

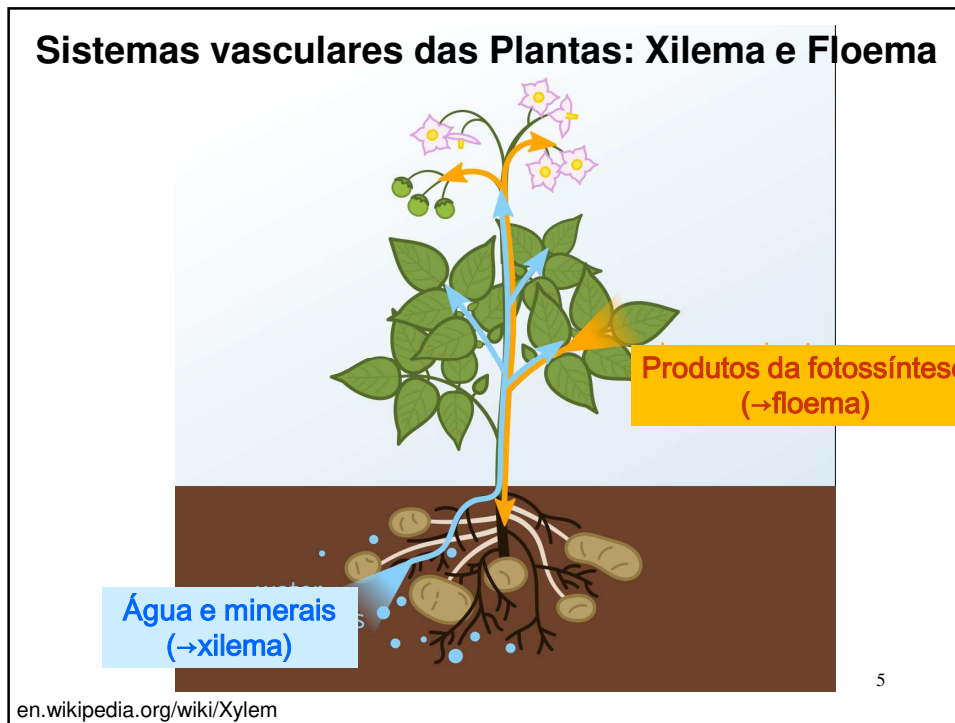
Translocação no Floema

- 1- Padrões de translocação: *source* para *sink*
- 2- Vias de translocação
- 3- Materiais translocados no floema
- 4- Mecanismo de transporte no floema
- 5- Direcção *source* para *sink*
- 6- Distribuição de fotoassimilados: alocação e partição

3

Padrões de translocação:
source* para *sink

4



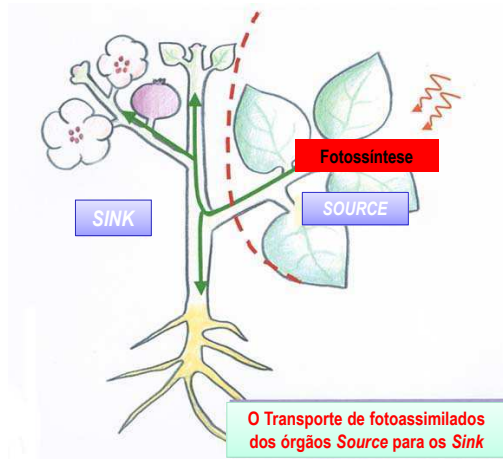
Sources (orgão produtores)

?

Sinks (orgão consumidores)

6

Orgão produtores (*sources*) e consumidores (*sinks*)



- *Sources*
 - Folhas
 - Cotilédones
 - Endosperma

- *Sinks*
 - Folhas Jovens
 - Raiz
 - Caule
 - Frutos
 - Bolbos
 - Rizomas

Os Frutos são *sinks* irreversíveis

7

Prof. Glória Esquivel



© Valter Jacinto

Beta vulgaris ssp. maritima

Durante a estação de crescimento do primeiro ano → *sink*

No segundo ano → *source*

8

- A translocação do floema não é definida pela gravidade. A seiva é translocada de *sources* para *sinks*, e as vias de transporte são complexas

9

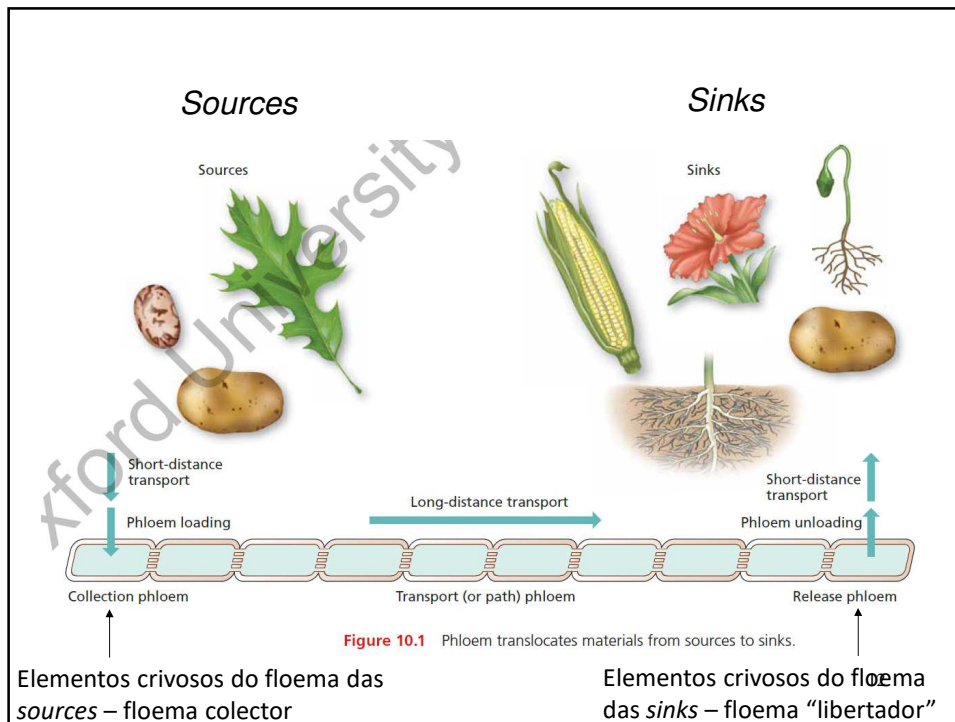
Translocação no Floema

- 1- Padrões de translocação: *source* para *sink*
- 2- Vias de translocação
- 3- Materiais translocados no floema
- 4- Mecanismo de transporte no floema
- 5- Direcção *source* para *sink*
- 6- Distribuição de fotoassimilados: alocação e partição

10

Vias de translocação

11



Loading (carregamento) do floema – movimento de produtos da fotossíntese para os elementos crivosos das folhas maduras

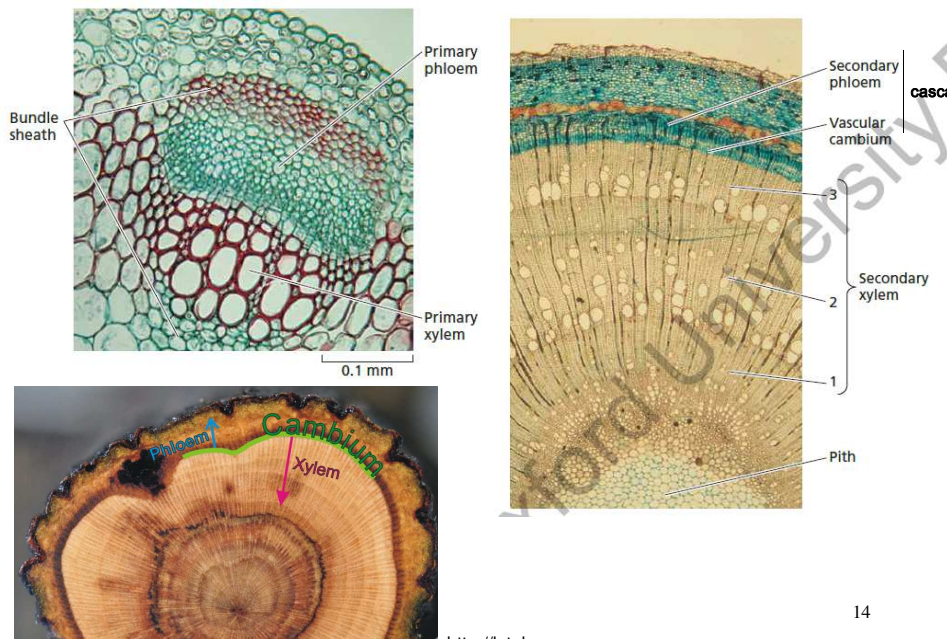
Transporte de curta-distância– transporte ao longo da distância de duas ou três células. Precede o *loading* do floema, quando os açúcares se movem do mesófilo para a proximidade das veias menores das folhas e segue-se ao *unloading* do floema quando os açúcares se movem das veias para as células *sink*.

Transporte de longa-distância– translocação ao longo do floema para as *sinks*.

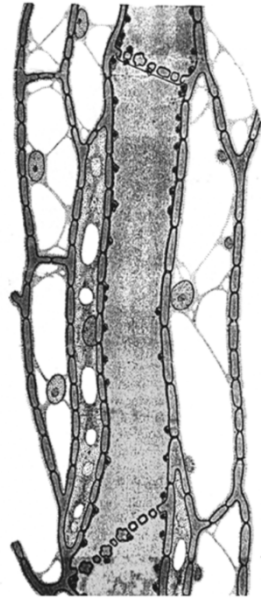
Unloading (descarregamento) do floema – movimento de produtos da fotossíntese dos elementos crivosos para as células vizinhas que armazenam ou metabolizam estes produtos ou os passam a outras células *sink*.

13

Tecidos vasculares



A composição do floema



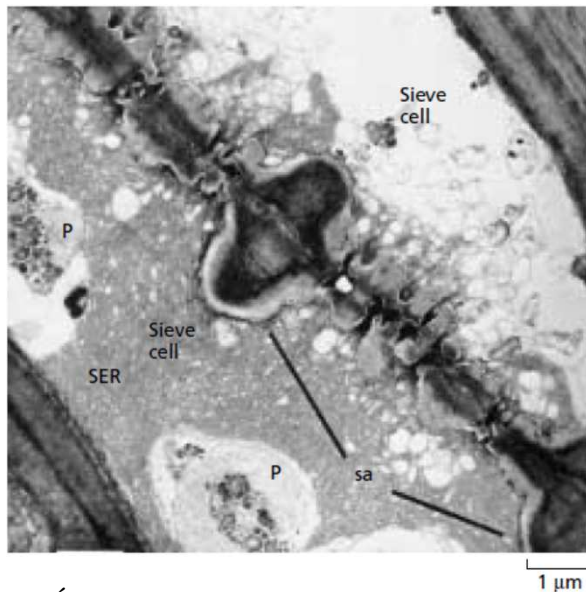
Elementos crivosos:

Elementos dos tubos crivosos
angiospérmicas

Células crivosas gimnospérmicas

15

Células crivosas



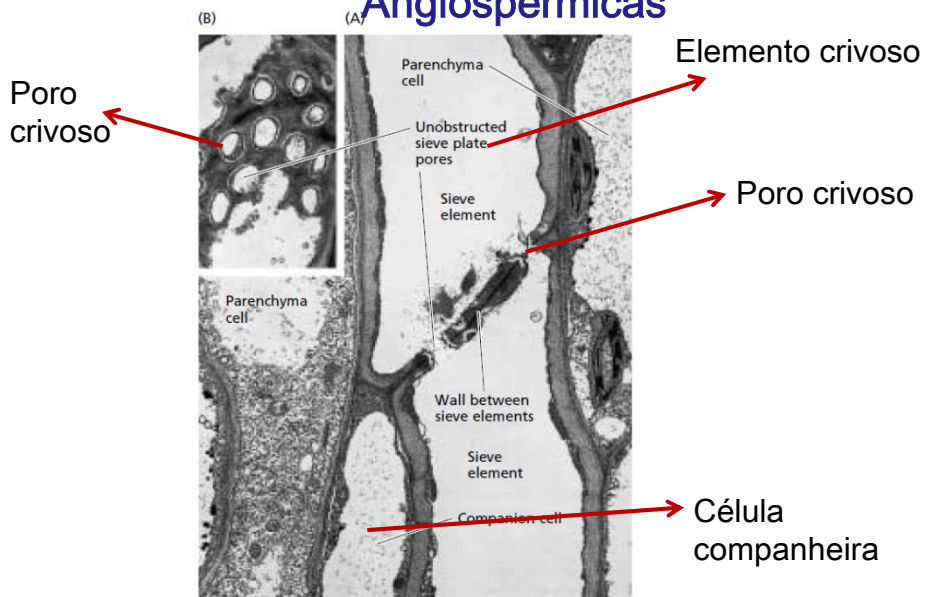
Gimnospérmicas

- Não tem proteínas-P
- Poros parecem bloqueados

Área crivosa a ligar duas células crivosas de uma
conífera (*Pinus resinosa*)

16

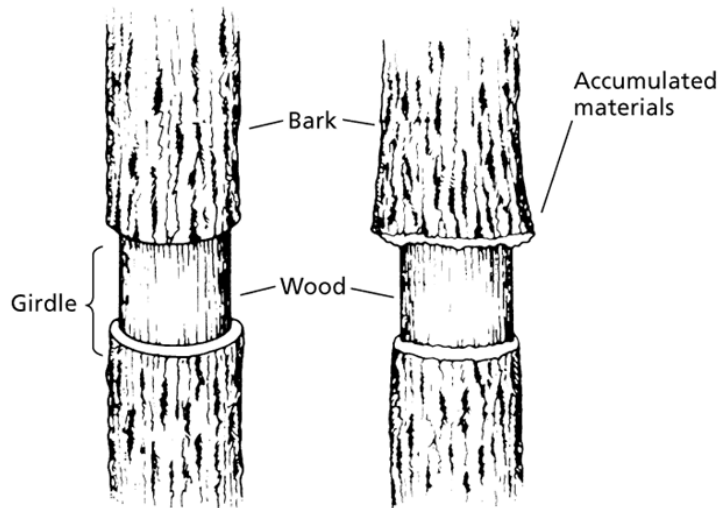
Complexo elementos crivosos-C companheira de Angiospérmicas



Micrografia electrónica de uma secção transversal *Cucurbita maxima*

17

Açúcares são transportados nos elementos crivosos do floema



Marcello Malpighi em 1686

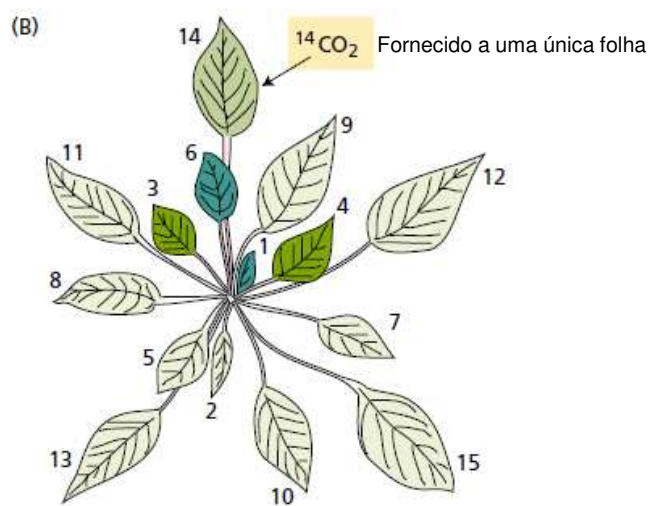
T. G. Mason and E. J. Maskell em 1928

18

Combate às plantas invasoras



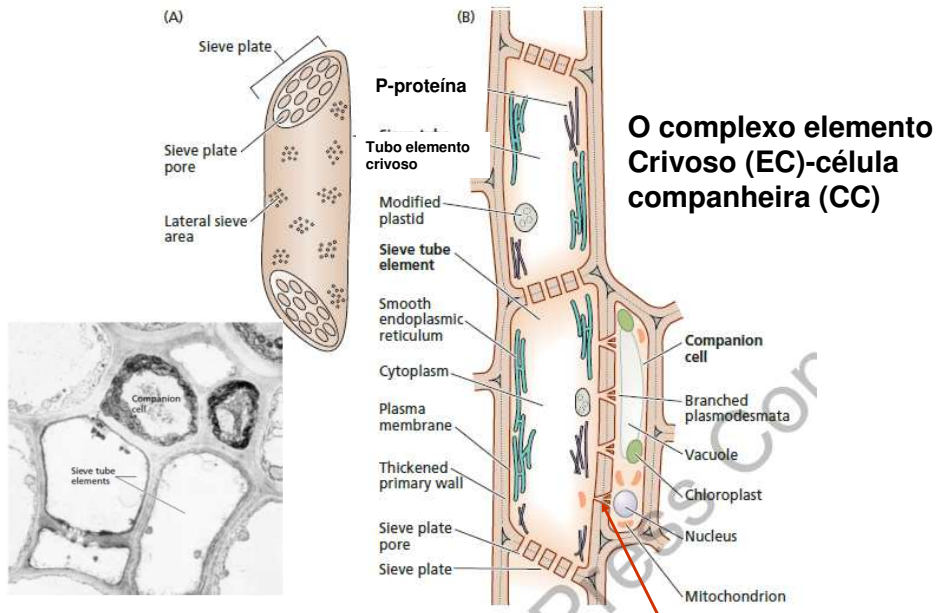
Experiências mais sofisticadas



Distribuição da radioactividade $^{14}\text{CO}_2$ a partir apenas de uma folha marcada numa planta intacta

20

Os elementos crivosos são células especializadas para a translocação

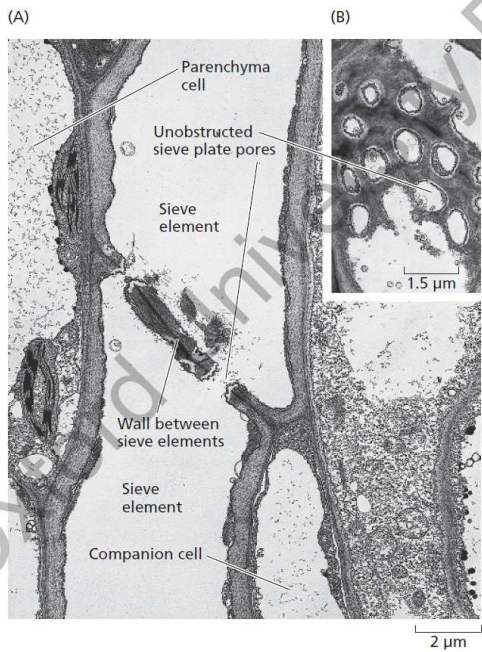


O complexo elemento Crivoso (EC)-célula companheira (CC)

Micrografia electrónica de uma secção transversal

Plasmódésmios abundantes entre EC e CC

Elementos crivosos e poros das placas crivosas



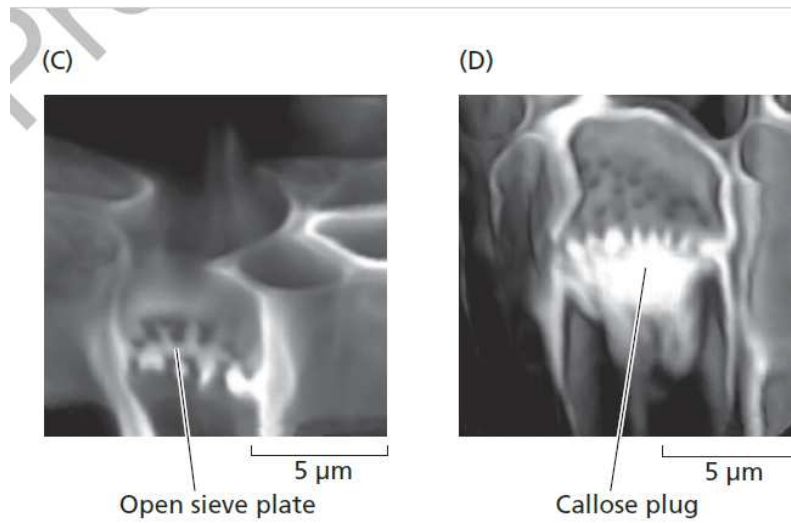
Poros interligam as células condutoras

Placas crivosas no topo dos elementos crivosos, onde as células individuais se unem



Tubo crivoso

Elementos crivosos e poros das placas crivosas



Poros têm diâmetros entre 1 µm - 15 µm

23

TABLE 10.1 Characteristics of sieve elements in angiosperms

Sieve tube elements found in angiosperms

1. Some sieve areas are differentiated into sieve plates; individual sieve tube elements are joined together into a sieve tube.
2. Sieve plate pores are open channels.
3. P-protein is present in all eudicots and many monocots.
4. Companion cells are sources of ATP and perhaps other compounds.

24

Os Elementos crivosos danificados são selados

Proteção:

- Proteínas-P (curto-prazo)
- Caloses (longo-prazo)

Calose-polímero de glucose

25

Funções Célula companheira:

- Relação funcional importante com EC;
- Transporte de fotoassimilados das células produtoras (*source*) em folhas maduras para os elementos crivosos nas veias menores;
- Funções metabólicas (síntese de proteínas) que são reduzidas ou perdidas na diferenciação dos elementos crivosos;
- Fornecimento de ATP aos elementos crivosos

26

Translocação no Floema

- 1- Padrões de translocação: *source* para *sink*
- 2- Vias de translocação
- 3- Materiais translocados no floema**
- 4- Mecanismo de transporte no floema
- 5- Direcção *source* para *sink*
- 6- Distribuição de fotoassimilados: alocação e partição

27

Materiais translocados no floema

28

Materiais translocados no floema

- Água
- Açúcares
- Iões
- Hormonas (auxina, giberelinas, citocininas, ácido abscísico)
- Proteínas, Peptídeos
- Compostos secundários
- RNA



Mais abundantes

29

TABLE 10.2

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

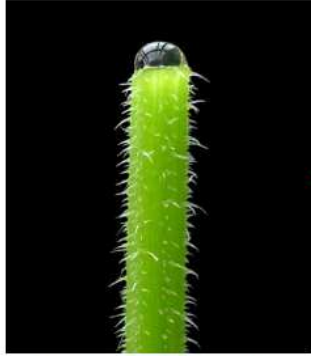
Component	Concentration (mg mL ⁻¹)
Sugars	80.0–106.0 ←
Amino acids	5.2
Organic acids	2.0–3.2
Protein	1.45–2.20
Potassium	2.3–4.4
Chloride	0.355–0.675
Phosphate	0.350–0.550
Magnesium	0.109–0.122

Source: Hall and Baker 1972.

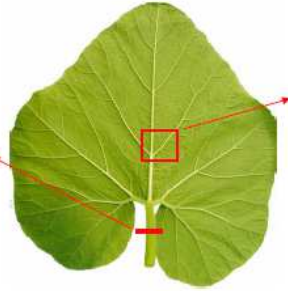
30

A amostragem do suco floémico é difícil

Exsudado de uma Cucurbitaceae



Rate: 10 mL/hr



Estilete de afídeo

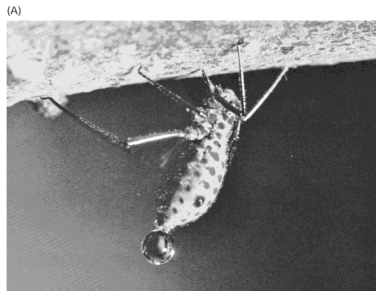


Rate: 100 nL/hr

- Água
- Açúcares, iões e hormonas
- Proteínas, Peptides
- Compostos secundários
- RNA

Tien-Shin Yu, 2008

31



“seringa natural”



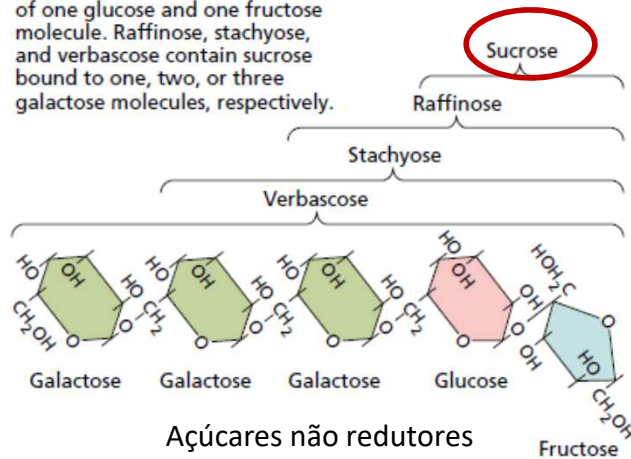
Aphid stylet Sieve element

32

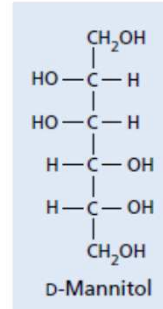
Açúcares no floema

(B) Compounds commonly translocated in the phloem

Sucrose is a disaccharide made up of one glucose and one fructose molecule. Raffinose, stachyose, and verbascose contain sucrose bound to one, two, or three galactose molecules, respectively.



Mannitol is a sugar alcohol formed by the reduction of the aldehyde group of mannose.



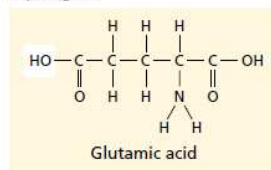
Sugar alcohol

A rafinose, estaquiase e a verbasquiase têm sacarose + galactose

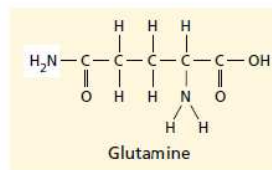
33

Compostos azotados no suco floémico

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

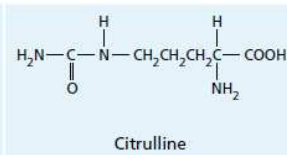
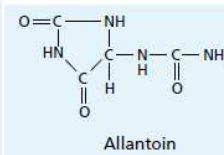
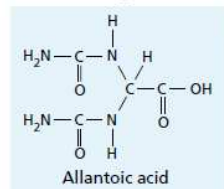


Amino acid



Amide

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



Ureides

O azoto encontra-se no floema principalmente como aminoácidos (glutamato e aspartato) e as suas amidas (glutamine, asparagina)

Translocação no Floema

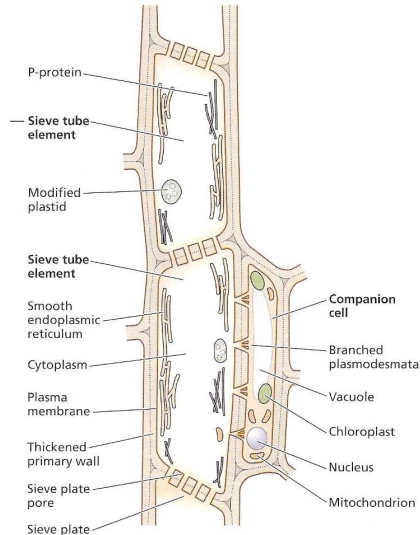
- 1- Padrões de translocação: *source* para *sink*
- 2- Vias de translocação
- 3- Materiais translocados no floema
- 4- Mecanismo de transporte no floema
- 5- Direcção *source* para *sink*
- 6- Distribuição de fotoassimilados: alocação e partição

35

Mecanismo de Transporte no floema

36

Transporte no floema



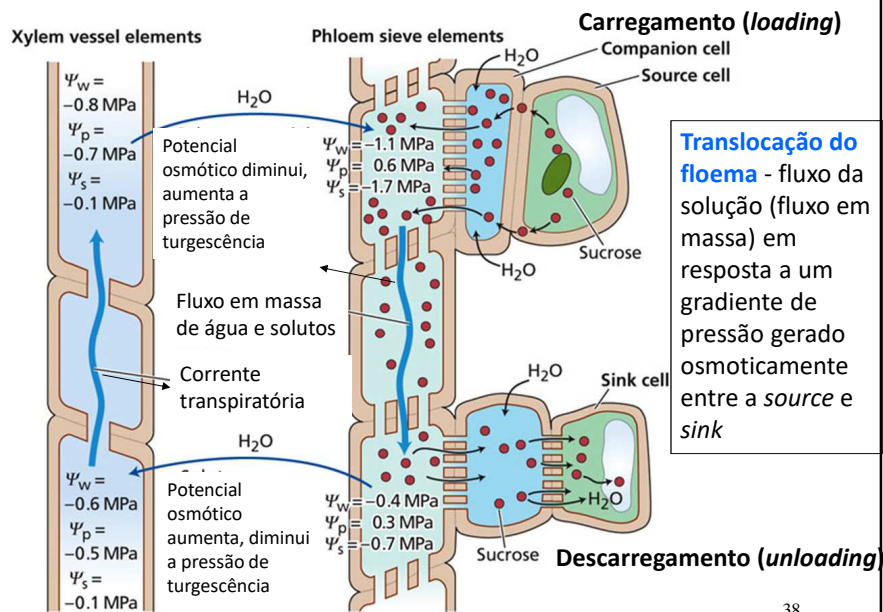
Qual é o mecanismo de transporte de longa-distância no floema?

Velocidade de translocação 1 m h^{-1}
($0.3 - 1.5 \text{ m h}^{-1}$)

Se fosse por difusão seria 1 m por 32 anos!

37

Modelo translocação floémica pressão-fluxo (Ernst Münch 1930)



38

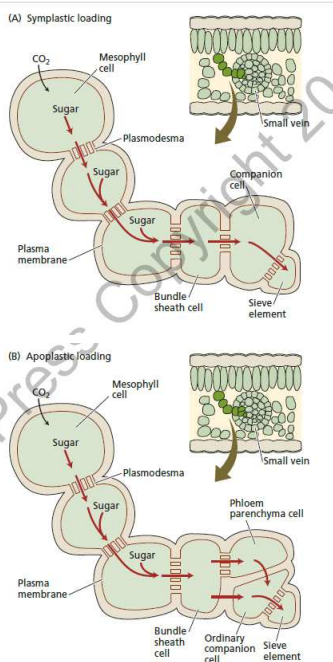
PLANT PHYSIOLOGY, Fourth Edition, Figure 10.10 © 2006 Sinauer Associates, Inc.

Carregamento (*loading*) do floema

exportação

39

Carregamento (*loading*) do floema pode ocorrer via apoplasto ou simplasto



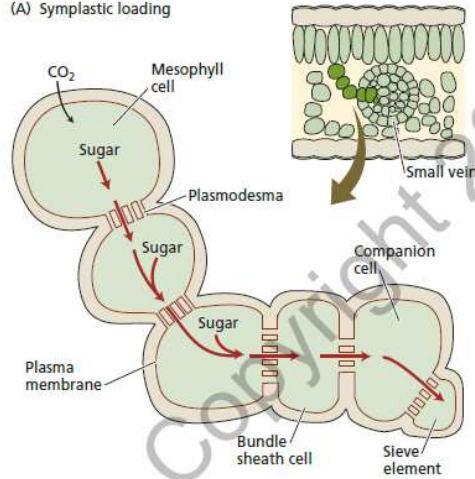
simplástico

apoplástico

40

Carregamento (*loading*) do floema – via totalmente simplástica

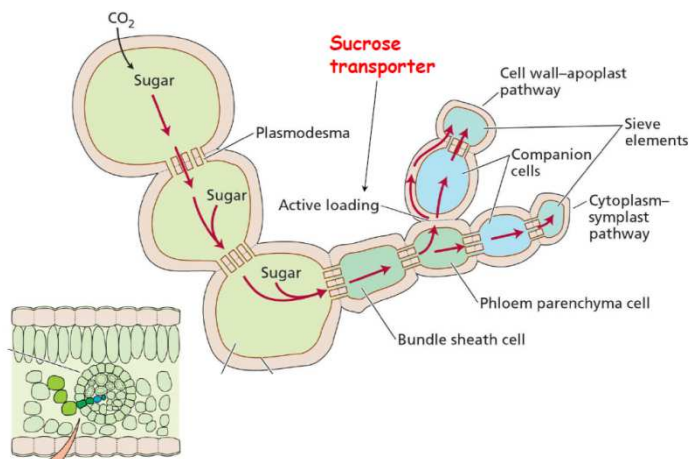
(A) Symplastic loading



Via totalmente simplástica, os açúcares movem-se de uma célula para outra através dos plasmodesmos, desde o mesófilo até aos elementos crivosos

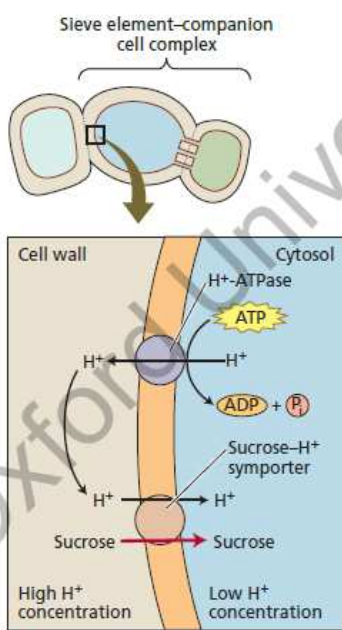
41

Carregamento (*loading*) do floema –via parcialmente apoplástica



Via parcialment apoplástica, os açúcares movem-se inicialmente de forma simplástica mas entram no apoplasto antes do carregamento nas células companheiras e nos elementos crivosos.

42



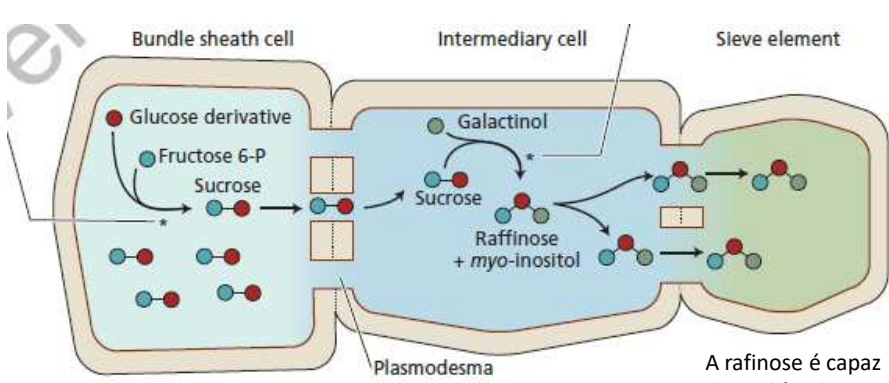
No Transporte apoplástico

Simporte sacarose-H⁺ medeia o transporte de sacarose do apoplasto no complexo elemento crivoso-célula companheira

O co-transporte sacarose-H⁺ “aproveita” o gradiente electroquímico de H⁺ para o transporte de sacarose

43

Modelo Simplástico (polymer-trapping)



Sacarose, sintetizada no mesófilo, difunde-se das células da bainha dos feixes para células intermediárias através dos abundantes plasmodesmos

Nas células intermediárias, a rafinose é sintetizada a partir da sacarose e galactinol, mantendo-se assim o gradiente para a sacarose. Devido ao seu maior tamanho a rafinose não se pode difundir de volta para o mesófilo.

A rafinose é capaz de se difundir para os elementos crivosos. Assim, a concentração dos açúcares transportados aumenta nas células intermediárias e nos elementos crivosos.

Descarregamento (*unloading*) do floema

importação

45

Descarregamento:

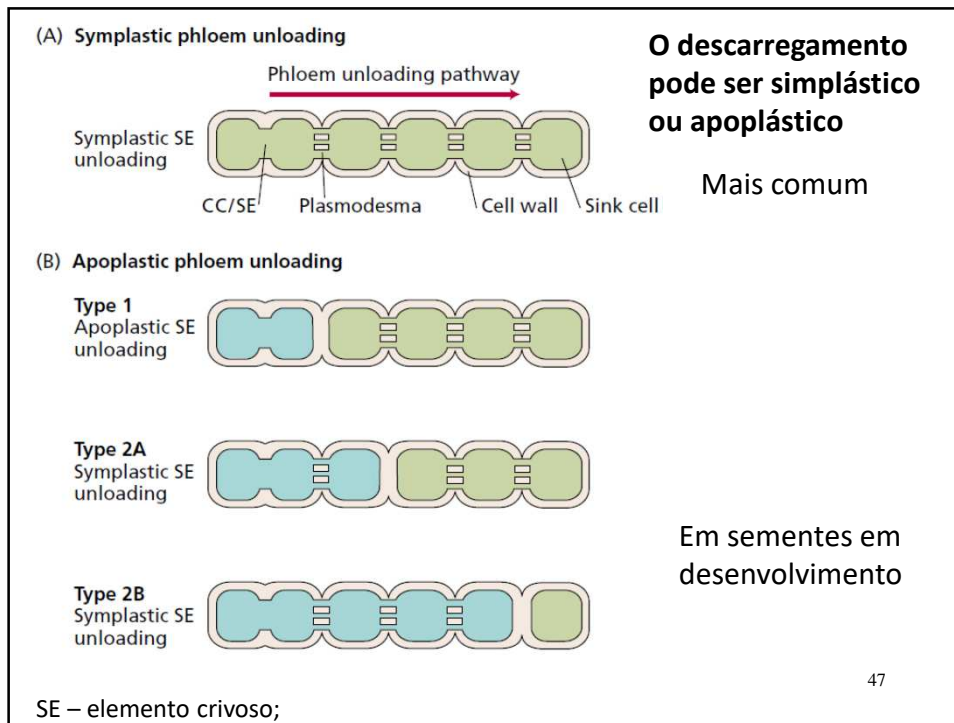
1. *Descarregamento do floema*. Neste processo os açúcares importados deixam os elementos crivosos dos tecidos *sink*

2. *Transporte de curta-distância*. Depois de descarregar, os açúcares são transportados para as células *sink*

3. *Armazenamento e metabolismo*. Na fase final, os açúcares são armazenados ou metabolizados nas células *sink*.

Não existe apenas um mecanismo de descarregamento do floema e de transporte a curta-distância (grande variedade de sinks-folhas em crescimento, sementes, raízes)

46

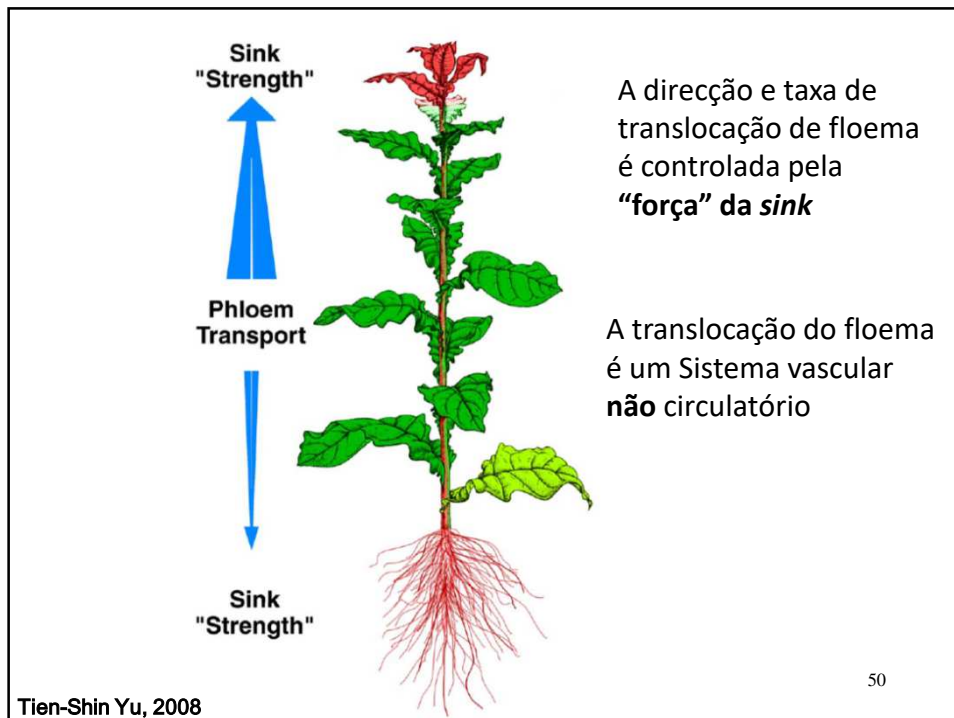


Translocação no Floema

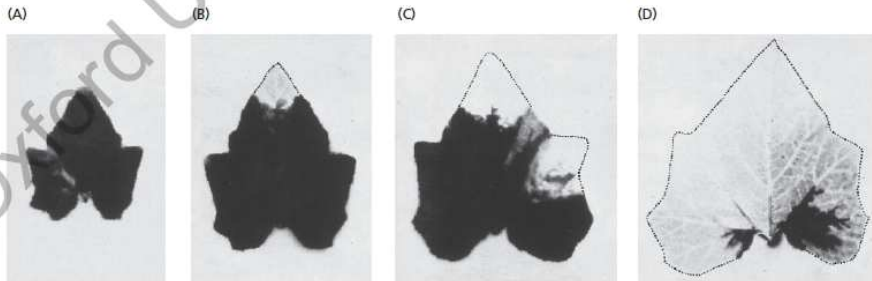
- 1- Padrões de translocação: *source* para *sink*
- 2- Vias de translocação
- 3- Materiais translocados no floema
- 4- Mecanismo de transporte no floema
- 5- Direcção *source* para *sink*
- 6- Distribuição de fotoassimilados: alocação e partição

Direcção: *source* para *sink*

49



Transição de uma folha de *sink* para *source*



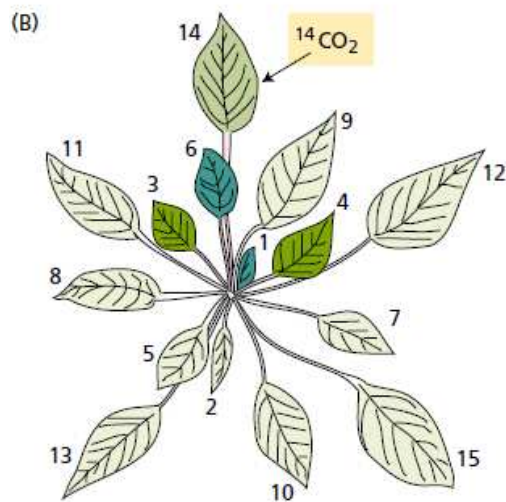
Toda a folha é *sink* e importa açúcar da folha *source*



Quase toda a folha deixou de ser *sink*

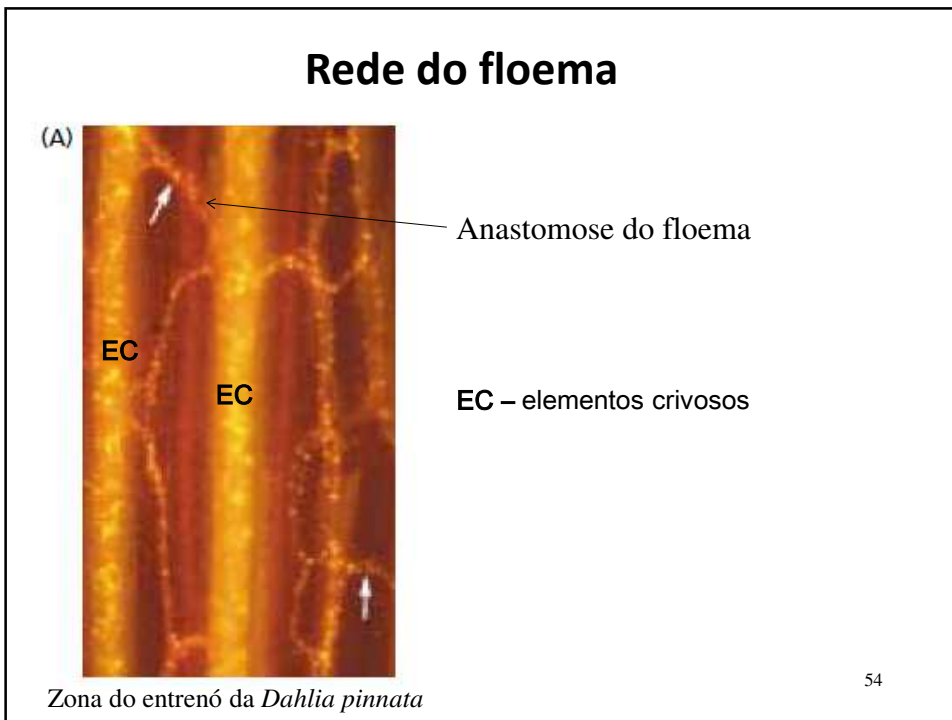
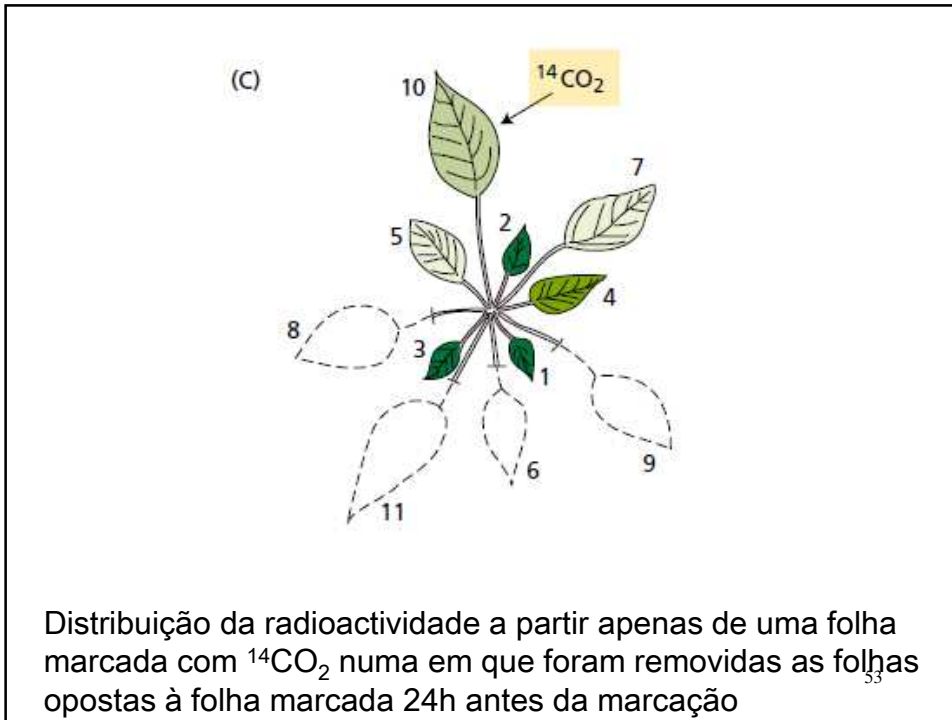
Folha de *Cucurbita pepo* mostra a transição de *sink* para *source*. Em cada caso, a folha importou ^{14}C da folha *source* da planta durante 2 h.

51



Distribuição da radioactividade $^{14}\text{CO}_2$ a partir apenas de uma folha marcada numa planta intacta

52



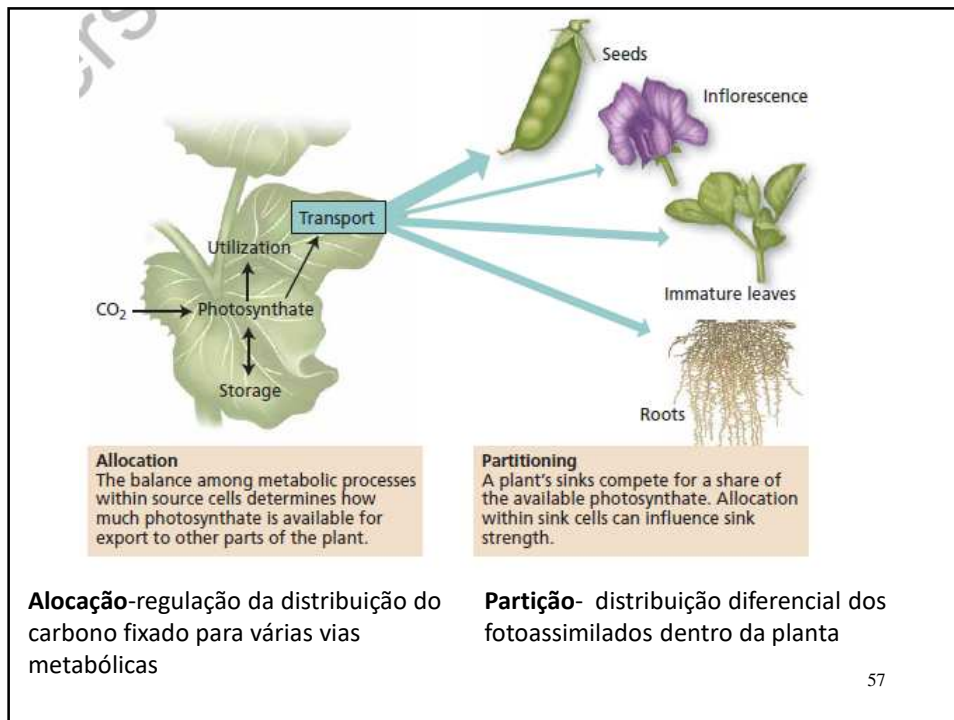
Translocação no Floema

- 1- Padrões de translocação: *source* para *sink*
- 2- Vias de translocação
- 3- Materiais translocados no floema
- 4- Mecanismo de transporte no floema
- 5- Direcção *source* para *sink*
- 6- Distribuição de fotoassimilados: alocação e partição

55

Distribuição de fotoassimilados: alocação e partição

56



A alocação inclui armazenamento, utilização e transporte

O carbono fixado numa célula *source* pode ser utilizado para:

Síntese de compostos de armazenamento. O amido é sintetizado e armazenado dentro dos cloroplastos e, em muitas espécies, é a forma de armazenamento principal que é mobilizada para translocação durante a noite

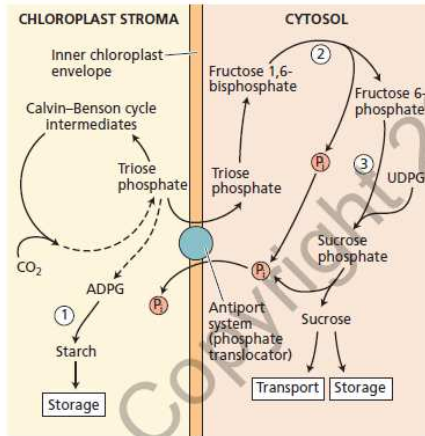
Utilização metabólica. O carbono fixado pode ser utilizado dentro de vários compartimentos das células fotossintetizadoras para fornecer energia ou esqueletos de carbono para a síntese de outros compostos

Síntese de compostos de transporte. O carbono fixado pode ser incorporado em açúcares para exportação para várias *sinks*.

58

As folhas *source* regulam a alocação

O controlo da alocação dos fotoassimilados inclui a distribuição das **trioses fosfato** para os seguintes processos:



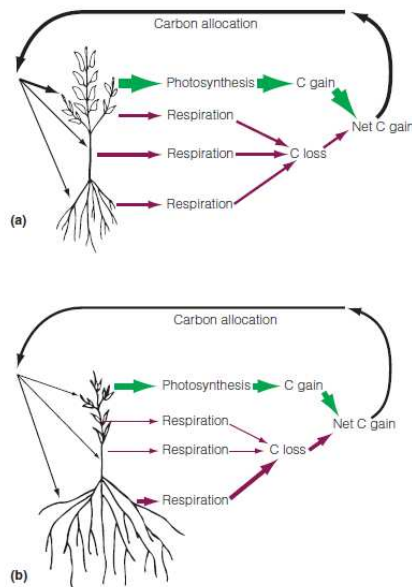
Síntese de sacarose e amido durante o dia

Regeneração dos intermediários do ciclo de Calvin-Benson;

Síntese de amido;

Síntese de sacarose, assim como distribuição da sacarose entre transporte e armazenamento temporário

Os açúcares de transporte são distribuídos (partition) por várias sinks



Regulação?

- A pressão de turgescência nos elementos crivosos
- Mensageiros químicos (hormonas e nutrientes)
- RNA e proteínas

Tecidos *sink* competem para os fotoassimilados disponíveis translocados

“força” *sink* = tamanho *sink* x actividade da *sink*

61

Fundamentals of Plant Physiology
1ª edição
Lincoln Taiz, Eduardo Zeiger, Ian Max Moller, Angus Murphy
Junho 2018
ISBN: 9781605357904

Cap 10: Translocation in the phloem

<https://global.oup.com/ushe/product/fundamentals-of-plant-physiology-9781605357904?cc=pt&lang=en&>

62