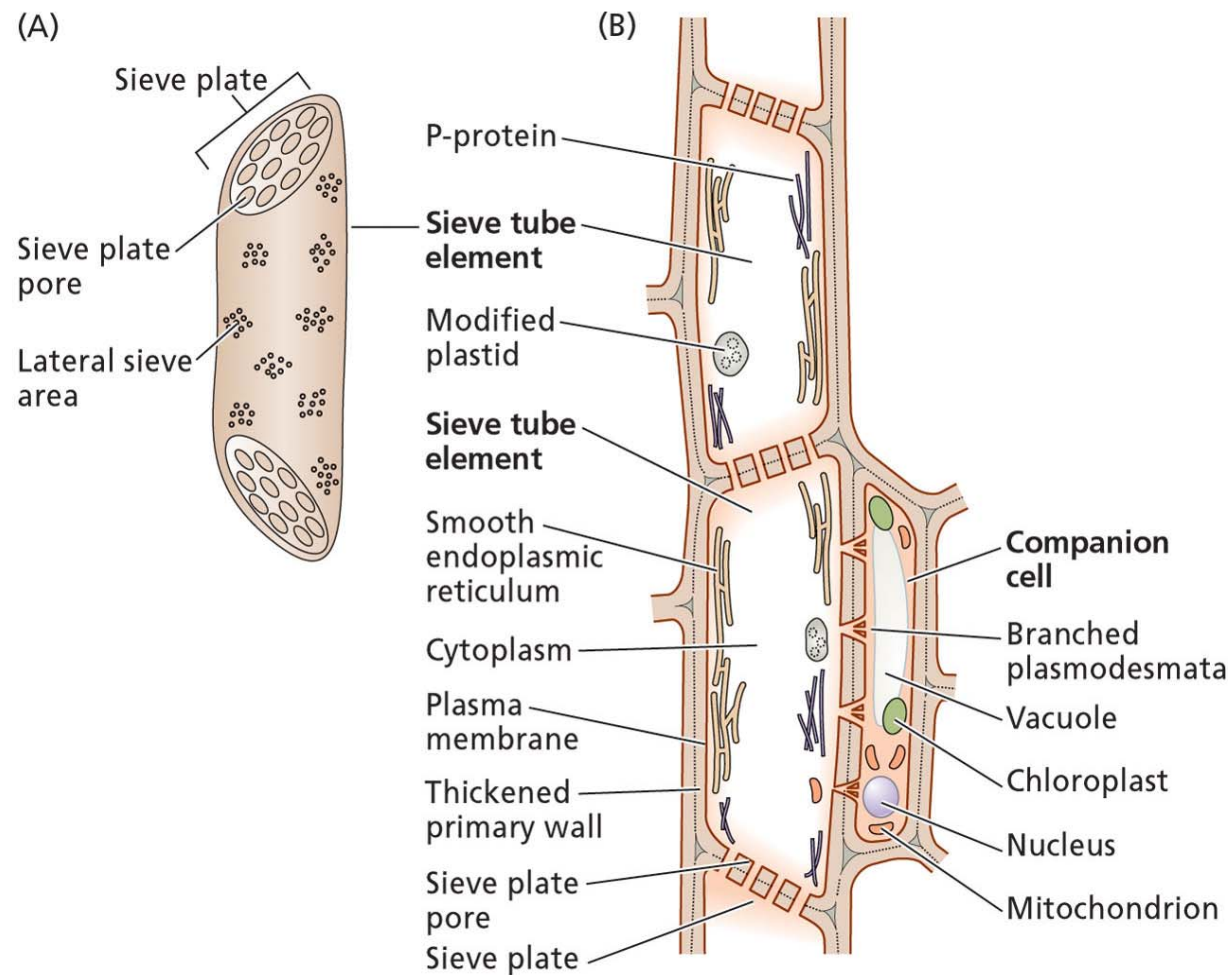


**Cellule cribrose
(gimnosperme)**

**Elementi dei tubi
cribrosi
(angiosperme)**

Aree cribrose:
connessioni tra cellule
conduttrici, pori 1-15 μm

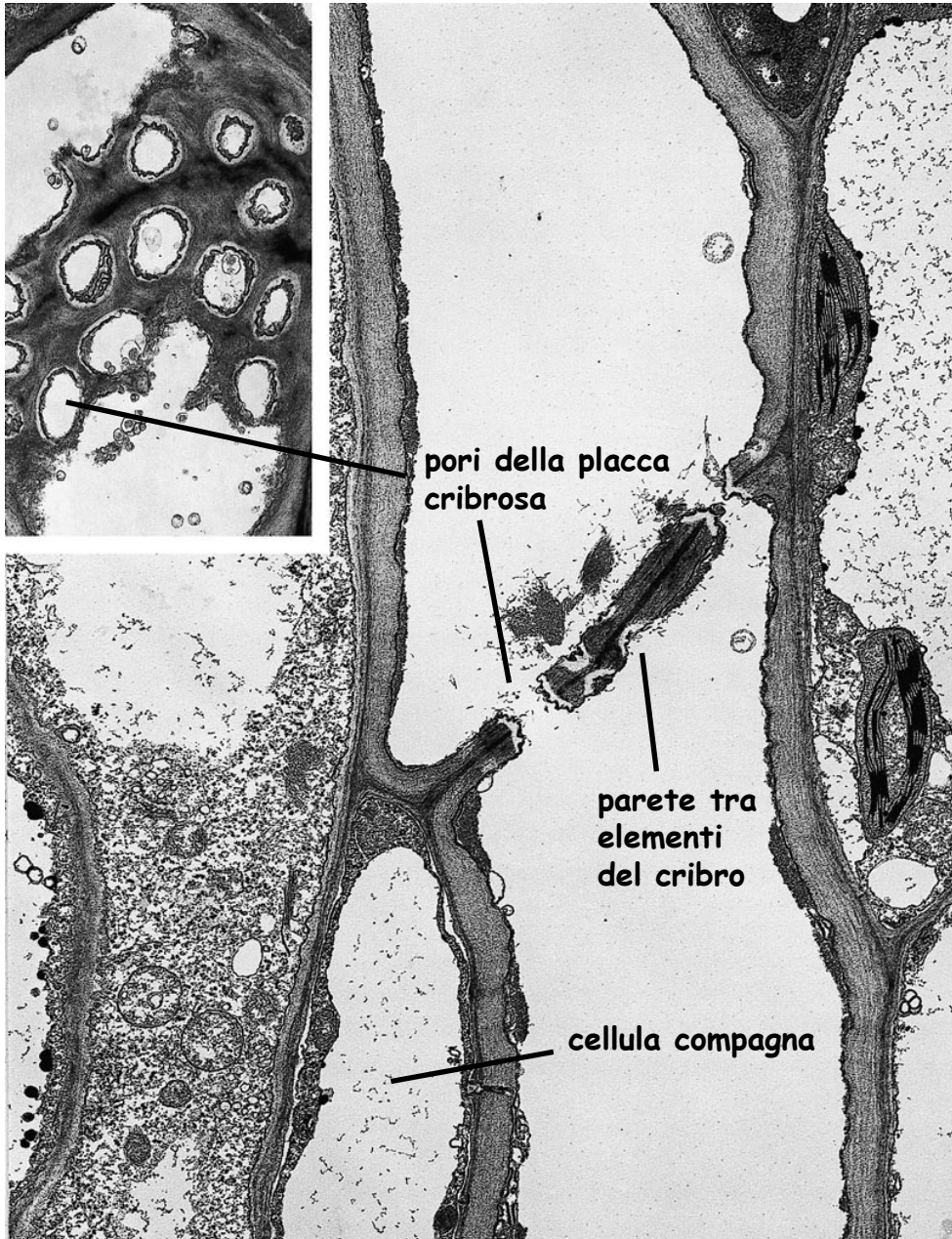
Placche cribrose: aree
estese di connessione tra
elementi dei tubi cribrosi



PLANT PHYSIOLOGY, Third Edition, Figure 10.3 © 2002 Sinauer Associates, Inc.

Sezione longitudinale di
due elementi dei tubi
cribrosi di *Cucurbita
maxima* (zucca) connessi
da una placca cribrosa

La placca cribrosa è aperta cioè
non ostruita da membrane o
proteine P



Gli elementi dei tubi cribrosi mancano di nucleo, tonoplasto, microfilamenti, microtubuli, Golgi e ribosomi

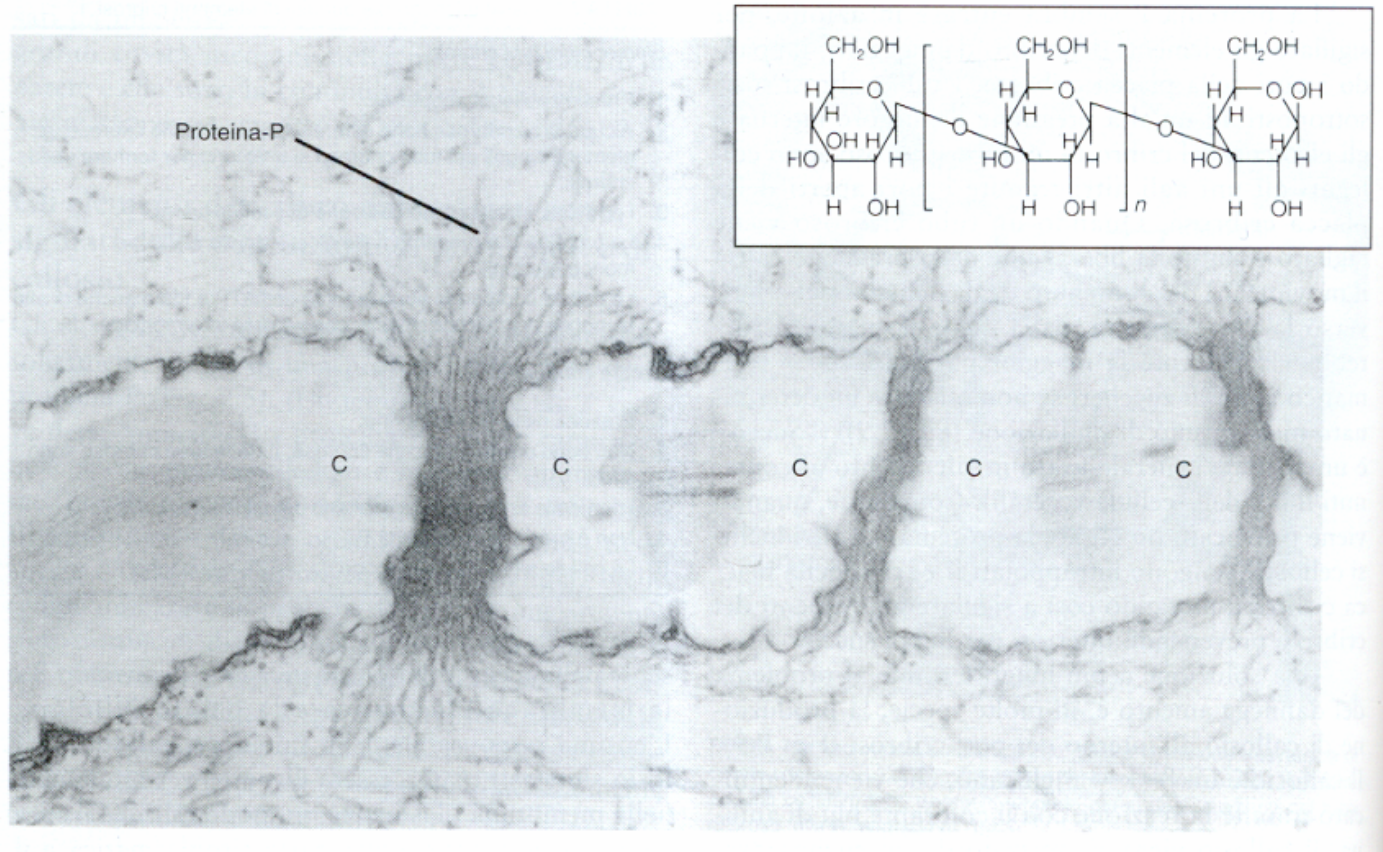
Contengono Proteina P: si trova in tutte le dicotiledoni e in molte monocotiledoni (PP1 e PP2)

nelle cellule immature la proteina P è presente come corpuscoli che durante la maturazione si disperdono in forme tubulari e fibrillari

Funzione: ostruisce i pori per evitare la perdita di succo floematico quando viene provocato un taglio o una ferita

Risposta al danneggiamento meccanico:

- **Proteine P**
- **Sintesi di callosio**



legame
 β -1,3-glucosidico

il callosio viene sintetizzato dalla callosio sintasi a livello della membrana plasmatica e viene depositato tra membrana e parete

Gli elementi dei tubi cribrosi sono connessi mediante plasmodesmi con una o più Cellule Compagne

Cellule Compagne:

Derivano dalla stessa cellula madre dell'elemento cribroso
Sono la sorgente di ATP e di altri composti
Sono ricche di mitocondri

Esistono tre tipi di Cellule Compagne:

Cellule compagne Ordinarie

Cellule Intermediarie

Cellule Transfer

Cellule Albuminose nelle Gimnosperme



elementi del
cribro

cellula compagna
ordinaria

Cellule Compagne Ordinarie:

Cloroplasti ben sviluppati

Parete cellulare con superficie interna liscia

Plasmodesmi prevalentemente con gli elementi del cribro

elementi del
cribro

cellule
intermediarie



Cellule Intermediarie:

Numerosi plasmodesmi con le cellule circostanti

Tilacoidi poco sviluppati

Piccoli vacuoli



Cellule Transfer:

simili alle ordinarie

La parete cellulare presenta invaginazioni a forma di dito che aumentano l'area superficiale della membrana plasmatica

Connessioni prevalentemente con gli elementi del cribro

Le Cellule Compagne **Ordinarie** e le Cellule **Transfer**, a causa della scarsità di connessioni citoplasmatiche, sembrano specializzate nella assunzione di soluti dall'**apoplasto**

Le Cellule **Intermediarie**, per la presenza di numerose connessioni citoplasmatiche, appaiono specializzate per l'assunzione di soluti attraverso i **plasmodesmi**

Direzione della traslocazione nel Floema

La direzione di traslocazione nel floema non è definita rispetto alla gravità



Avviene da zone di produzione dei fotoassimilati dette SORGENTI (Source)

a zone di consumo metabolico o di immagazzinamento dette POZZI (Sink)

- ➡ **SORGENTI:** organi in grado di esportare fotoassimilati
Tipicamente foglie mature, ma anche organi di immagazzinamento (radici, tuberi) durante la fase di esporto (piante biennali: *Beta maritima* *Beta vulgaris*)
- ➡ **POZZI:** organi non fotosintetizzanti o non autosufficienti
radici, immature, frutti in sviluppo, tuberi

Fattori che influenzano i movimenti Sorgente —→ Pozzo

Prossimità: Foglie mature superiori —→ Gemme e giovani foglie

Sviluppo: fase vegetativa —→ apici del germoglio e della radice
fase riproduttiva —→ frutti in sviluppo

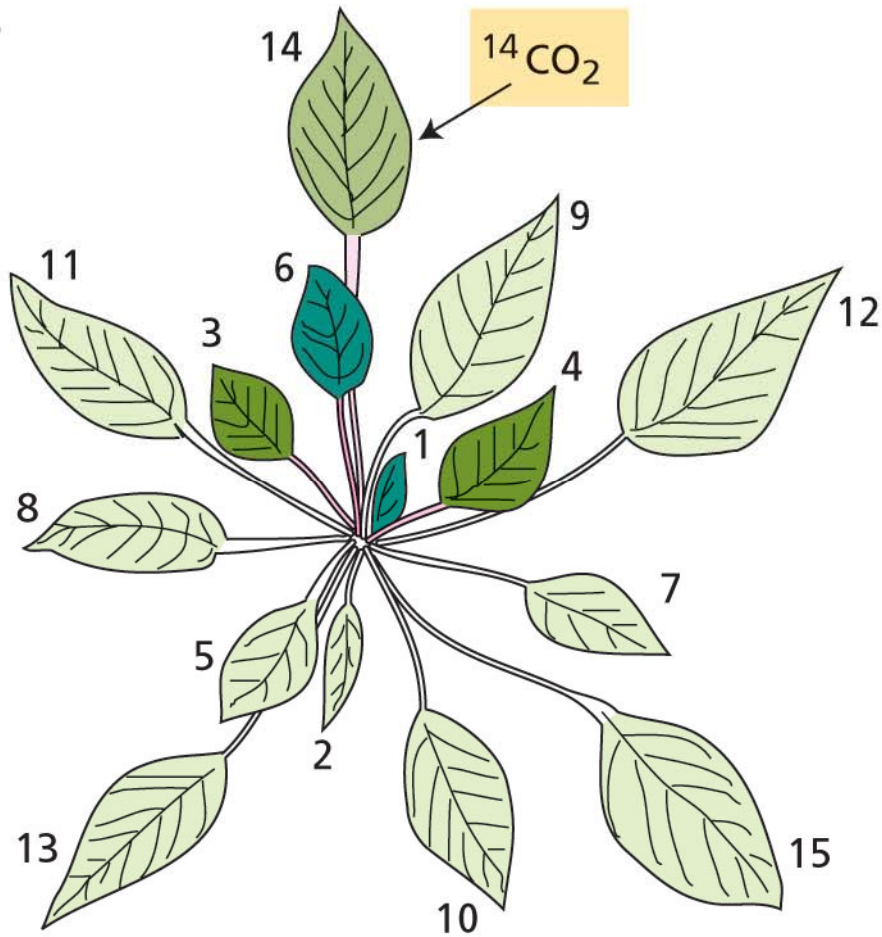
Connessioni vascolari: connessioni tra le foglie

LINEA VERTICALE ORTOSTICA

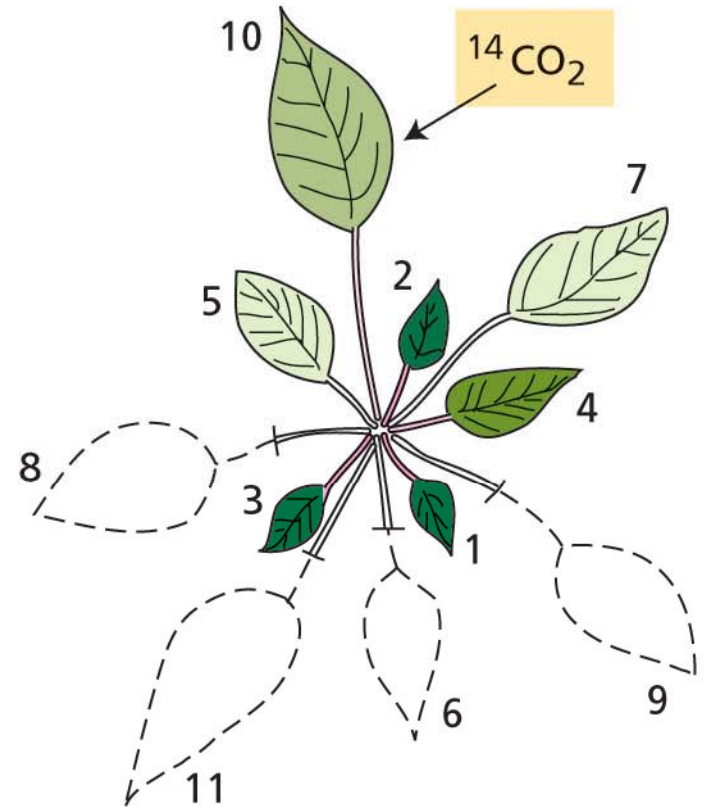
L'alterazione delle vie di traslocazione per effetto di ferite o potature può portare alla formazione di una via alternativa di connessioni vascolari (**ANASTOMOSI**)

Relazioni di ortosticità

(B)



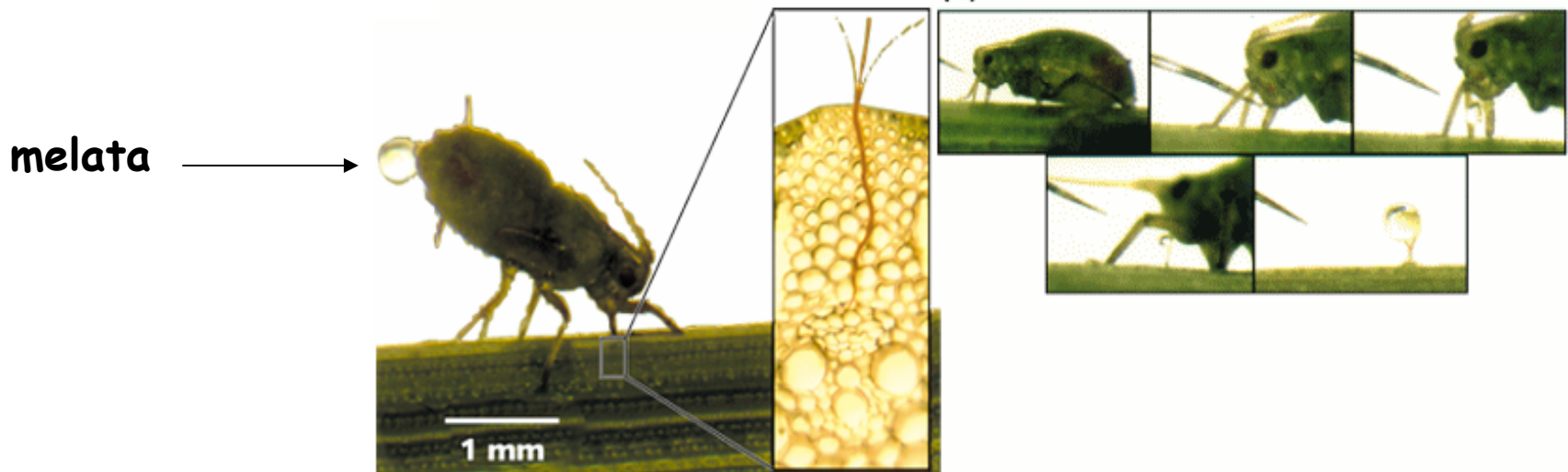
(C)



Sostanze trasportate nel floema

determinazione della composizione del succo floematico

- Analisi dell'essudato da ferita: inquinamento da contaminanti
diluizione succo floematico per
diminuzione di P quindi del potenziale
idrico del floema
- **Uso degli afidi**



Composizione del succo floematico

TABLE 10.2

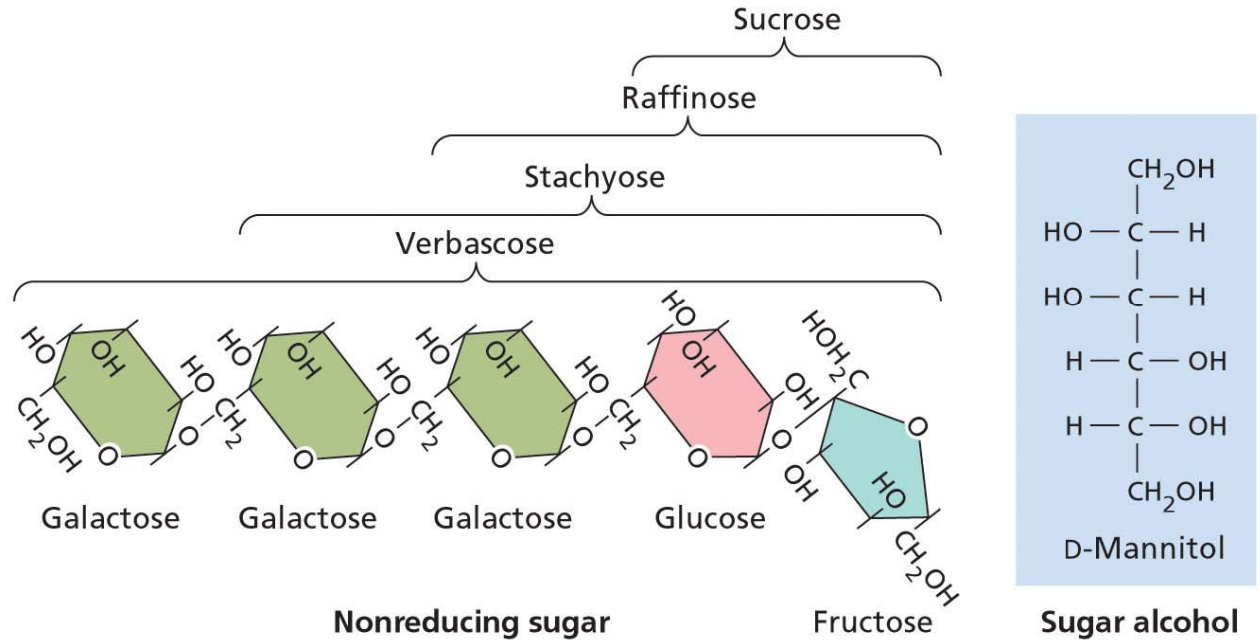
The composition of phloem sap from castor bean (*Ricinus communis*), collected as an exudate from cuts in the phloem

Component	Concentration (mg mL ⁻¹)
Sugars	80.0–106.0
Amino acids	5.2
Organic acids	2.0–3.2
Protein	1.45–2.20
Potassium	2.3–4.4
Chloride	0.355–0.675
Phosphate	0.350–0.550
Magnesium	0.109–0.122

Source: Hall and Baker 1972.

Zuccheri traslocati nel floema

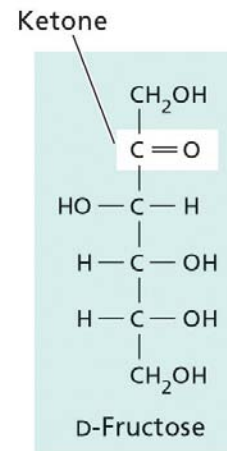
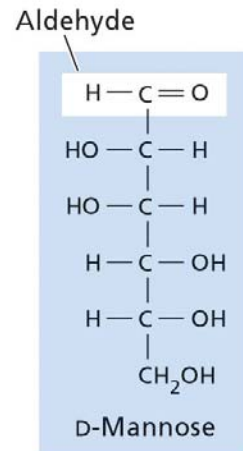
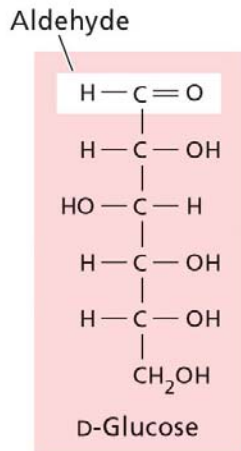
(B) Compounds commonly translocated in the phloem



PLANT PHYSIOLOGY, Third Edition, Figure 10.9 (Part 2) © 2002 Sinauer Associates, Inc.

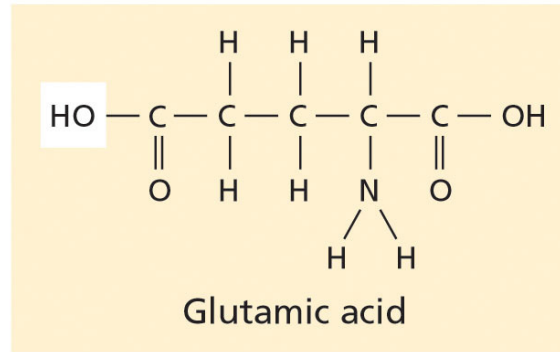
(A) Reducing sugars, which are not generally translocated in the phloem

The reducing groups are aldehyde and ketone groups.

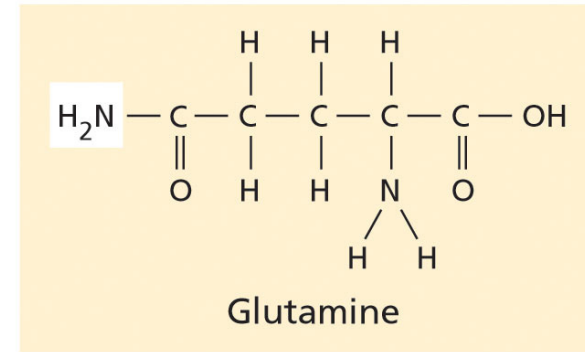


Zuccheri non traslocati nel floema (zuccheri riducenti)

Glutamic acid and glutamine are important nitrogenous compounds in the phloem, in addition to aspartate and asparagine.



Amino acid

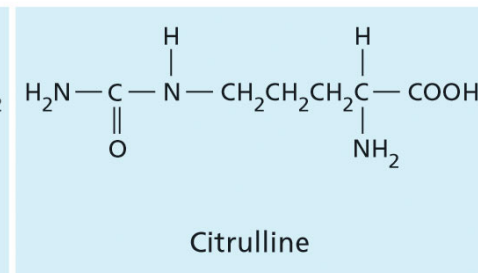
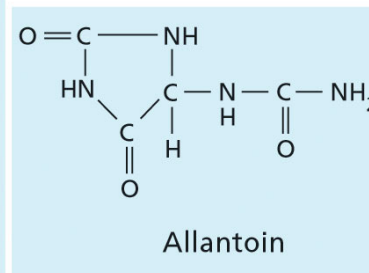
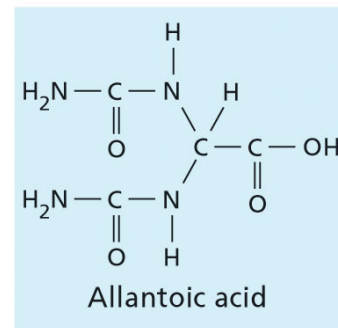


Amide

PLANT PHYSIOLOGY, Third Edition, Figure 10.9 (Part 3) © 2002 Sinauer Associates, Inc.

**Composti contenenti
azoto traslocati nel
floema
(amminoacidi,
ammidi, ureidi)**

Species with nitrogen-fixing nodules also utilize ureides as transport forms of nitrogen.



Ureides

PLANT PHYSIOLOGY, Third Edition, Figure 10.9 (Part 4) © 2002 Sinauer Associates, Inc.

Trasporto a breve distanza



mesofillo → elementi del cribro a livello della sorgente
elementi del cribro a livello del pozzo → cellule riceventi

Trasporto a lunga distanza



traslocazione sorgente → pozzo

Caricamento del floema

Meccanismo mediante il quale gli zuccheri fotosintetizzati nelle cellule del mesofillo fogliare entrano nel floema

L'ingresso avviene a livello del complesso cellula compagna /elemento del cribro, considerati come un'unica unità funzionale



Complesso SE/CC

Nel cribro gli zuccheri sono più concentrati che nelle cellule del mesofillo

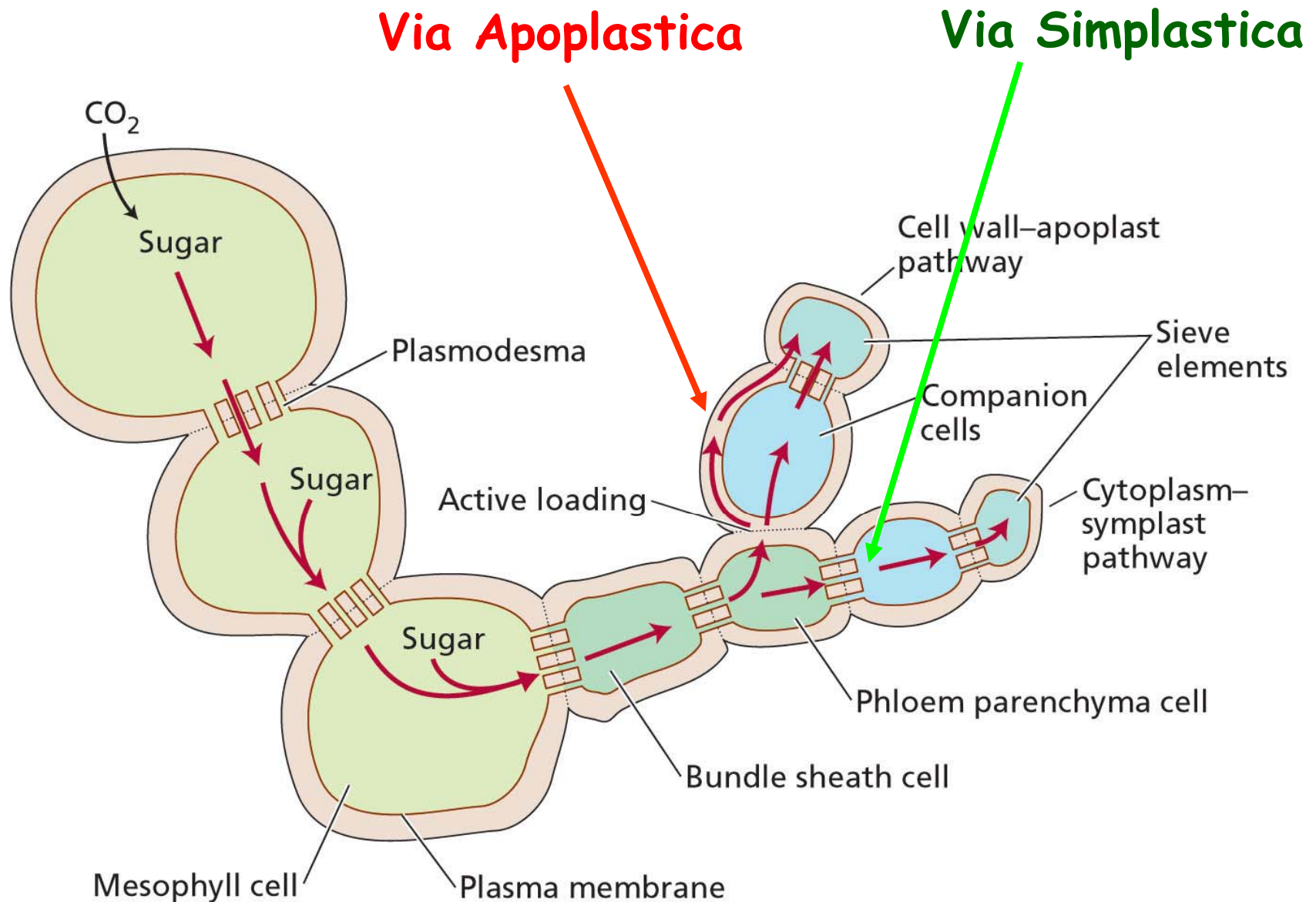
in barbabietola $\psi_s = -1,3$ MPa nel mesofillo e $\psi_s = -3$ MPa negli elementi del cribro

 movimento contro gradiente di
potenziale chimico



TRASPORTO ATTIVO

Caricamento del floema



Configurazione delle venature minori

tipo 1 (caricamento simplastico)

configurazione aperta

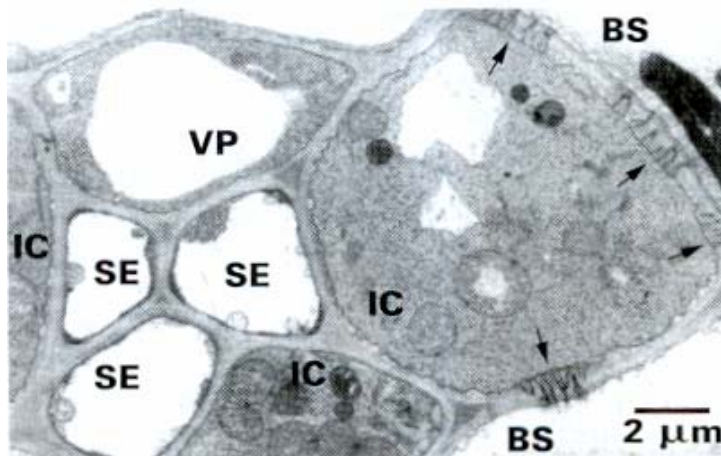
numerosi plasmodesmi tra cellule compagne e cellule della guaina del fascio

tipo 2 (caricamento apoplastico)

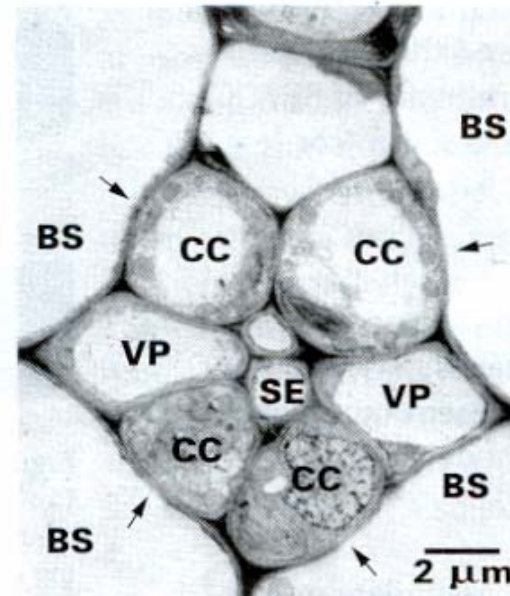
configurazione chiusa

SE/CC appare simplasticamente isolato

tipo 1



tipo 2

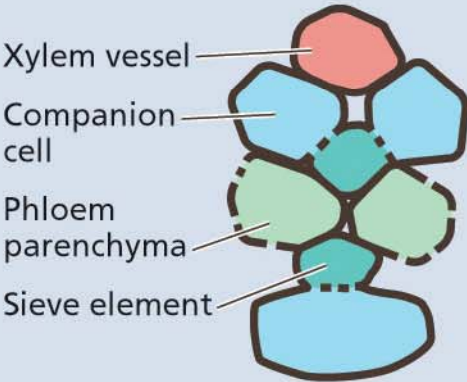


caricamento apoplastico

caricamento simplastico

TABLE 10.4
Patterns in apoplastic and symplastic loading

	Apoplastic loading	Symplastic loading
Transport sugar	Sucrose	Oligosaccharides in addition to sucrose
Type of companion cell in the minor veins	Ordinary companion cells or transfer cells	Intermediary cells
Number of plasmodesmata connecting the sieve elements and companion cells to surrounding cells	Few	Abundant

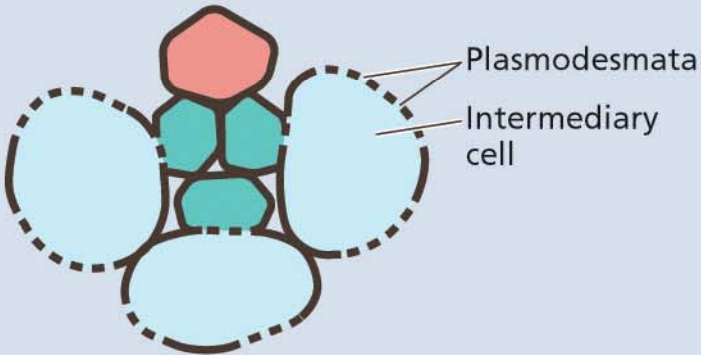


Xylem vessel

Companion cell

Phloem parenchyma

Sieve element



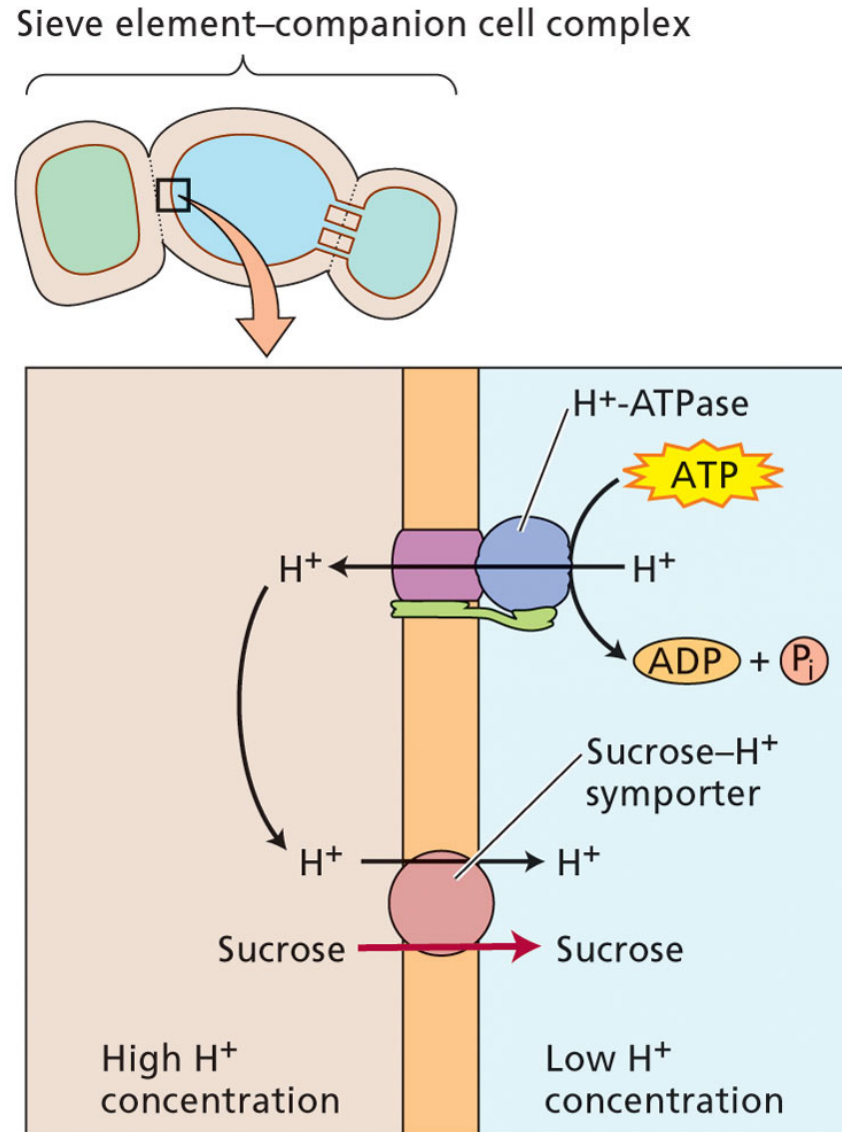
Plasmodesmata

Intermediary cell

Source: Drawings after van Bel et al. 1992.

Note: Some species may load both apoplastically and symplastically, since different types of companion cells can be found within the veins of a single species.

Nella **VIA APOPLASTICA** il caricamento degli elementi del cribro avviene mediante un **simporto saccarosio/protone**



- H^+ -ATPasi localizzata nella membrana plasmatica di cellule compagne (Arabidopsis) e nelle cellule transfer (fagiolo)
- Nelle cellule transfer H^+ -ATPasi più concentrata nelle invaginazioni
- In Arabidopsis distribuzione della H^+ -ATPasi correlata a quella di SUC2

SUC2

(Arabidopsis, Plantago major)
Cellule compagne

SUT1

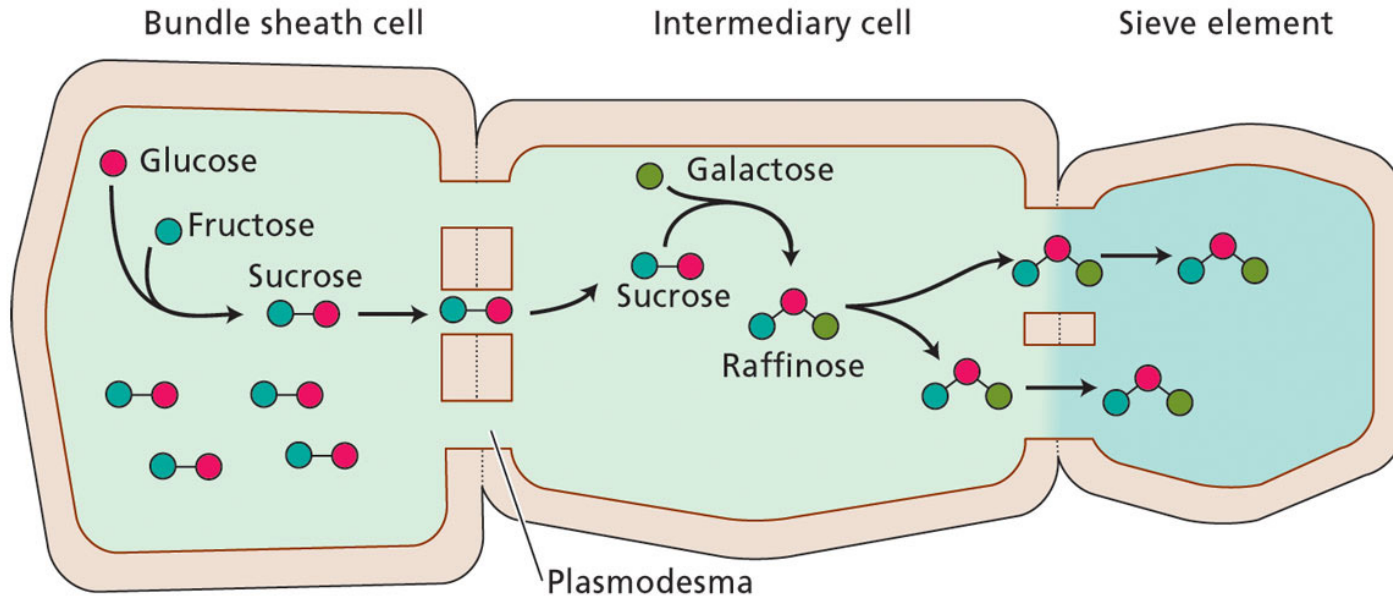
(patata, pomodoro, tabacco)
Elementi del cribro



Trasportatori saccarosio/protone
clonati

Caricamento simplastico

Avviene nelle piante che hanno cellule intermedie



PLANT PHYSIOLOGY, Third Edition, Figure 10.17 © 2002 Sinauer Associates, Inc.

zuccheri trasportati: raffinoso, stachioso, verbascoso

MODELLO A TRAPPOLA PER POLIMERI

Scaricamento del floema

Non esiste un unico modello

I pozzi possono essere molto diversi

- Organi vegetativi: apici radicali, foglie giovani
- Tessuti di riserva: radici, fusti
- Organi riproduttivi: fusti, semi



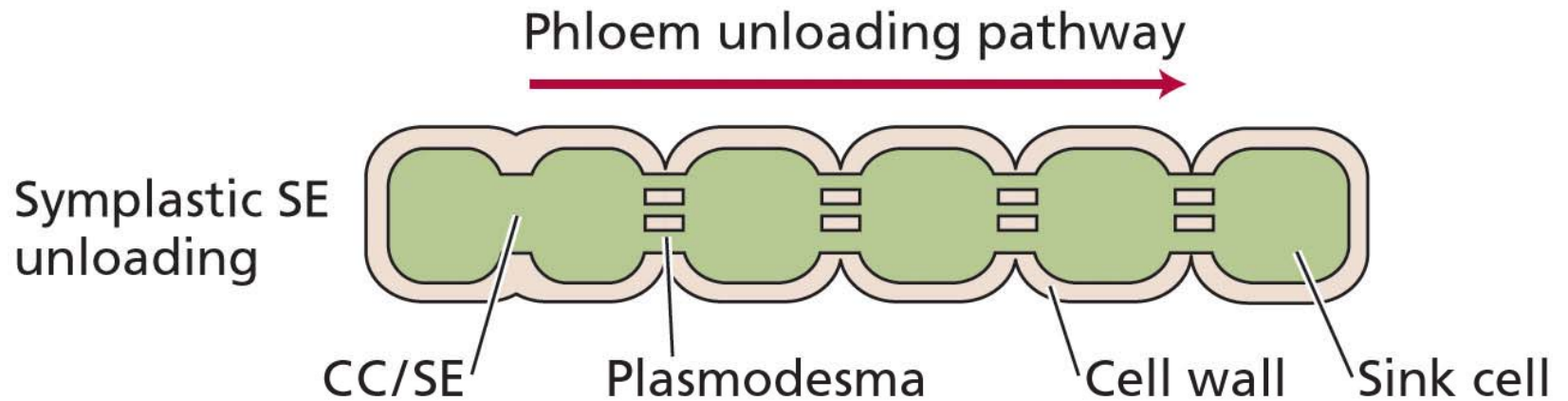
Lo scaricamento può essere simplastico o apoplastico

Scaricamento del floema

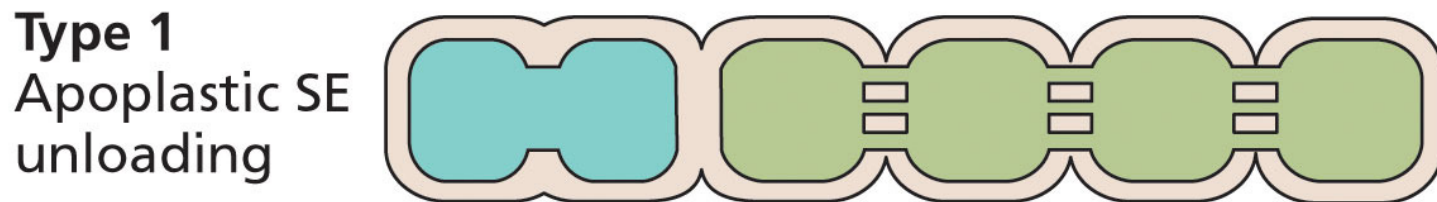
simplastico o apoplastico a seconda della natura dei pozzi

- **completamente simplastico** foglie giovani (tabacco)
- **apoplastico** foglie monocotiledoni
- **simplastico** apici radicali
- **apoplastico** pozzi che accumulano grandi quantità di zuccheri (tuberi di barbabietola e fusti di canna da zucchero)

(A) **Symplastic** phloem unloading

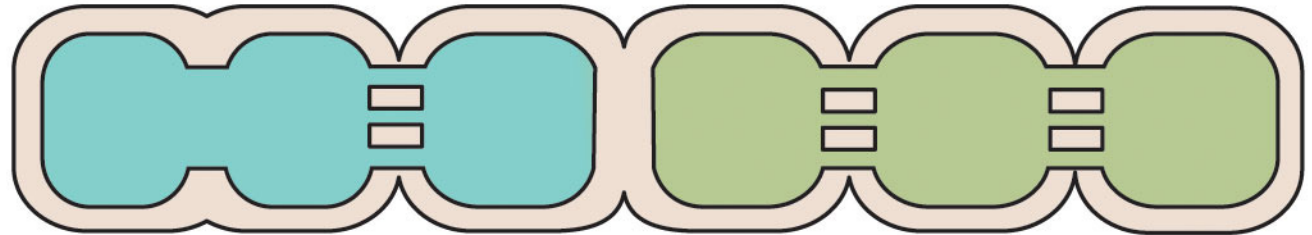


(B) **Apoplastic** phloem unloading

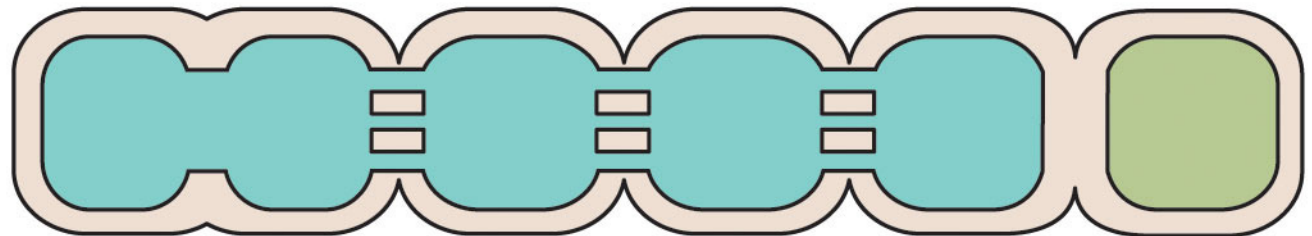


(B) **Apoplastic** phloem unloading

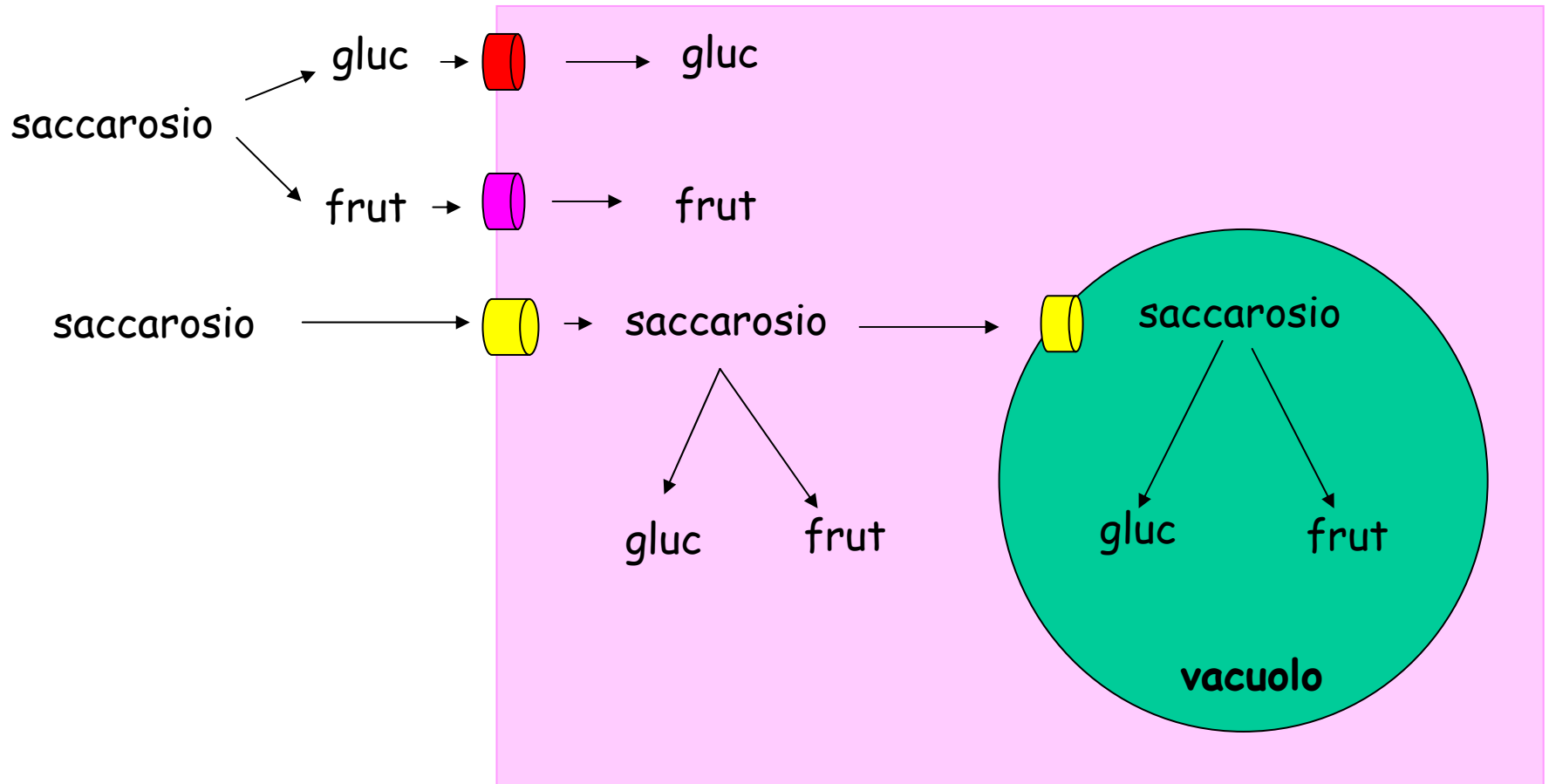
Type 2A
Symplastic SE
unloading



Type 2B
Symplastic SE
unloading



il saccarosio è idrolizzato dall'**INVERTASI**



Il trasporto nei tessuti pozzo dipende dall'attività metabolica

- nello scaricamento simplastico la concentrazione di saccarosio viene mantenuta bassa mediante la respirazione, la polimerizzazione o reazioni di biosintesi



Richiesta energetica indiretta

- Nello scaricamento apoplastico si ha almeno uno stadio di trasporto attivo

Trasporto di saccarosio nei vacuoli della barbabietola da zucchero



Antiporto saccarosio/protone

MECCANISMO DI TRASLOCAZIONE

Traslocazione nel foema → Trasporto a lunga distanza

Teorie attive: Richiesta diretta di energia per la traslocazione degli zuccheri e delle altre sostanze dalle sorgenti ai pozzi

Teorie passive: La richiesta energetica è indiretta cioè soltanto per il mantenimento dell'integrità funzionale delle cellule coinvolte nel trasporto

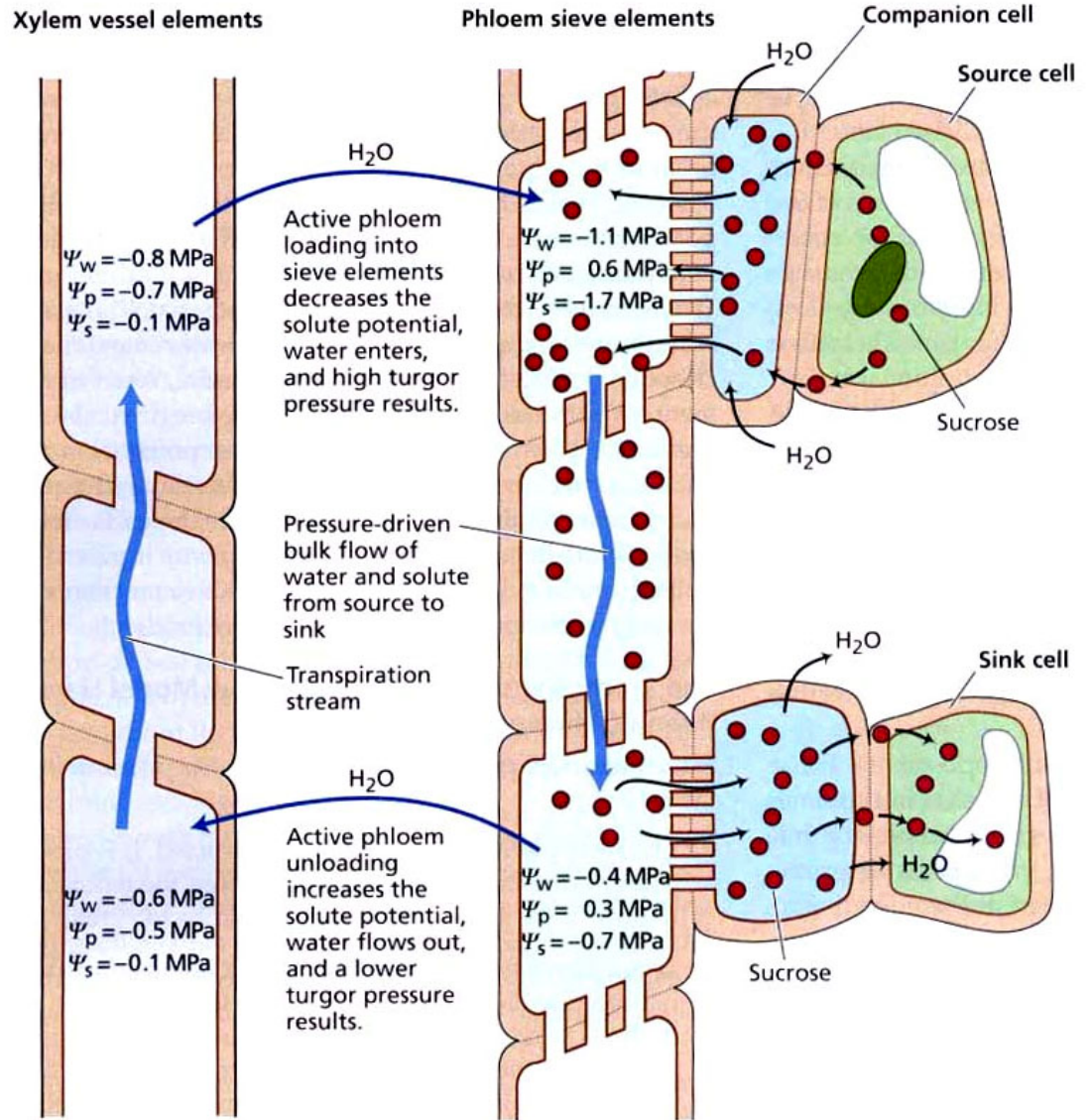


Modello del flusso di pressione

Flusso da pressione

Il flusso avviene in risposta ad un gradiente di P che si crea in seguito al caricamento e allo scaricamento del floema

H_2O si muove contro gradiente di potenziale idrico, ma il movimento è per flusso di massa e non per osmosi (π non contribuisce alla driving force)



la presenza delle placche cribrose impedisce che si raggiunga immediatamente l'equilibrio di pressione tra sorgente e pozzo

Caratteristiche del modello a flusso da pressione:

- I pori delle placche non devono essere ostruiti
- Non può avvenire trasporto bidirezionale in uno stesso elemento del cribro
- Non è richiesto grande dispendio di energia
- Effettiva presenza di un gradiente di pressione

Osservazioni sperimentali

- Con nuove tecniche di raffreddamento e fissazione: placche aperte
- Trasporto bidirezionale non è stato osservato
- Bassa temperatura non influenza la traslocazione
- Misura della P ($P = \psi_w - \psi_s$). Il ΔP (0.41 MPa) misurato è sufficiente per il flusso di massa richiesto (0.12-0.46 MPa)