



Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
Departamento de Ciências Biológicas



FOTOSSÍNTESE: Plantas C4 e CAM

Prof: Nubia Eloy

Classificação das plantas quanto aos mecanismos de assimilação de C

C₃ - Plantas que só executam o Ciclo de Calvin para a assimilação de C – Rubisco incorpora CO₂ em uma molécula de ribulose-1,5-bifosfato (5C) gerando duas moléculas de 3- fosfoglicerato (3C)

C₄ - Plantas com uma prévia fixação de CO₂ em um composto com 4C (Oxaloacetato-OAA)
Plantas que crescem com alta intensidade de luz e temperatura

CAM - Plantas com uma prévia fixação de CO₂ em um composto com 4C (OAA-Malato) e utilização dele em tempo diferente. Plantas que crescem em ambientes quentes, com muito sol e com pouca água

**Porque surgiu um novo metabolismo de
fixação de C?**

As plantas terrestres desenvolveram dois mecanismos de concentração de carbono para aumentar a concentração de CO₂ no sítio de carboxilação da Rubisco:

- Fixação fotossintética do carbono via C4 (C4)
- Metabolismo ácido das crassuláceas (CAM)

A fotossíntese C4 evoluiu como um dos principais mecanismos de concentração de carbono utilizados por plantas terrestres para compensar as limitações associadas a baixos níveis de CO₂ atmosférico. São algumas das culturas vegetais mais produtivas do planeta (p. ex., milho, cana-de-açúcar, sorgo), e usam esse mecanismo para aumentar a capacidade catalítica da Rubisco.

Os atributos bioquímicos e anatômicos da fotossíntese C4 minimizam a atividade oxigenase da Rubisco e a perda concomitante de carbono pelo ciclo fotorrespiratório!!!

O que faz????

Concentra CO₂

No ambiente da Rubisco para suprimir a fotorrespiração

Mecanismos :

- Fixação de Carbono Via metabolismo C4
- Metabolismo das Crassuláceas

Plantas C4 x C3

- Plantas C3 → primeiro produto estável ácido 3C:
 - **3-Fosfoglicerato (PGA);**
 - **Tem a Rubisco como enzima - fixa CO₂ e também O₂**

- **Plantas com metabolismo C4:**
 - Primeiro produto estável um ácido de **4C - OAA**
 - **Malato; Aspartato**
 - Tem a **PEP carboxilase (PEPcase)** para carboxilação inicial;

Porque C4?

Ciclo C4 carbono

Porque é a primeira molécula estável : 4 carbonos (Oxaloacetato-OAA)

Enzima: Fosfoenolpiruvato (PEP)- é uma carboxilase

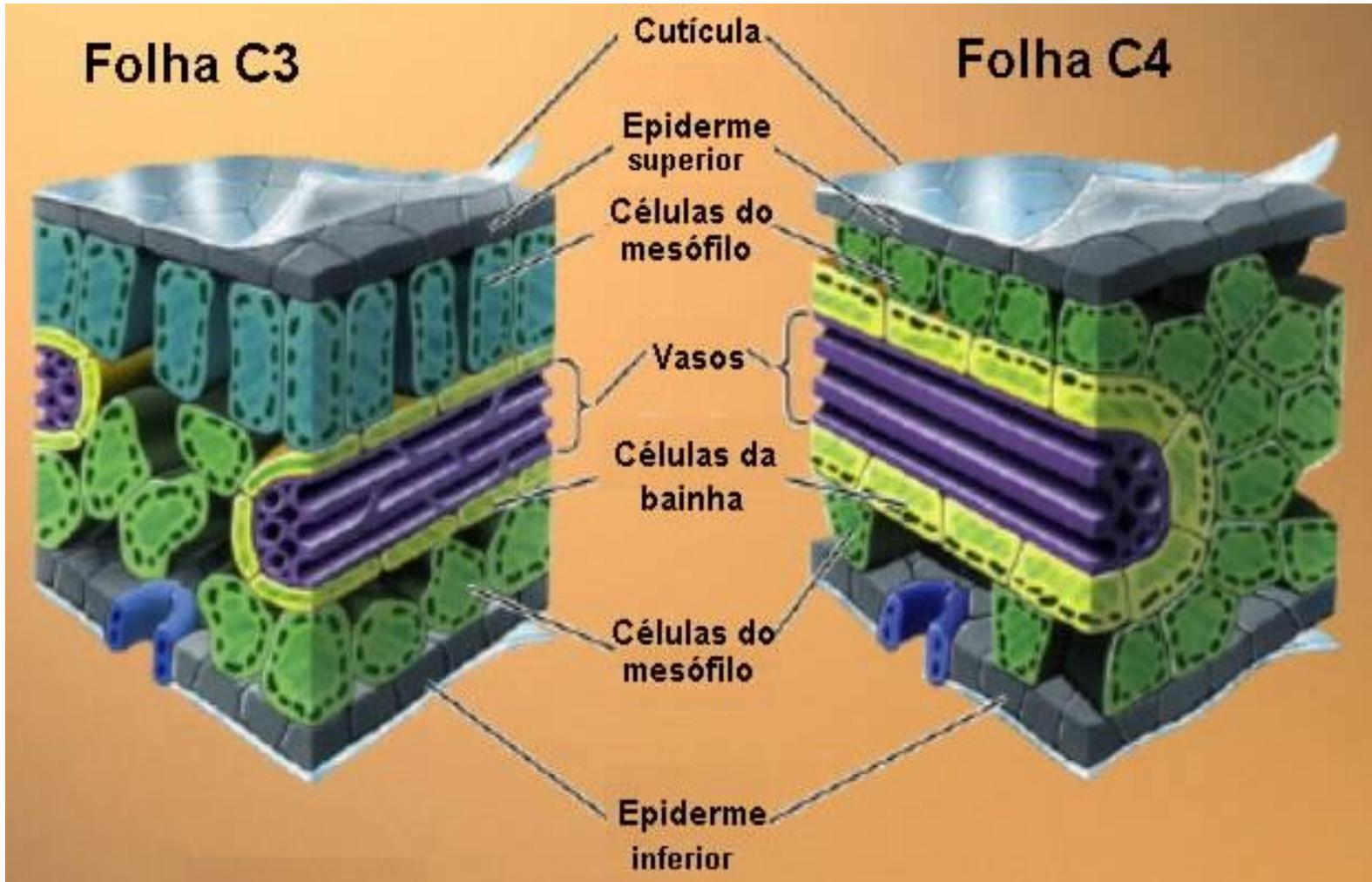
Utiliza HCO_3^- - não usa O_2 e nem CO_2

Anatomia Foliar específica (Anatomia Kranz)

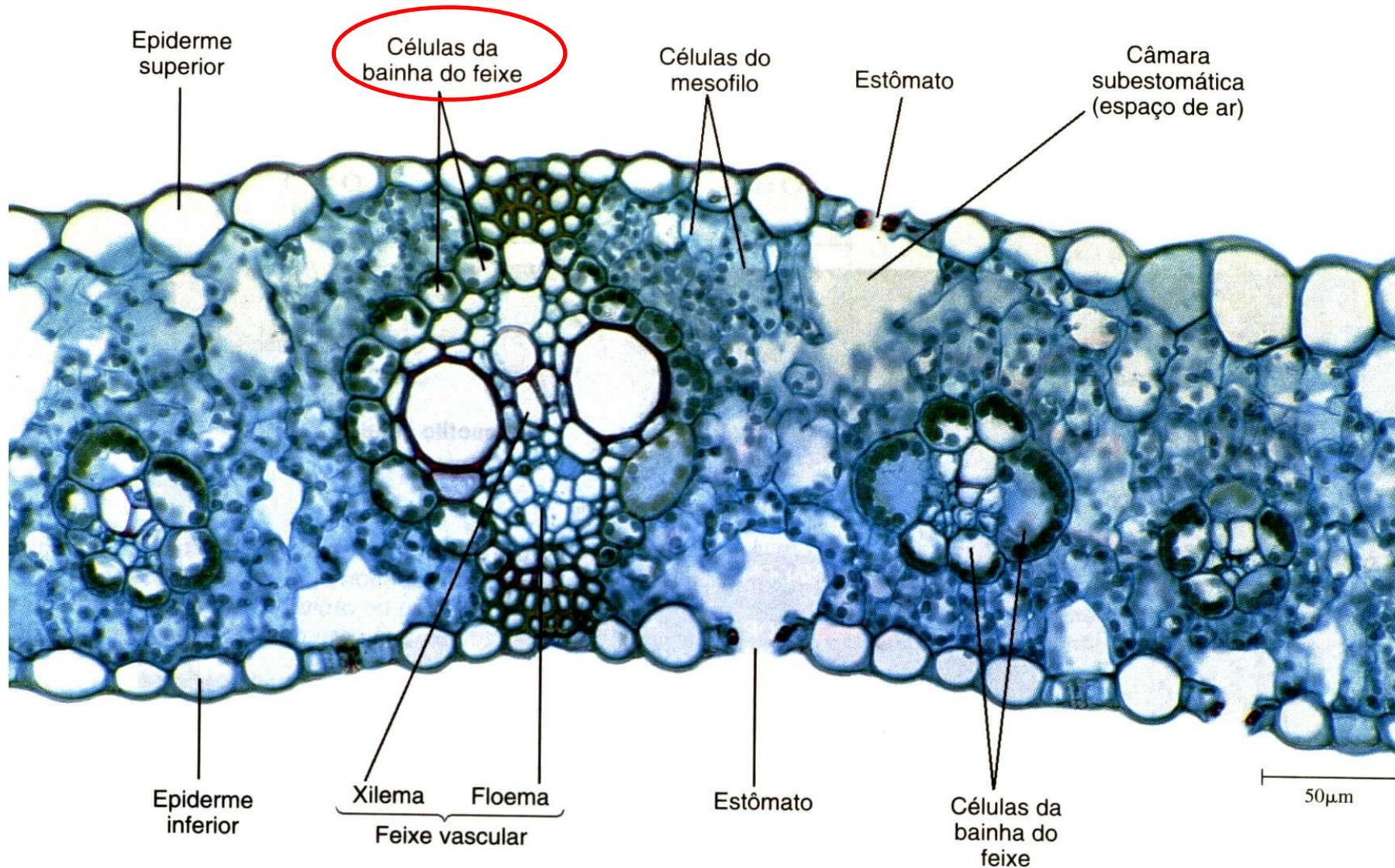
Separação espacial entre Via C4 e Ciclo de Calvin

Plantas C4

- Apresentam diferenças na anatomia das folhas

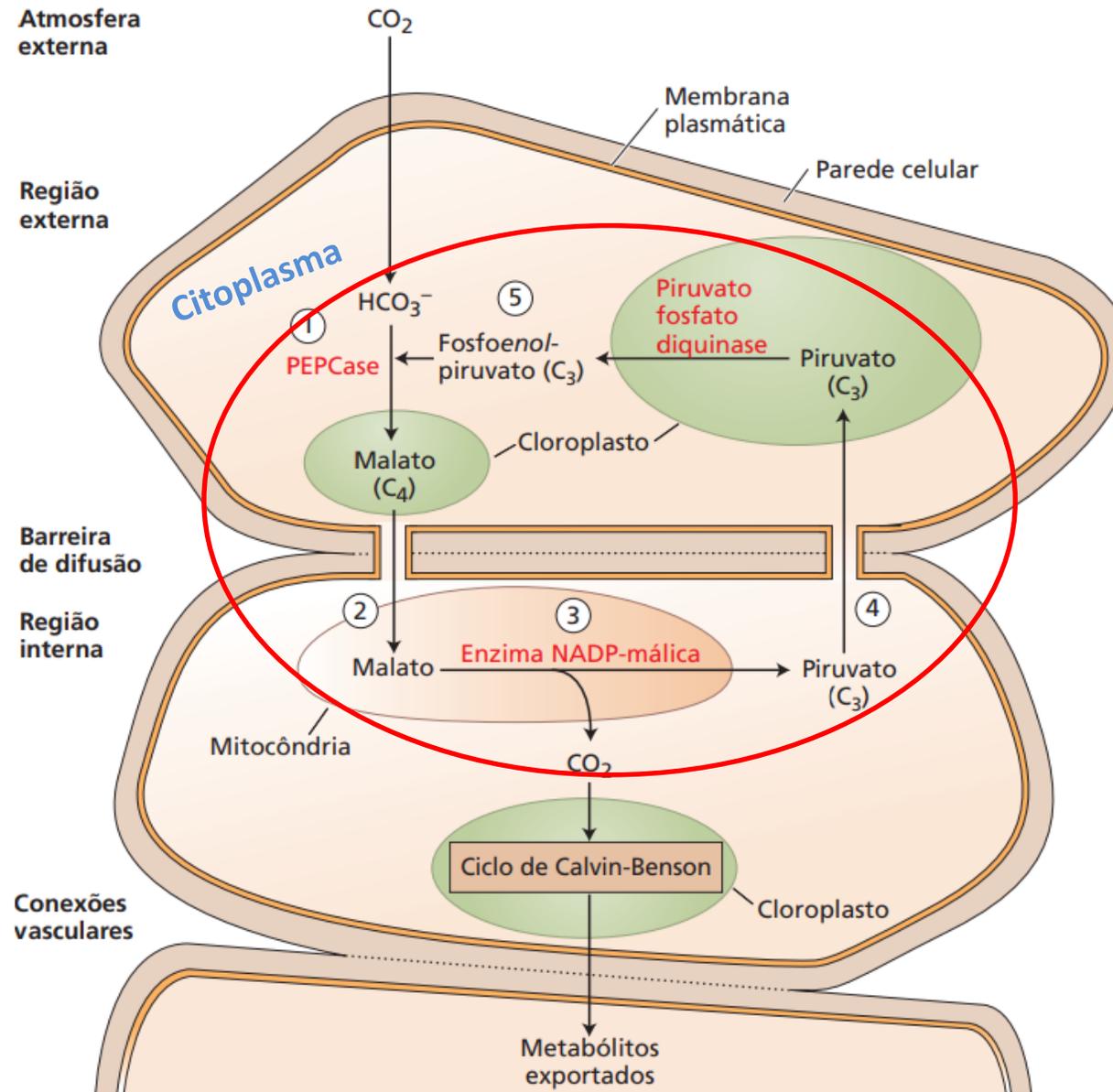


Folha do Milho – Anatomia Kranz



Plantas C4 existe uma separação espacial

Mecanismo de concentração de carbono : o ciclo C4 do carbono

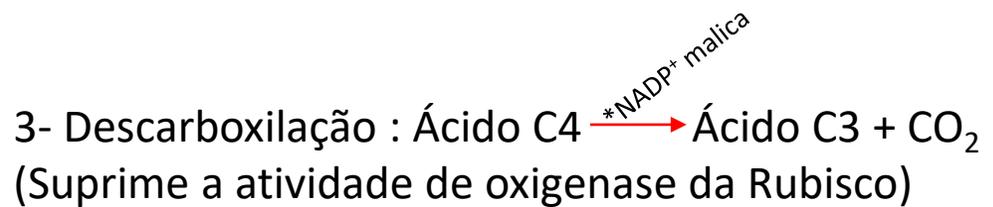


Ex.: Cana-de-açúcar, sorgo, milho, gramíneas tropicais.

Processo Bioquímico



2- Transporte: Ácido C4 (malato/aspartato) é translocado para o cloroplasto das células da bainha

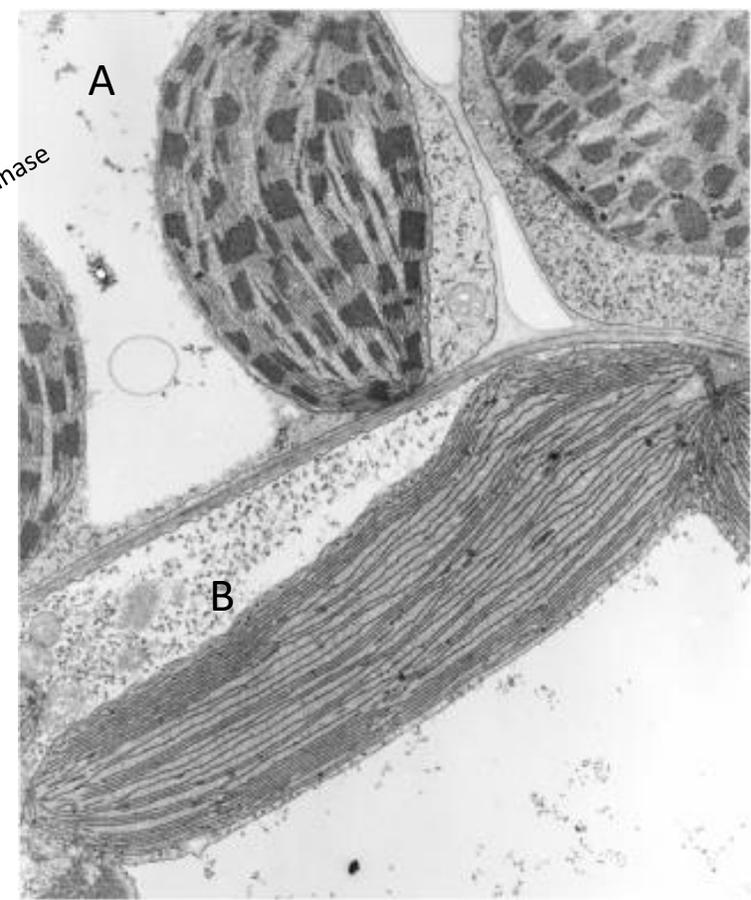
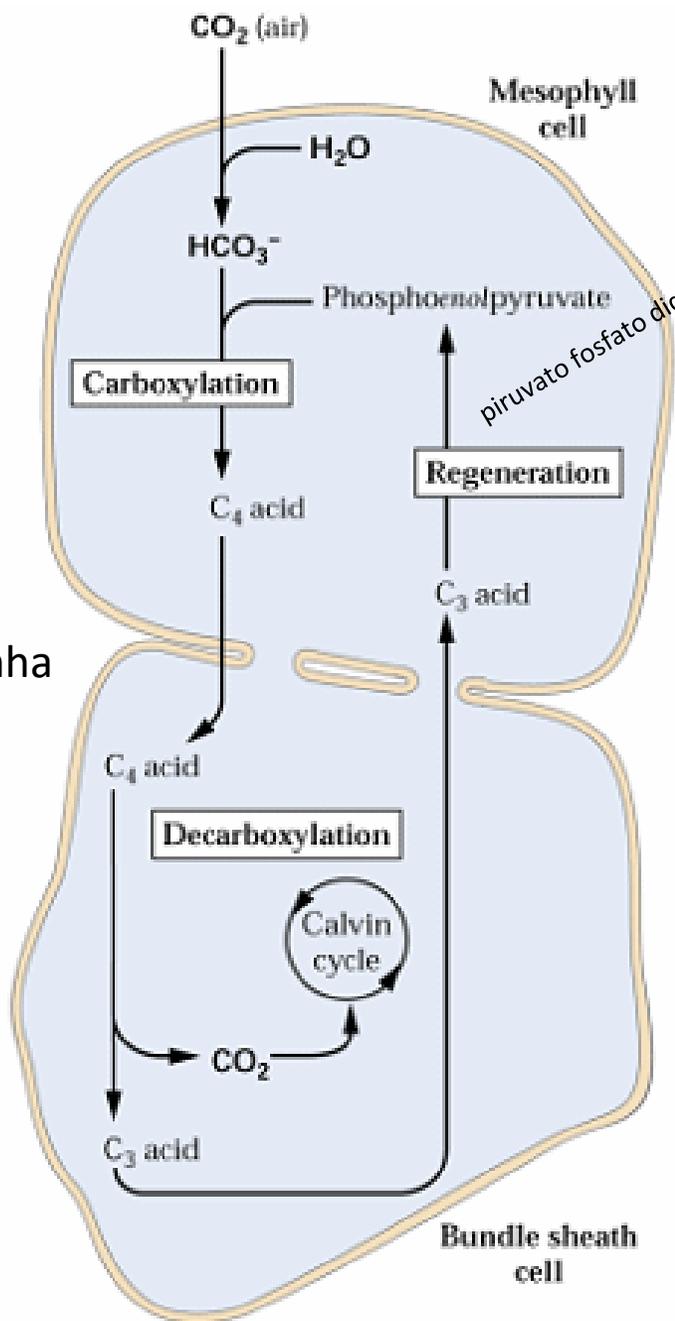


4- Regeneração de PEP: Ácido C3 volta para o mesófilo (cloroplasto) e será regenerado em PEP novamente.

- NAD^+ malica
- PEP cabocinase

* As três possuem a mesma função- quebrar o Acido C4

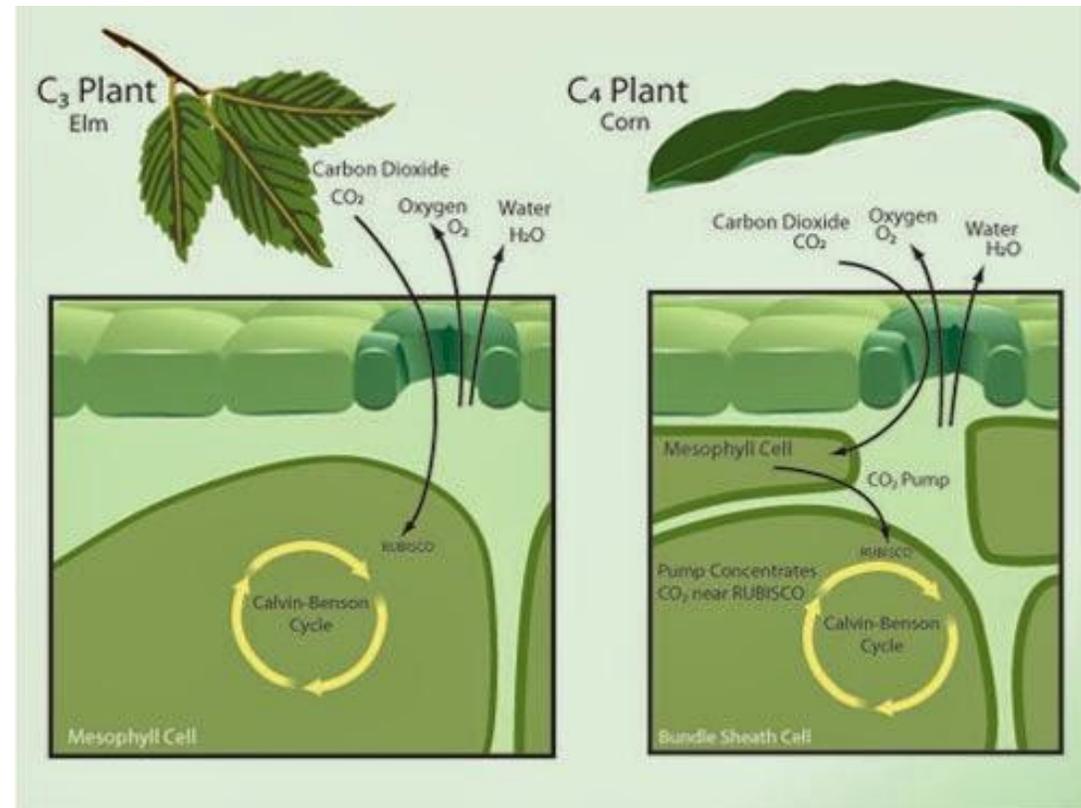
* ou aspartato aminotransferase



Cloroplastos de Sorgo:
A. células do mesófilo
B. células da bainha

O ciclo C4 reduz a fotorrespiração e a perda de água em climas quentes e secos

- A PEP tem alta afinidade pelo CO₂ - (HCO₃);
- **Permite reduzir a abertura estomática:**
 - Redução na perda de água
- **Alta concentração de CO₂ nas células da bainha:**
 - Reduz a fotorrespiração



RESUMO:

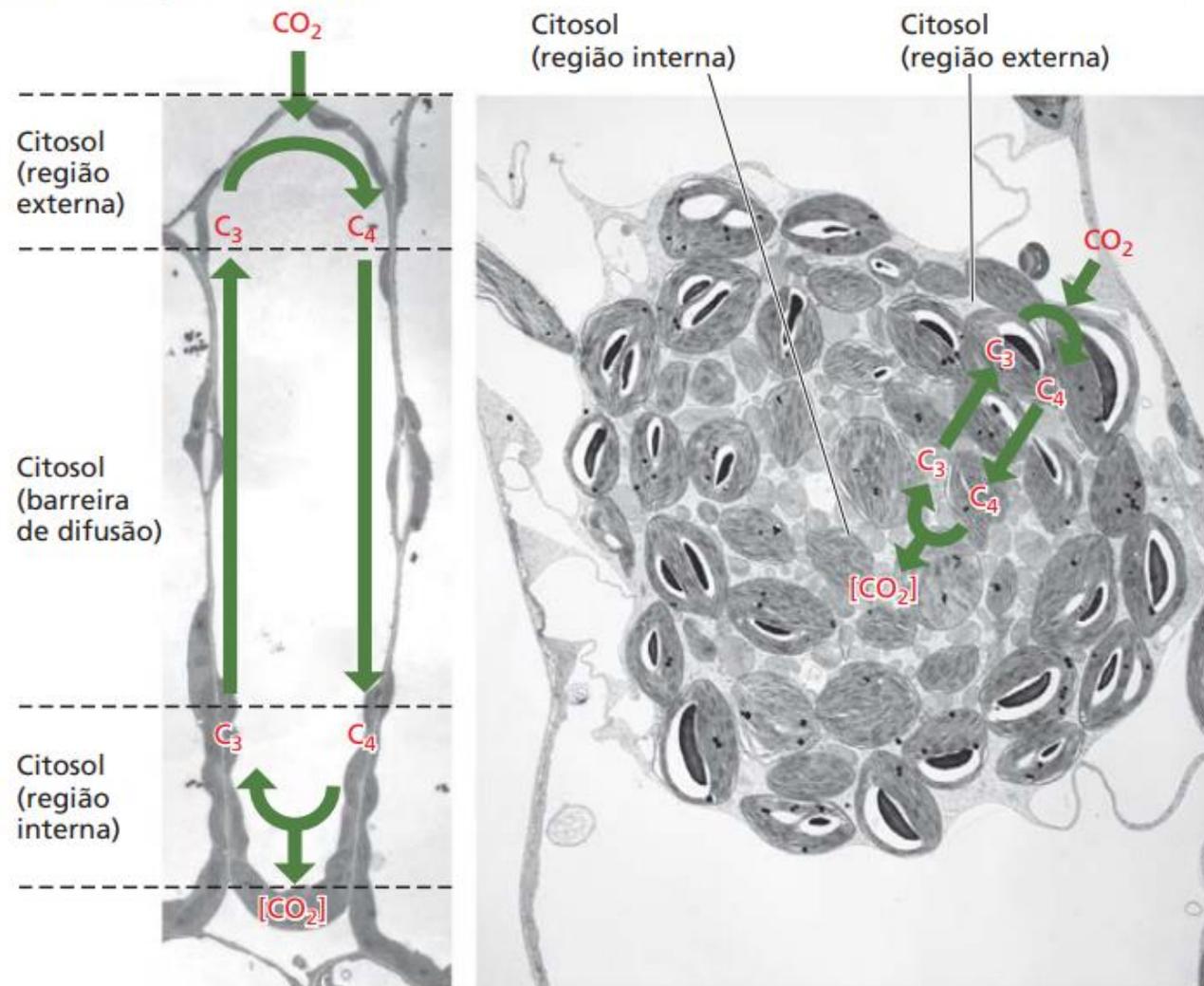
O transporte de CO₂ para as células da bainha vascular gera uma [CO₂] elevada no ambiente onde encontra-se a Rubisco, aumentando a eficiência da carboxilação e suprimindo a oxigenação (fotorrespiração).

Todas as plantas que realizam o ciclo C4 apresentam Anatomia Kranz???

Não!!!

Algumas plantas apresentam ciclo C4 em 1 única célula, chamada de Single Cell type C4 photosynthesis . (Separação espacial em uma única célula)

Ciclo C4 em célula única



Mecanismo CAM

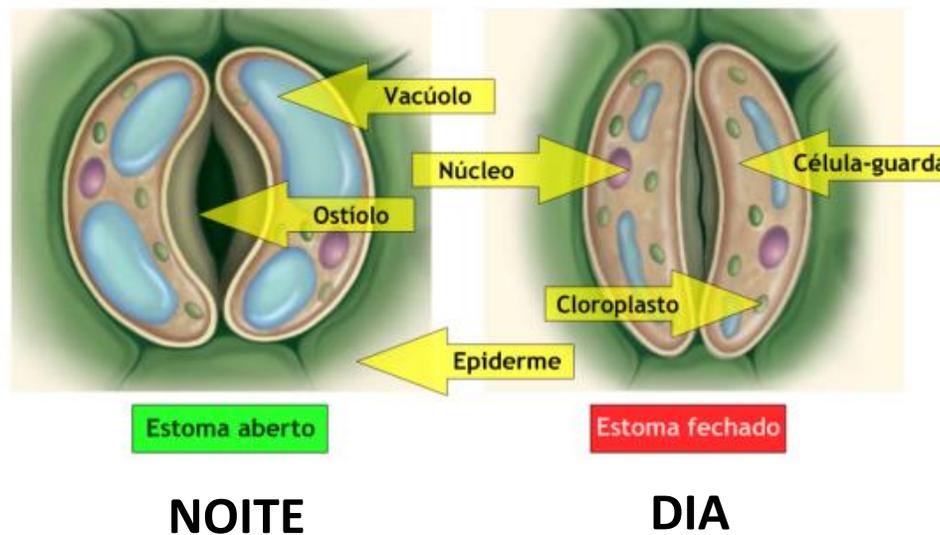
Aspectos similares as C4:

- 1ª molécula estável : OAA(4C)
- PEPcase
- HCO_3^-

Mas....

Divisão Temporal

Estômatos



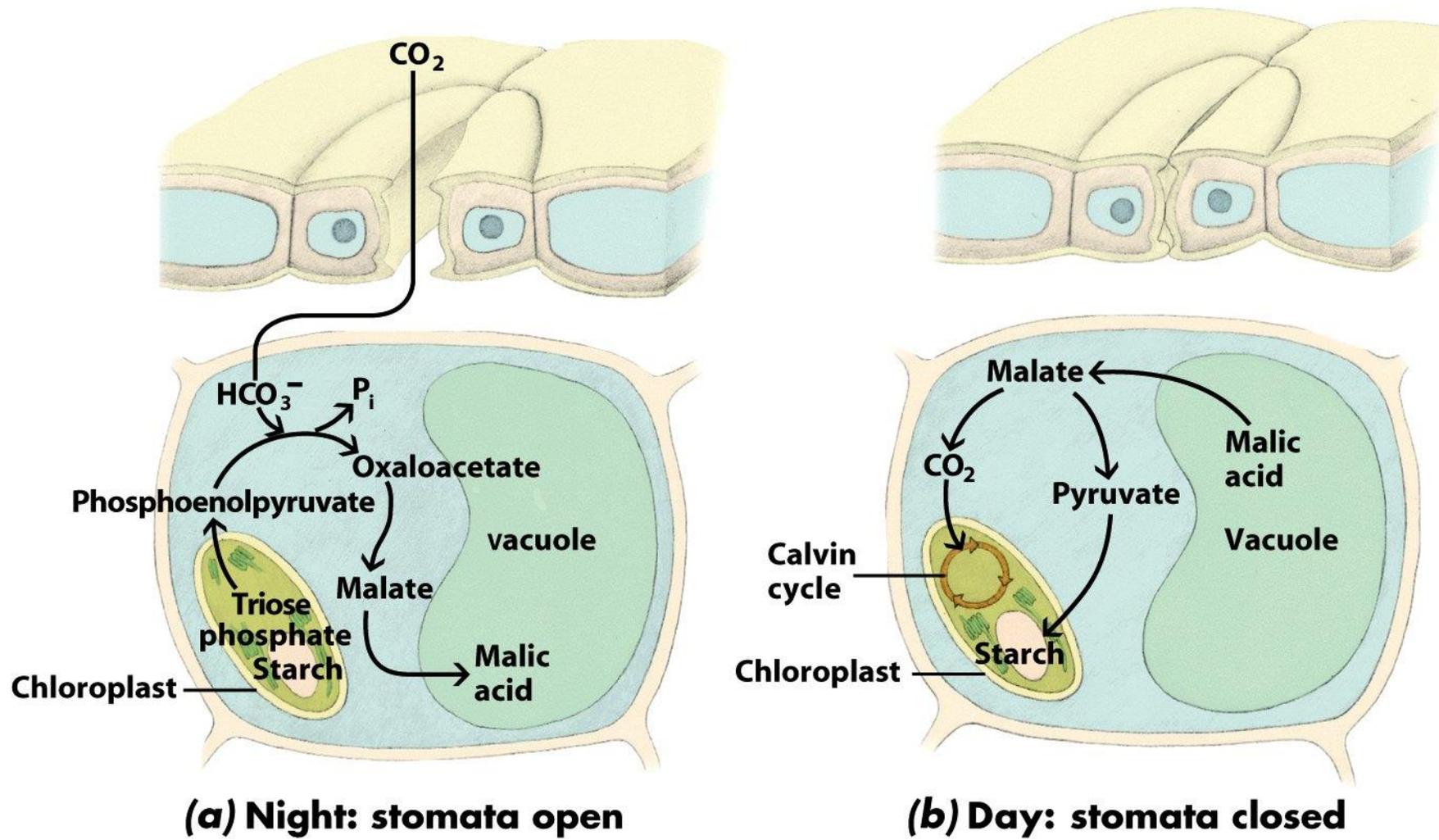
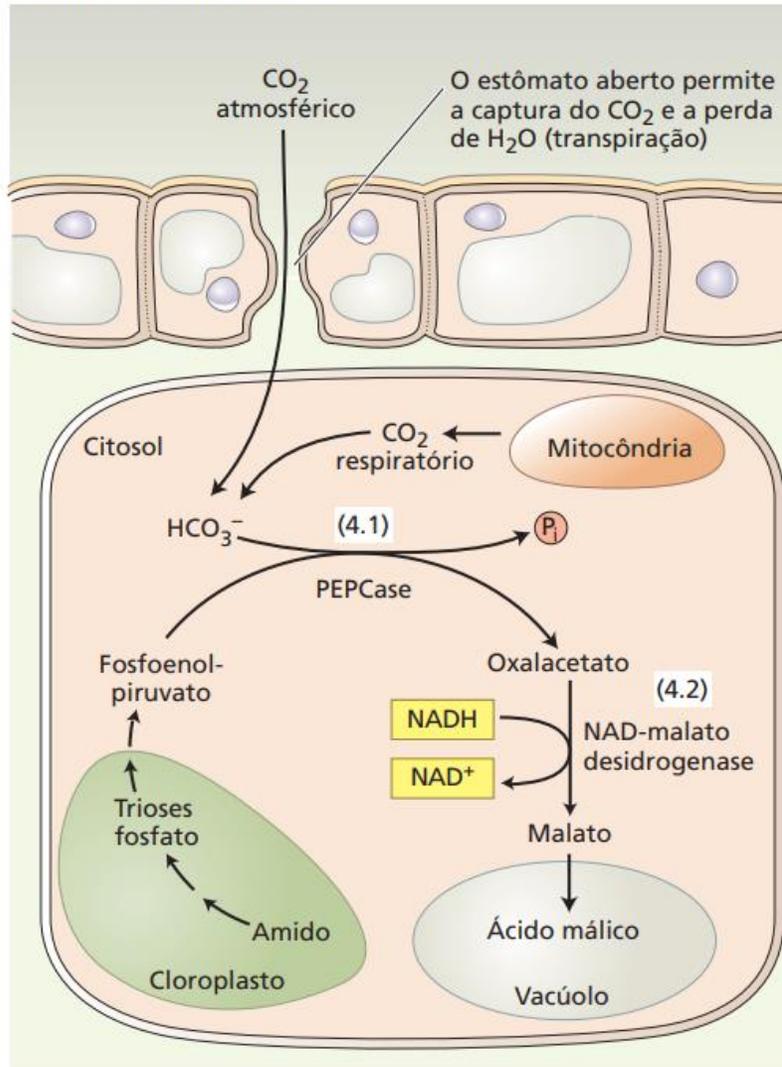


Figure 7-26
Biology of Plants, Seventh Edition
 © 2005 W. H. Freeman and Company

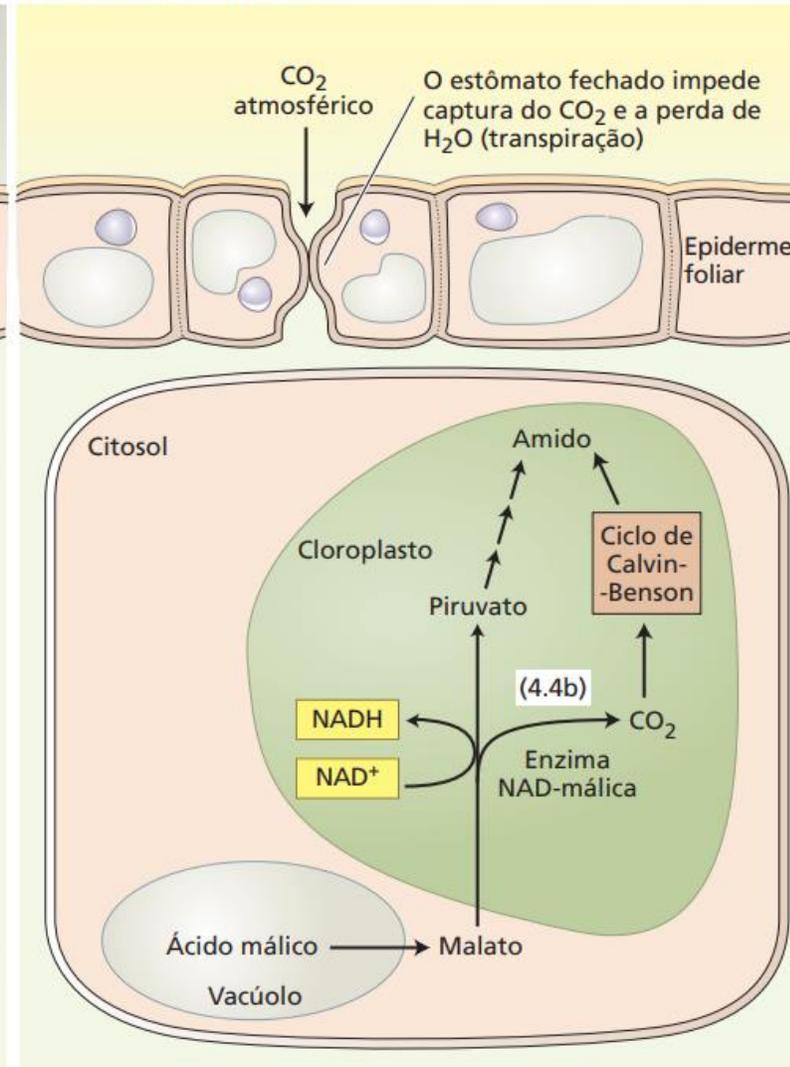
Descarboxilação do malato

Mecanismo

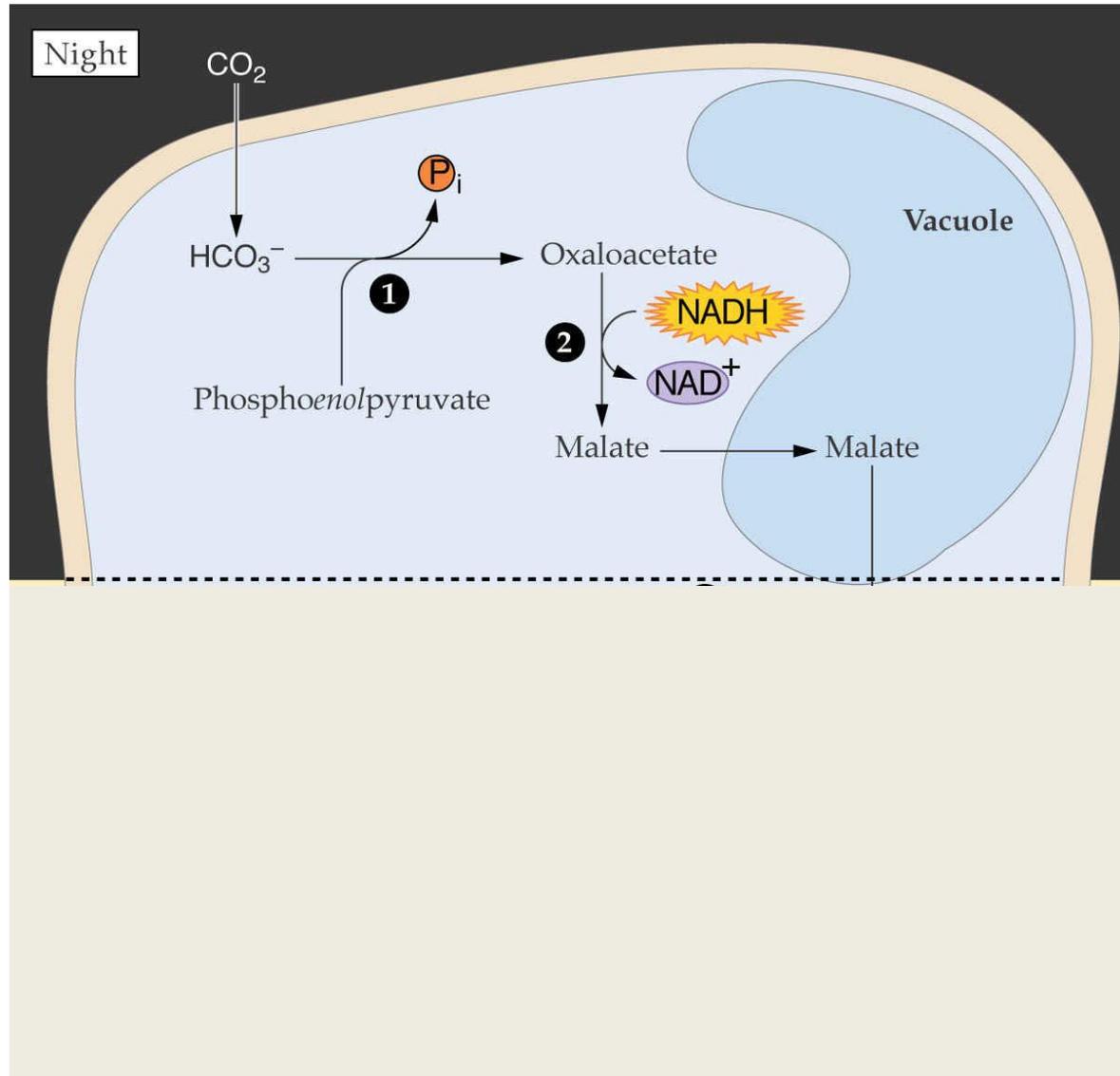
Escuro: estômatos abertos



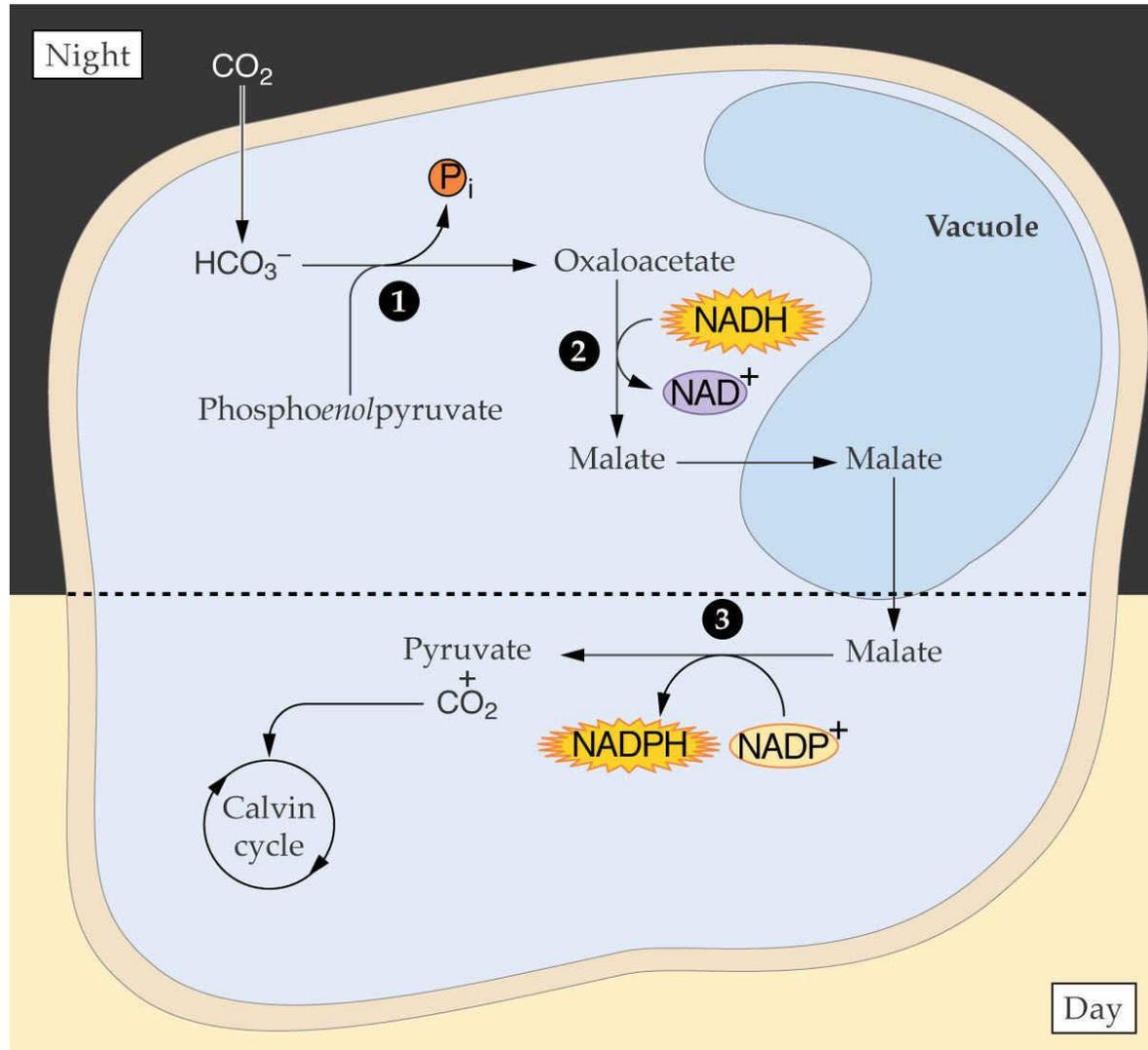
Luz: estômatos fechados



CAM: separação temporal



CAM: separação temporal



Quais as vantagens dessas plantas?

- **Perda de água:**

- Plantas **C₃** perdem de 400 a 500 g de água por CO₂ assimilado;
- Plantas **C₄** perdem de 250 a 300 g por CO₂ assimilado;
- As plantas **CAM** perdem de 50 a 100 g de água por cada CO₂ assimilado. (Maior eficiência no uso da água).

- Semelhança entre C4 e CAM:

Plantas C4:

A formação do ácido C₄ (malato, aspartato) e sua descarboxilação são separados espacialmente em plantas C₄, exigindo uma anatomia especializada.

Plantas CAM

Em Plantas CAM essa separação (formação do ácido C₄ e sua descarboxilação) é temporal, ou seja, ocorre na mesma célula.

Característica	Planta C3	Planta C4	Planta CAM
Enzimas carboxilativas	RUBISCO	Separação espacial. PEP-carboxilase no mesofilo e RUBISCO na bainha vasculas	Separação temporal. PEP-carboxilase de noite, RUBISCO de dia
Requerimento energético. CO ₂ /ATP/NADP	1:3:2	1:5:2	1:6:2
Fotorrespiração	alta	baixa	Não detectável
Eficiência do uso da água(gCO ₂ /Kg H ₂ O)	1-3	2-5	10-40
Temperatura ótima	20-30°C	30-45°C	30-45°C