

NITROGÊNIO

Prof. Volnei Pauletti

Profa. Beatriz Monte Serrat

Departamento de Solos e Engenharia Agrícola
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo

vpauletti@ufpr.br



NUTRIENTES ESSENCIAIS

- **NITROGÊNIO**

NUTRIENTES ESSENCIAIS

- **NITROGÊNIO**
- **4º ELEMENTO + ABUNDANTE NAS PLANTAS (N ⇔ K)**
(precedido do C, O e do H)
- **~ 78% DA CONSTITUIÇÃO GASOSA DA ATMOSFERA É N₂**
 - **Ligação de alta estabilidade**

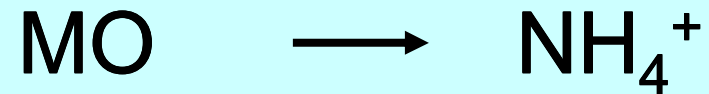
FORMAS INORGÂNICAS DE N

- NH_4^+ Amônio
- NH_3 Amônia ▲
- NO_2^- Nitrito
- NO_3^- Nitrato
- N_2O Óxido nitroso ▲
- NO Óxido nítrico ▲
- N_2 Nitrogênio elementar ▲

NITROGÊNIO

→ CONCENTRAÇÃO NO SOLO
Decomposição da MO

AMONIFICAÇÃO



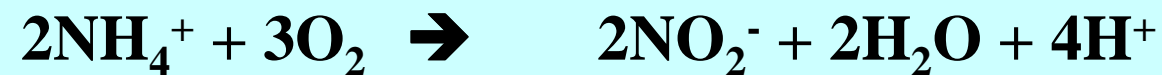
- Dados Genéricos:
 - M.O. \approx 58% C
 - C% \times 1,72 = M.O.
 - M.O. \approx 5% N
 - N% \times 20 = M.O.

- Relação C/N:
 - Microorganismos: 8:1
 - M.O.: > 30:1 (imobilização)
 - ❖ 20 – 30: 1 (n/ imobilização e nem mobilização)
 - ❖ < 20:1 (liberação de N)

- **NITROGÊNIO**
CONCENTRAÇÃO NO SOLO

NITRIFICAÇÃO

Nitrossomonas



Nitrobacter



- **NITROGÊNIO**
- **CONCENTRAÇÃO NO SOLO**

DESNITRIFICAÇÃO



- **NITROGÊNIO**
- **CONCENTRAÇÃO NO SOLO**

NO₃: 1-5 mM

NH₄: 20-200 μM

Aminoácidos: 0,1-100 μM

- **NITROGÊNIO**
- **CONCENTRAÇÃO NO SOLO**
 - Fixação biológica de nitrogênio

O N GASOSO É TRANSFORMADO EM MINERAL

- **Fixação em números**

| FONTES DE FIXAÇÃO | 10^3 Mg de N/ano |
|---------------------|--------------------|
| Atmosférica | 10 |
| Oceanos | 36 |
| Sistemas Terrestres | 139 |

Adaptado de UBBA RAO, 1979

- **NITROGÊNIO**
- **Fixação Biológica**

Arroz (dependendo da variedade)

de 20 a 58 % *Azospirillum*

Ainda REIS et al. 2006 citam cana, milho e trigo.

Azospirillum: testes em culturas anuais



- **NITROGÊNIO**

- **Fixação Biológica**

| Leguminosas | kg ha⁻¹ ano⁻¹ |
|--------------------|--|
| Alfafa | 80 - 250 |
| Feijão | 30 - 50 |
| Soja | 17 - 450 |

REIS et al. 2006

Bactérias dos gêneros *Rhizobium*, *Bradyrhizobium* e *Azorhizobium* trocam carboidratos por íons NH_4^+ (EPSTEIN & BLOOM, 2006)





Soja

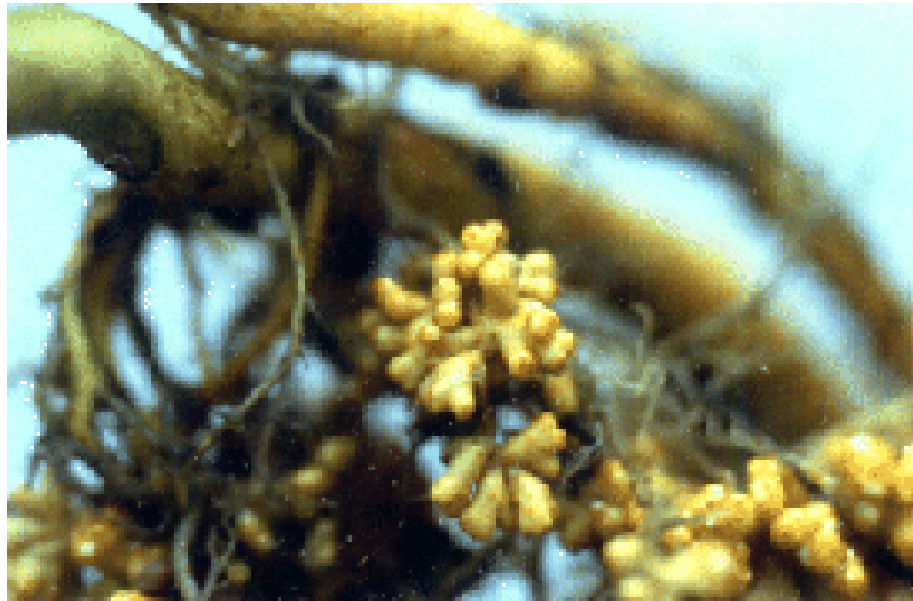
RHIZOBIUM

Soja



Feijão

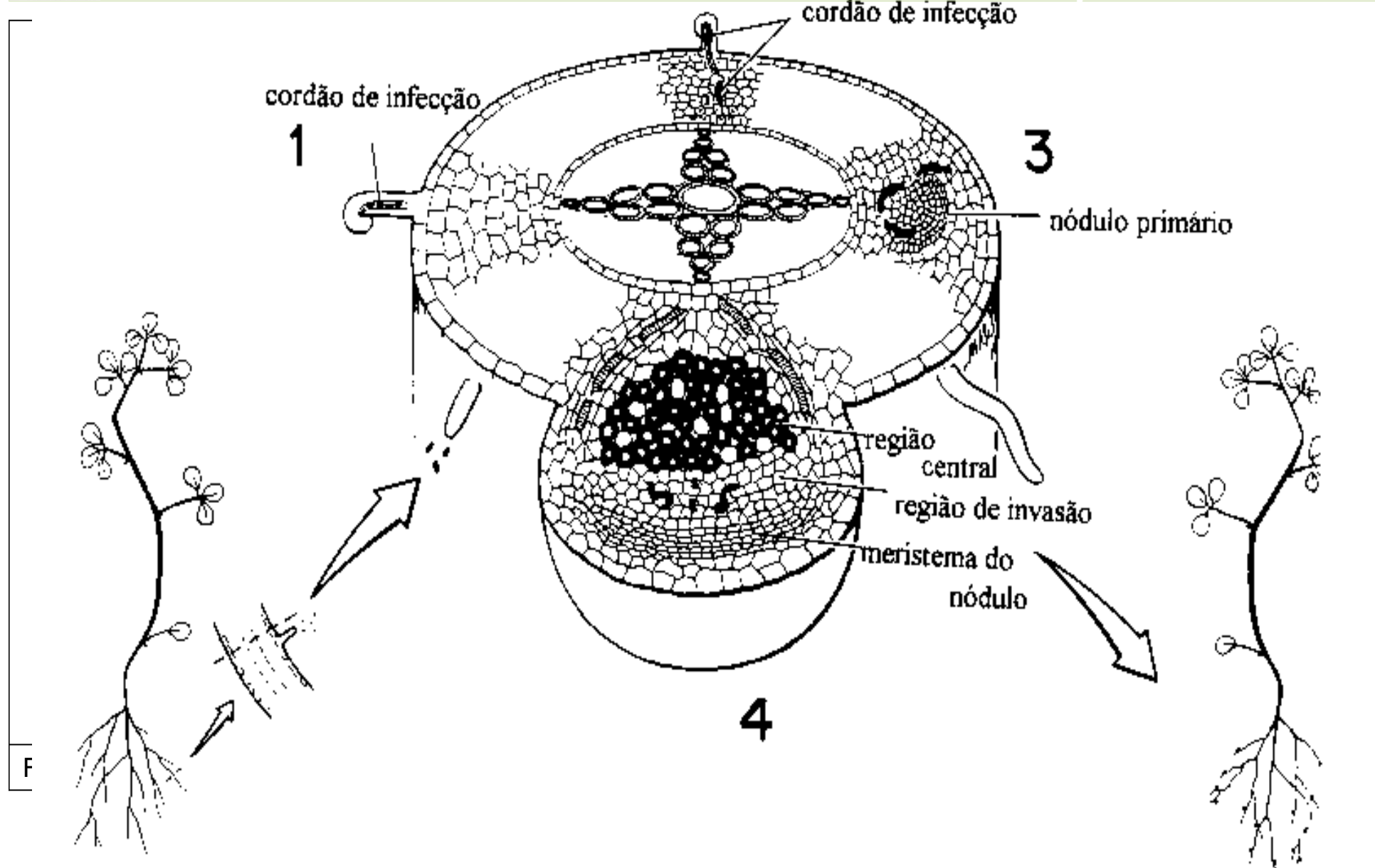
ALNUS



- Nódulo desenvolve características vasculares que permitem troca de N por nutrientes;

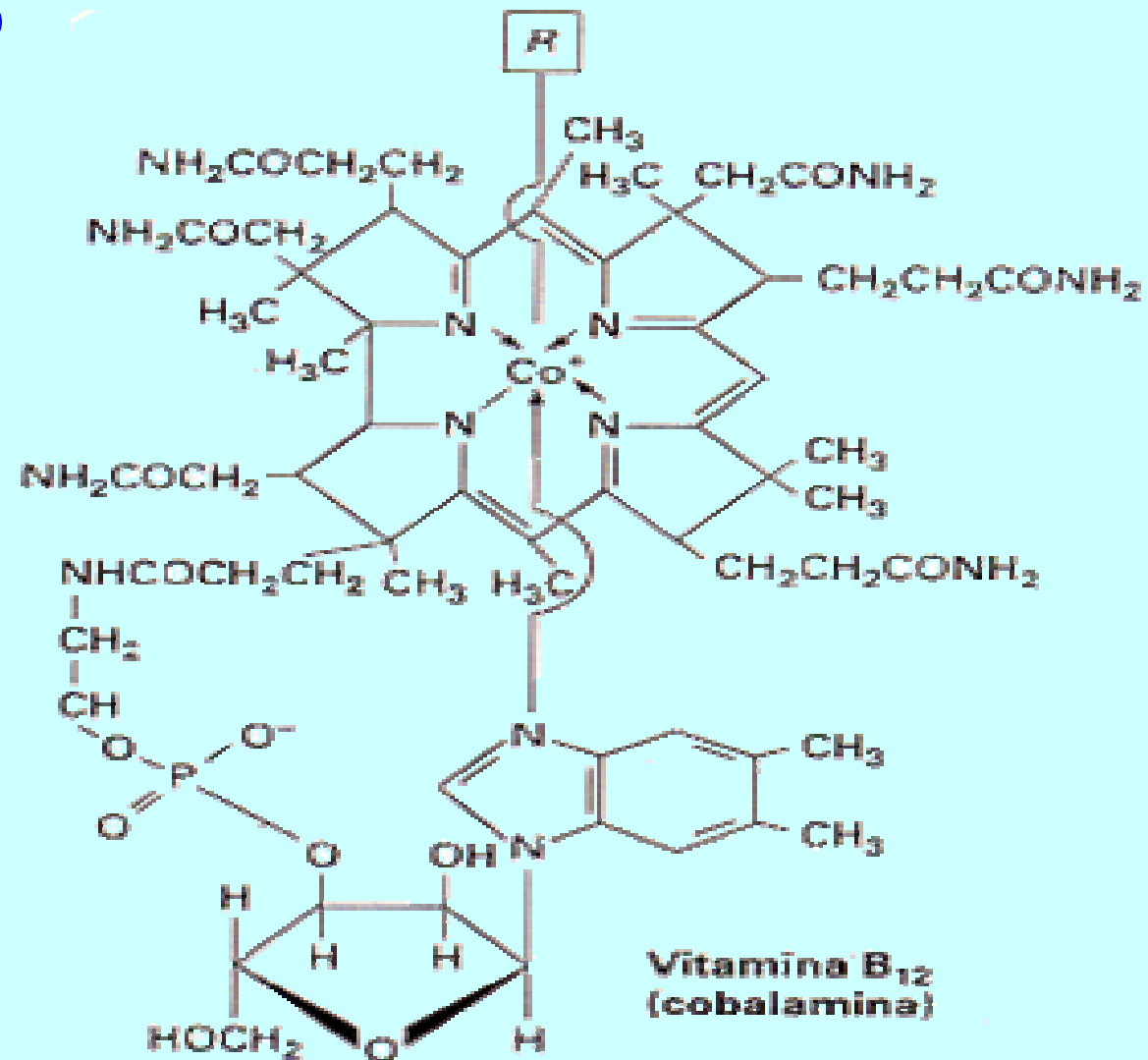
Redução do O₂ no nódulo:

- Forma-se camadas de células para excluir o oxigênio do interior do nódulo**
- Leghemoglobina**

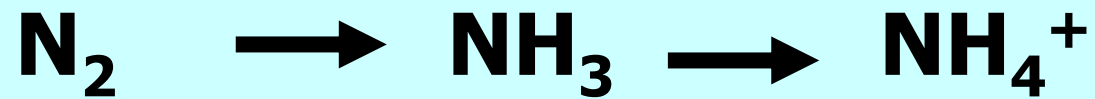


MYLONA et al, 1995

NITROGÊNIO



Assimilação do NH_4^+ produzido nos nódulos



O NH_4^+ inibe a fixação de N no bacterióide sendo rapidamente retirado.

ABSORÇÃO DE NITROGÊNIO

FORMAS ABSORVIDAS PELAS PLANTAS

Mais importantes são:



Formas orgânicas de N, que com exceção da uréia têm importância apenas secundária.

ABSORÇÃO DE NITROGÊNIO

Durante a absorção - a raiz pode: acidificar ou diminuir a acidez do meio.

- $< \text{pH} - \text{NH}_4^+$
- $> \text{pH} - \text{NO}_3^-$

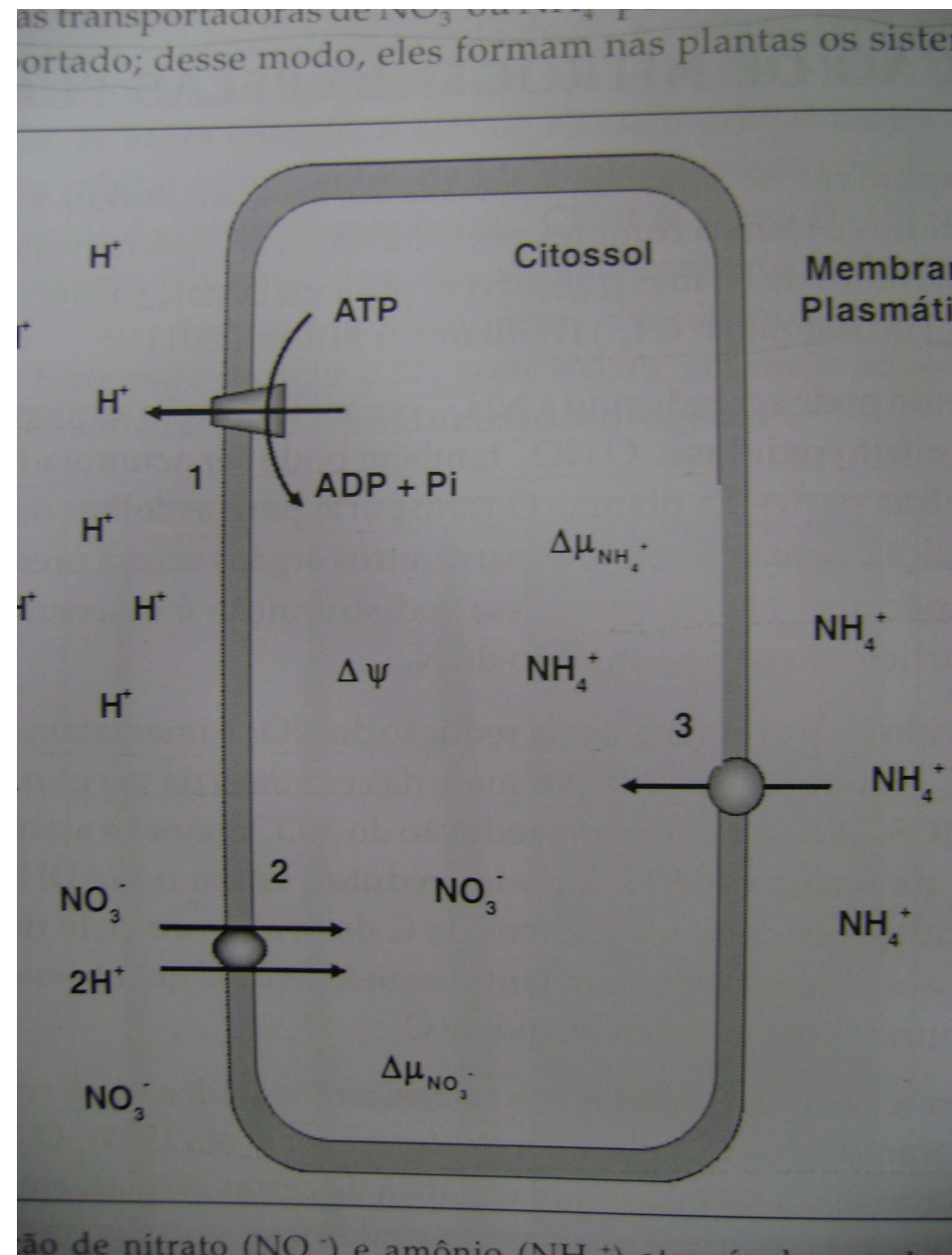
ABSORÇÃO DO NO₃

- Rota simplástica
- Absorção:
 - Transportador do tipo simporte com H⁺
- NO₃ absorvido é transportado pela planta

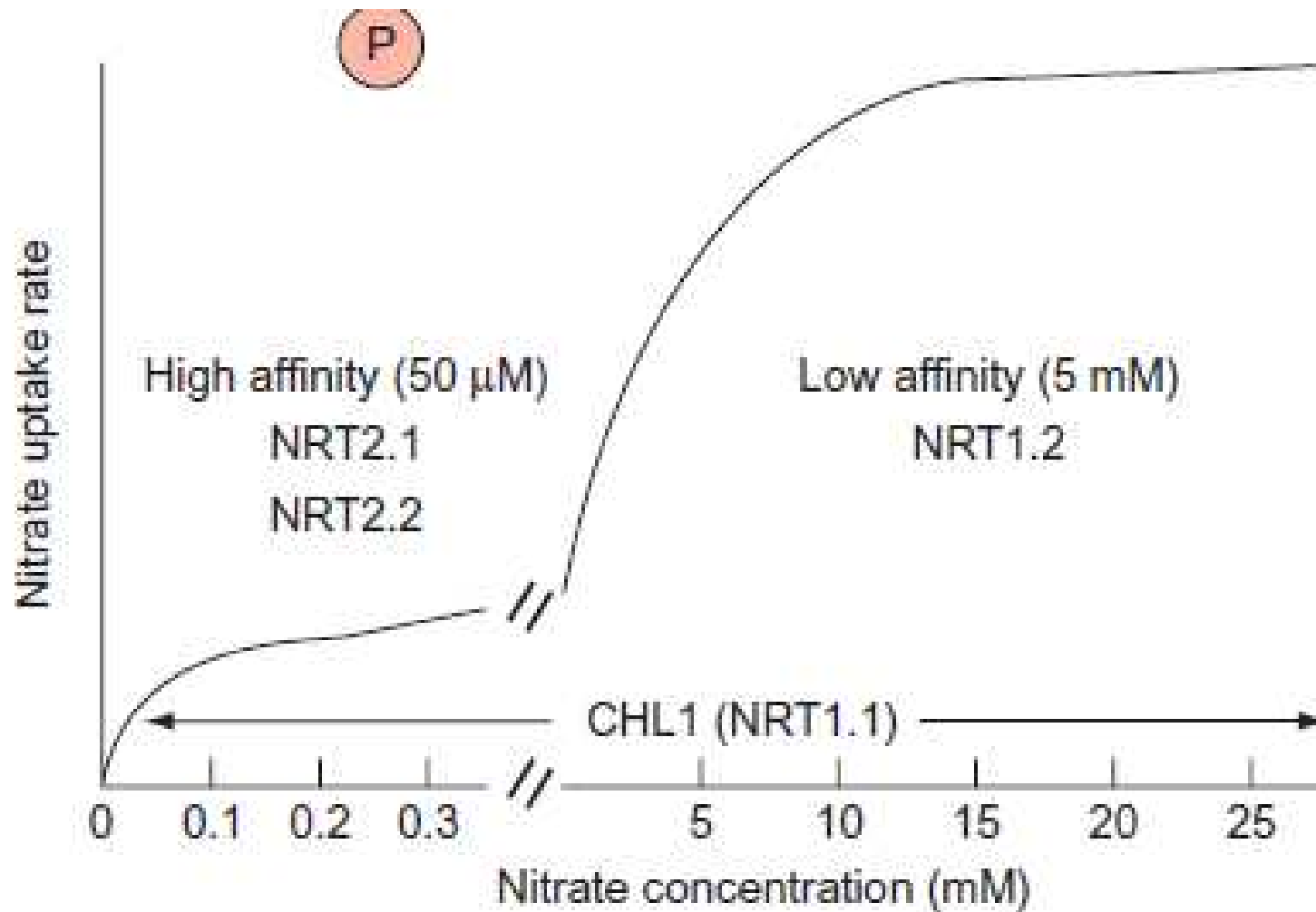
ABSORÇÃO DO NH₄

- Rota simplástica
- Absorção:
 - Transportador do tipo uniporte
 - Canais de K podem ser usados
- Maioria do NH₄ absorvido pela raiz é incorporado à compostos orgânicos na própria raiz.

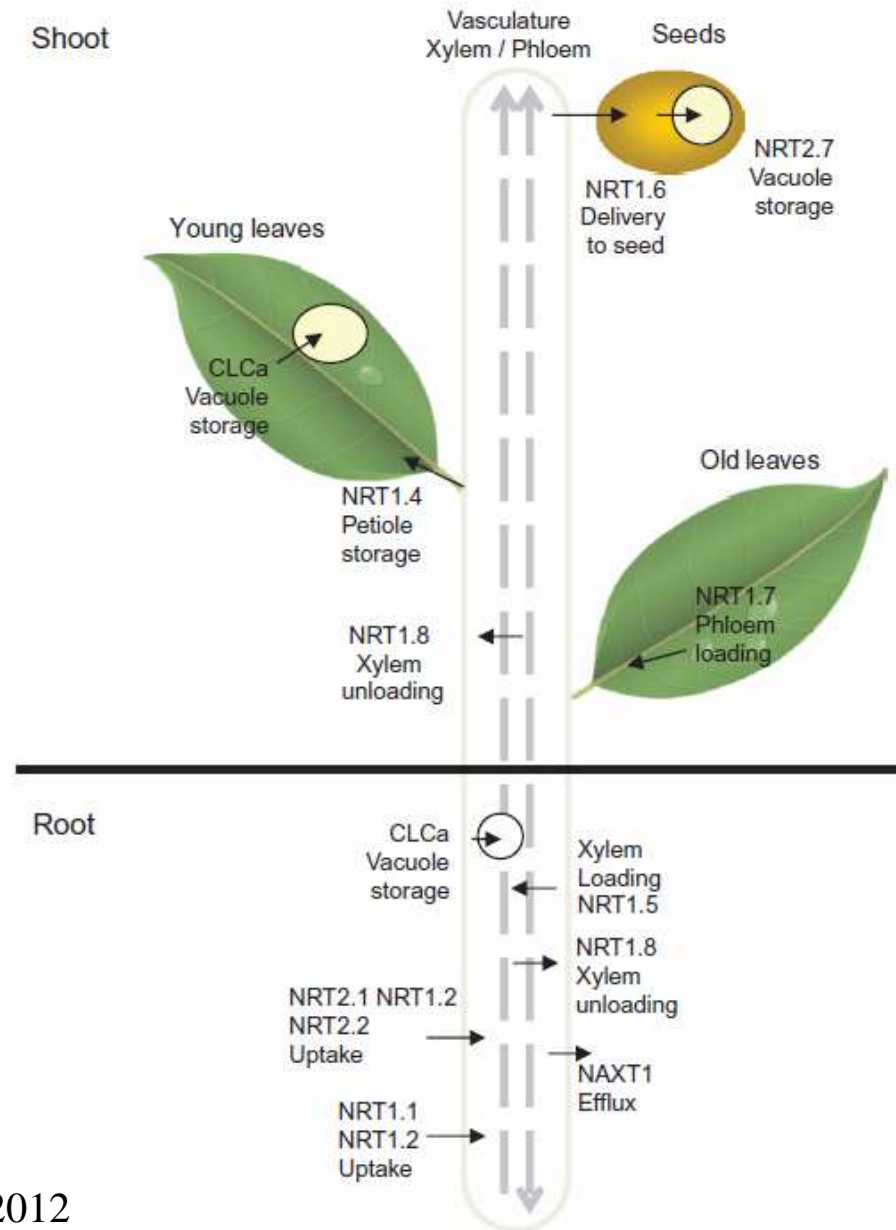
Absorção do N



Absorção do NO_3^-



Absorção do NO_3^-



Dechorgnat et al, 2011 in Marchner, 2012

ABSORÇÃO DE AMINOÁCIDOS

- **Transportadores identificados em algumas plantas**
- **Baixo peso molecular**

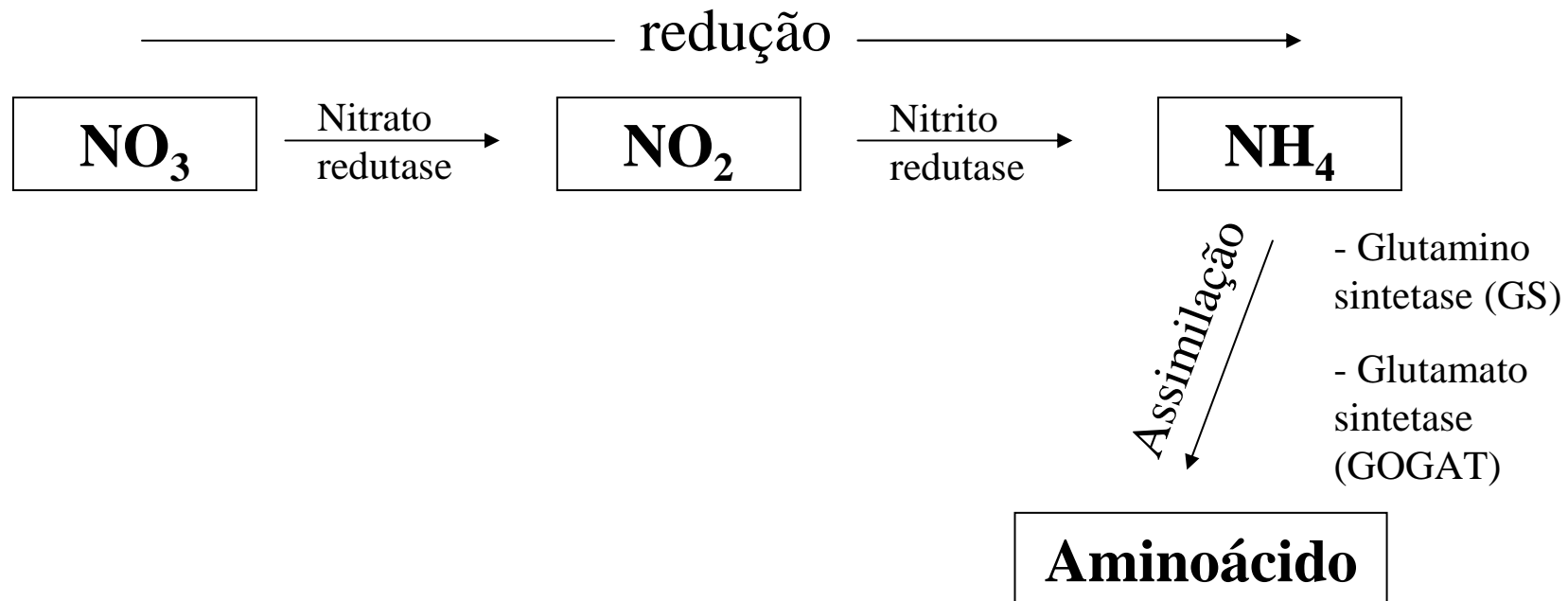
ABSORÇÃO DE URÉIA

- **Transportadores de alta afinidade = simporte com H^+**
- **Transporte passivo = transportadores da família das aquaporinas**

CONCENTRAÇÃO E FORMAS DE NITROGÊNIO NA SOLUÇÃO DO SOLO E XILEMA DAS PLANTAS

| Solução do Solo | | Xilema | |
|-----------------|--------------------------------------|-------------------------|---------------------------|
| Valores Médios | Forma | Conc. (μM) | Forma |
| 1.500 | NO_3^- , NH_4^+ | 10.000 | NO_3^- Aminon |

ASSIMILAÇÃO DO N ABSORVIDO



ASSIMILAÇÃO DO N ABSORVIDO

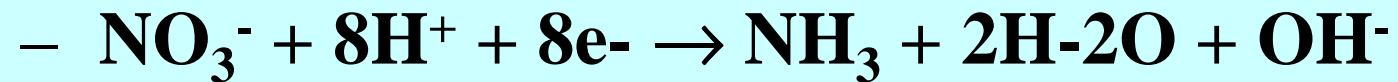
METABOLISMO

“O N quando absorvido na forma inorgânica oxidada deverá ser reduzido para ser incorporado a compostos orgânicos, e então exercer suas funções metabólicas.

Para então ser incorporado, no interior das plantas, combinado ao C, H e O e ao S, aos compostos orgânicos (aminoácidos, enzimas, ácidos nucleicos, clorofila, alcalóides e outros).”

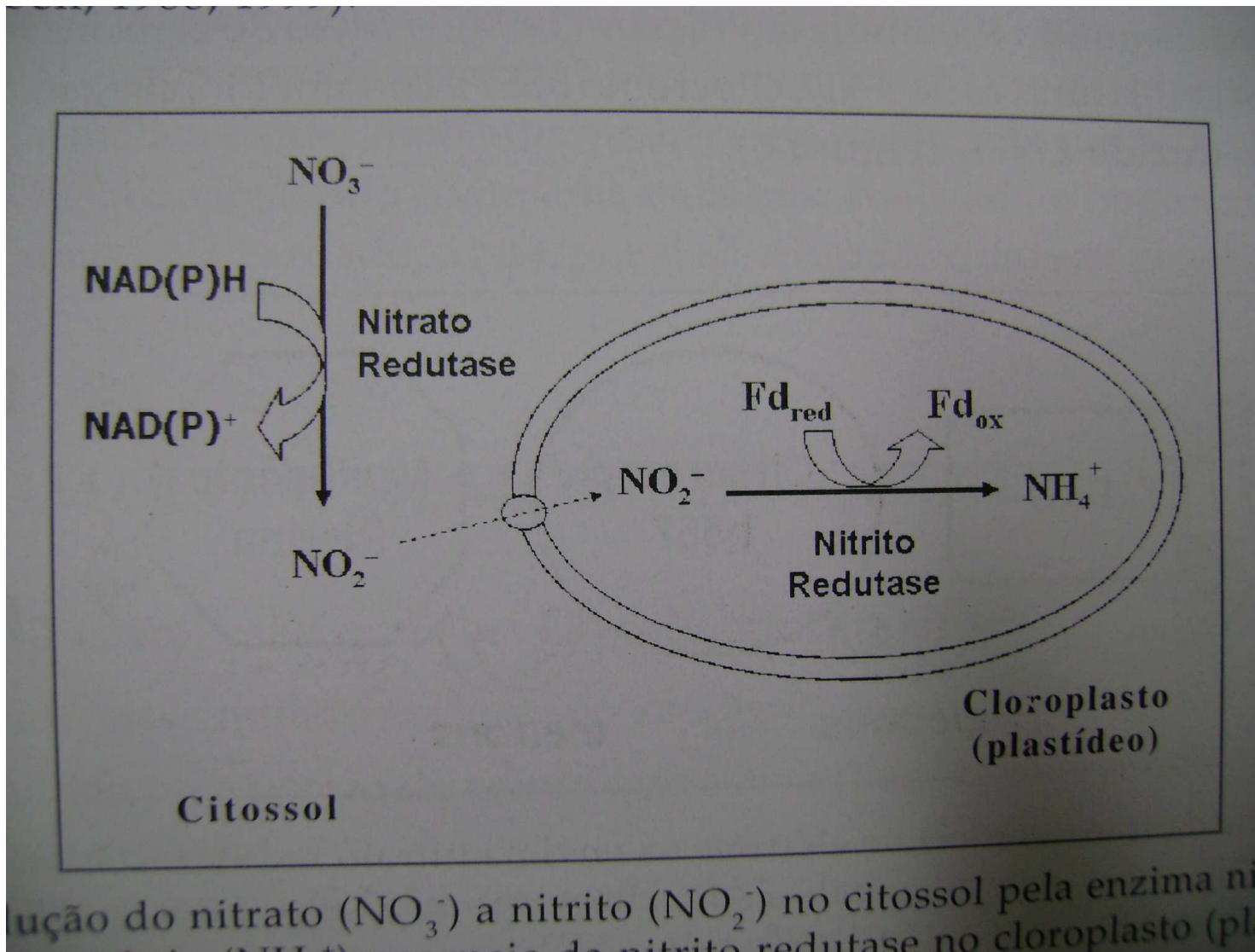
(Prevedello e Reissmann, 2002)

Redução do nitrato em células superiores



| | | | | |
|----------------------------|--|------------------|--|----------------------|
| Redutase do Nitrato | NO₃⁻ | | Redutase do Nitrito | fotossist I |
| NADPH+H ⁺ | ↓ | | ↓e ⁻ | NADP |
| e ⁻ | FADH ₂ citocFe ^{II} Mo ^{IV} | e ⁻ → | → NO ₂ ⁻ | ↓V ferredoxina red ↑ |
| | FAD ↓ citocFe ^{III} Mo ^{VI} ↓ | | ↓ | ↳ ferredoxina oxid ↑ |
| NAD(P) ⁺ | 2H ⁺ | → | H ₂ O | |
| | | | NH₃ + H ₂ O + OH ⁻ | NADPH ₂ |
| | citoplasma | | cloroplasto | |

Nitrato redutase



Efeito da luz na redução do NO_3^-

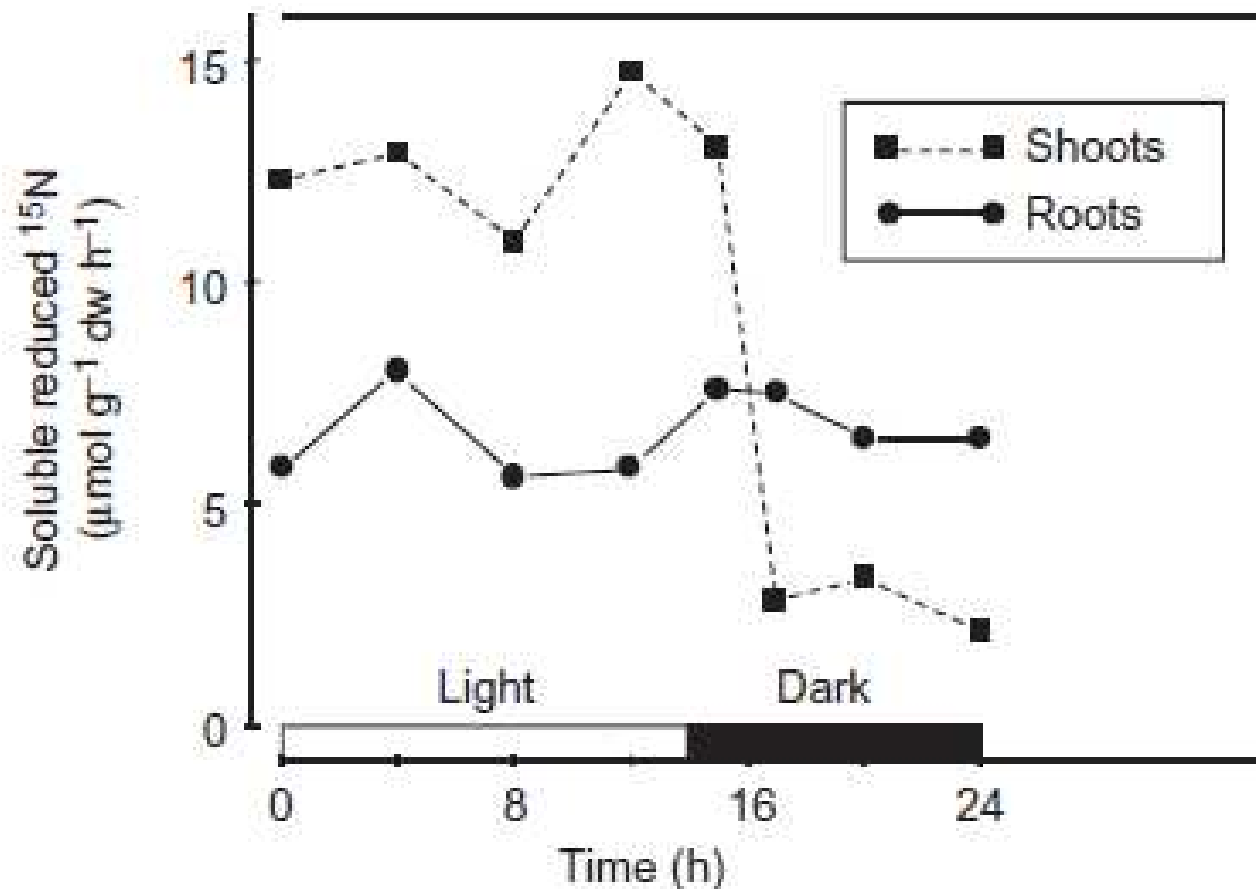
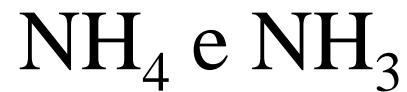


FIGURE 6.8 Concentration of soluble reduced N in roots and shoots of maize during a 24 h period of $^{15}\text{NO}_3^-$ supply to the roots. Based on Pearson et al., 1981, in Marchner, 2012

Assimilação do nitrogênio

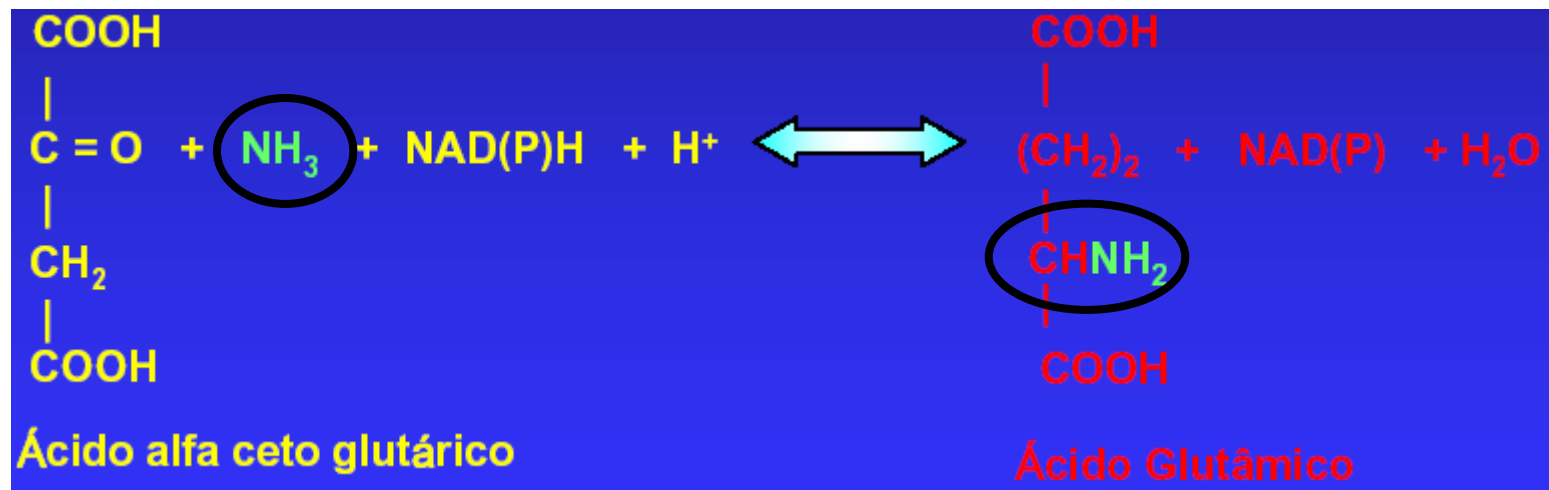


São tóxicos para as plantas?

- **RAPIDAMENTE ASSIMILADOS PELAS ENZIMAS GS e GOGAT (Glutamina e Glutamato sintetase) FORMANDO OS AMINOÁCIDOS**

INCORPORAÇÃO DO NH₃ EM COMPOSTOS ORGÂNICOS

Via desidrogenase glutâmica (GDH)

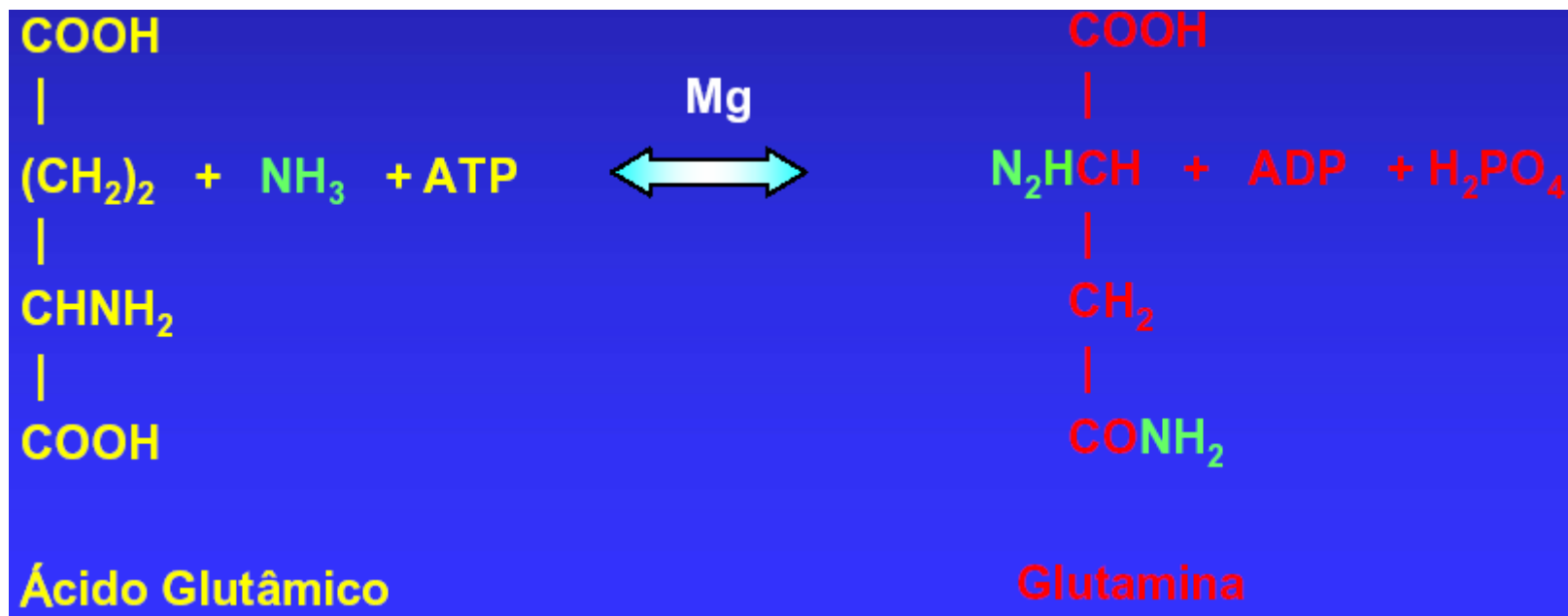


NAD(P)H = dinucleotídeo de adenina e nicotinamida fosfato

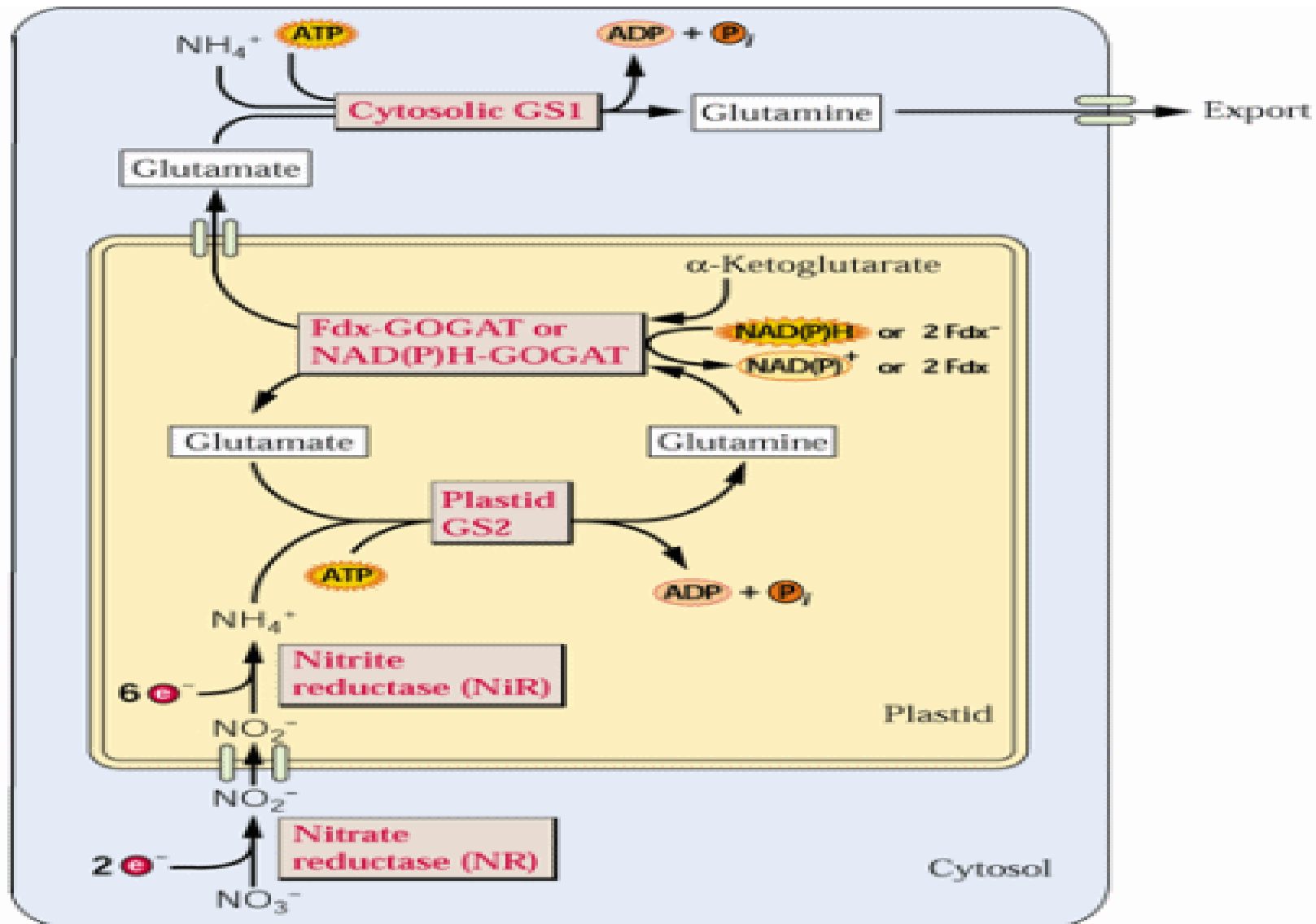
|

INCORPORAÇÃO DO NH₃ EM COMPOSTOS ORGÂNICOS

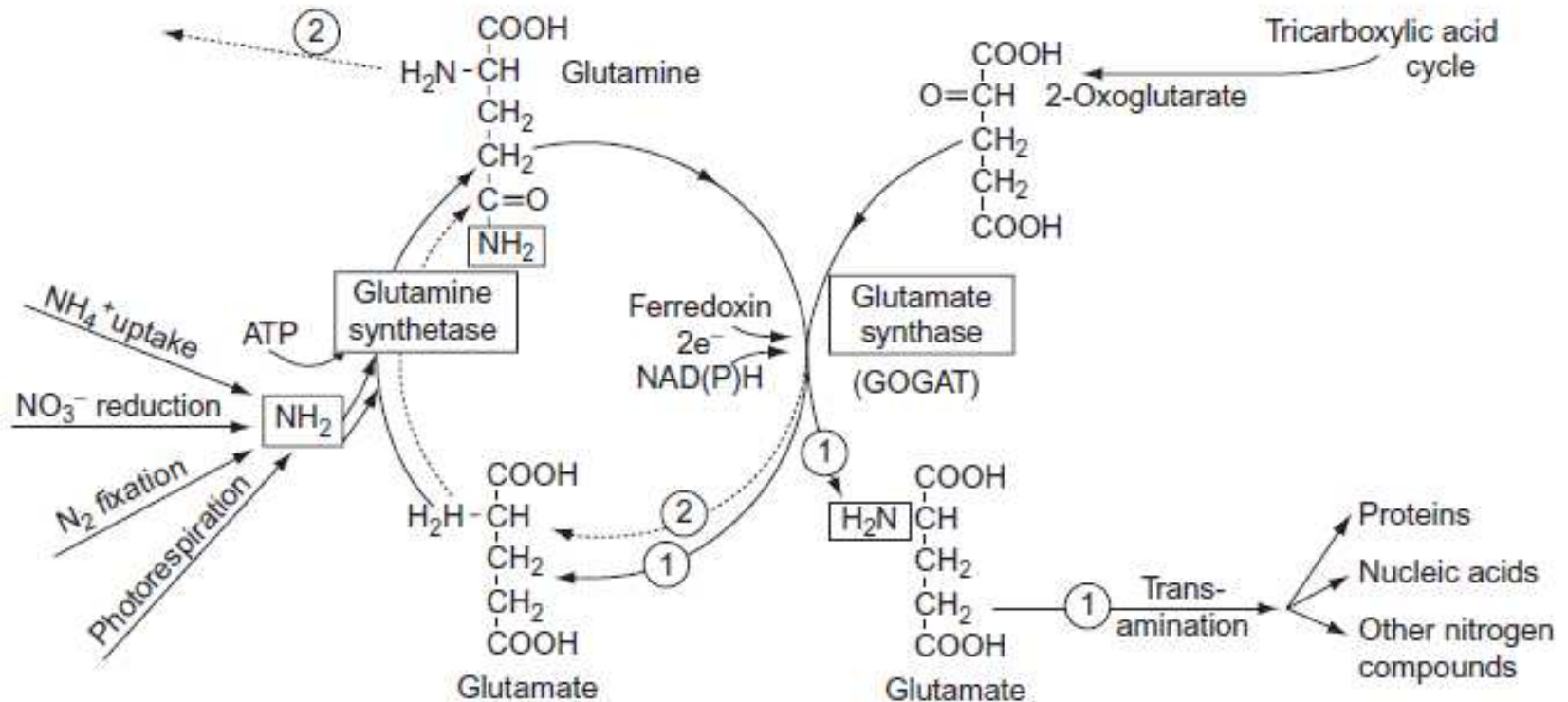
Via sintetase da glutamina/sintetase do glutamato (GS/GOGAT)



INCORPORAÇÃO DO NH_4 EM COMPOSTOS ORGÂNICOS



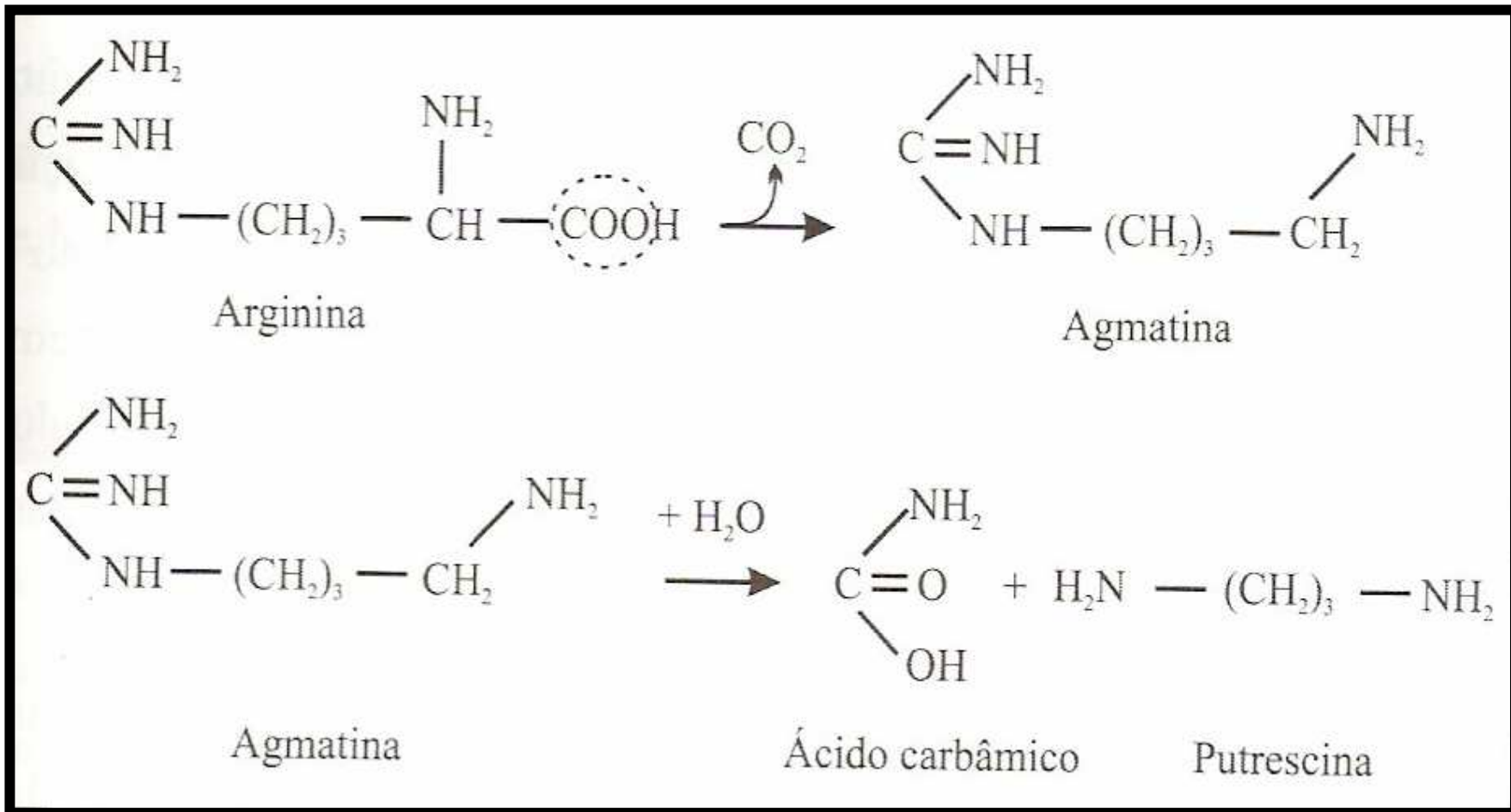
INCORPORAÇÃO DO NH₄ EM COMPOSTOS ORGÂNICOS



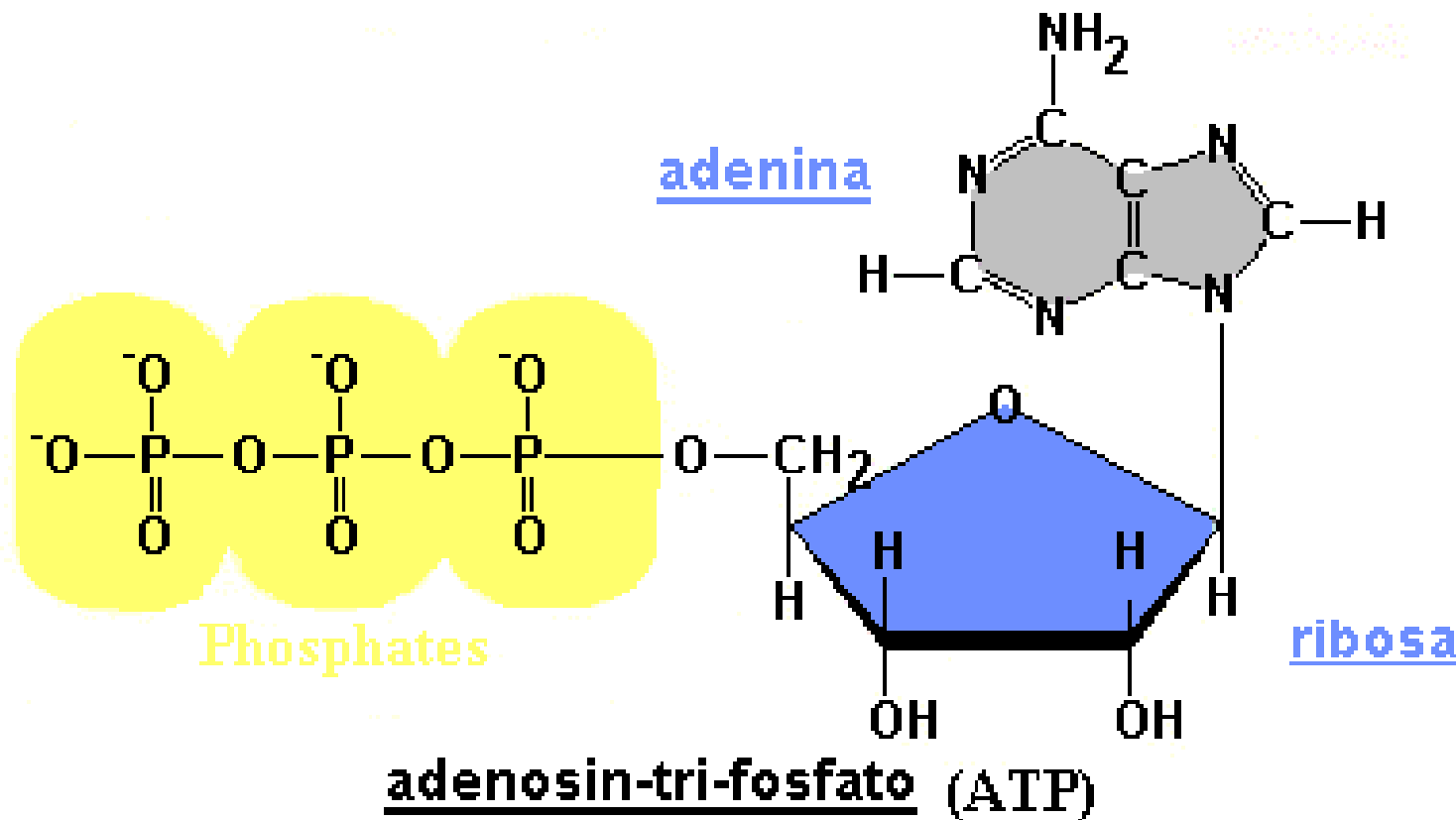
FUNÇÕES DO NITROGÊNIO

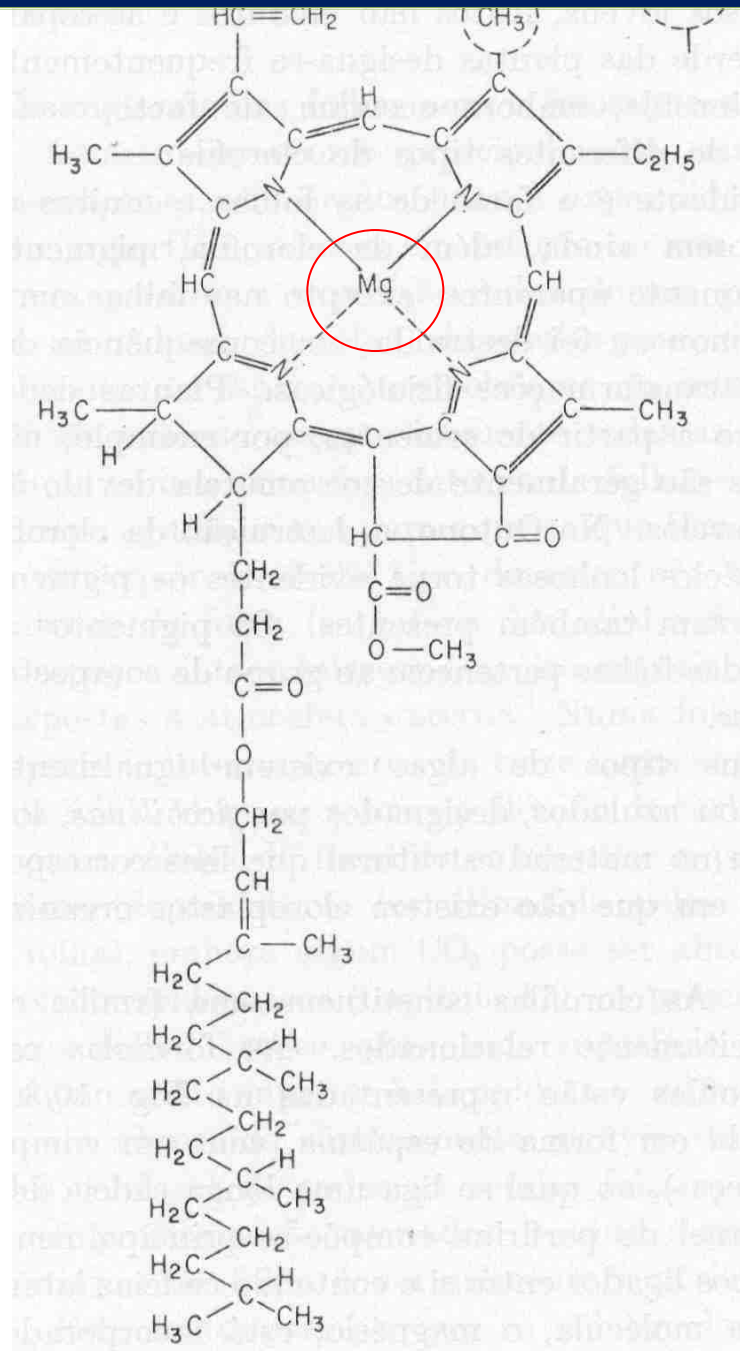
- **ESTRUTURAL**
(AMINOÁCIDOS, PROTEÍNAS, BASES NITROGENADAS, COENZIMAS, VITAMINAS, PIGMENTOS, E ÁCIDOS NUCLÉICOS, ENZIMAS)

COMPOSTOS QUE CONTÊM NITROGÊNIO



O N NA MOLÉCULA DE ATP





TAIZ & ZEIGER, 2004

NITROGÊNIO

Frutas

- $\Downarrow N$ maçã/pêssego/uva- < **tamanho dos frutos** Pereira et al. (1994)
- $\Uparrow N$
- ❖ < fruto pêssego (Reginato, 1945) > **Ramos-Nº Frutos** (Mattos et al., 1990)
- ❖ < **vida de prateleira** - firmeza e cor externa
 - > suscet. a pragas e doenças (Reeves; Cummings, 1970)
- ❖ **problemas ambientais**

NITROGÊNIO

N nas folhas das plantas cultivadas

10 a 50 g kg⁻¹ de matéria seca.

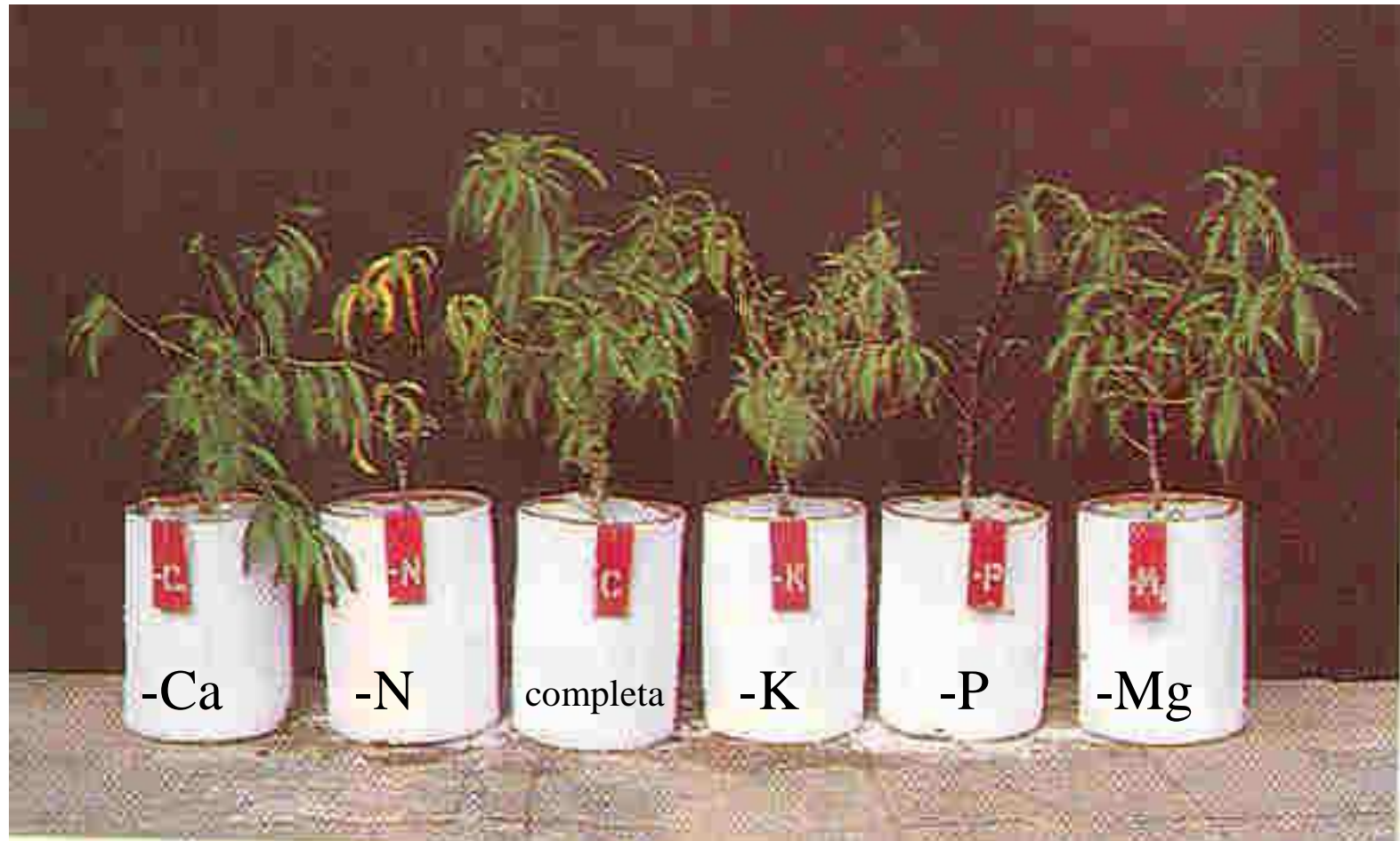
TEOR FOLIAR DE N X demais macronutrientes

| Cultura | N | P | K | Ca | Mg | S |
|----------------------|--------------|---------|-------|---------|---------|---------|
| | | | g/kg | | | |
| Soja | 40-54 | 2,5-5,0 | 17-25 | 4,0-20 | 3,0-10 | 2,1-4,0 |
| Milho | 27-35 | 2,0-4,0 | 17-35 | 2,5-8,0 | 1,5-5,0 | 1,5-3,0 |
| Pêssego | 24-41 | 1,8-2,7 | 17-35 | 13-27 | 3,6-5,6 | 1,3-2,8 |
| Essências florestais | | | | | | |
| | | | | | | |

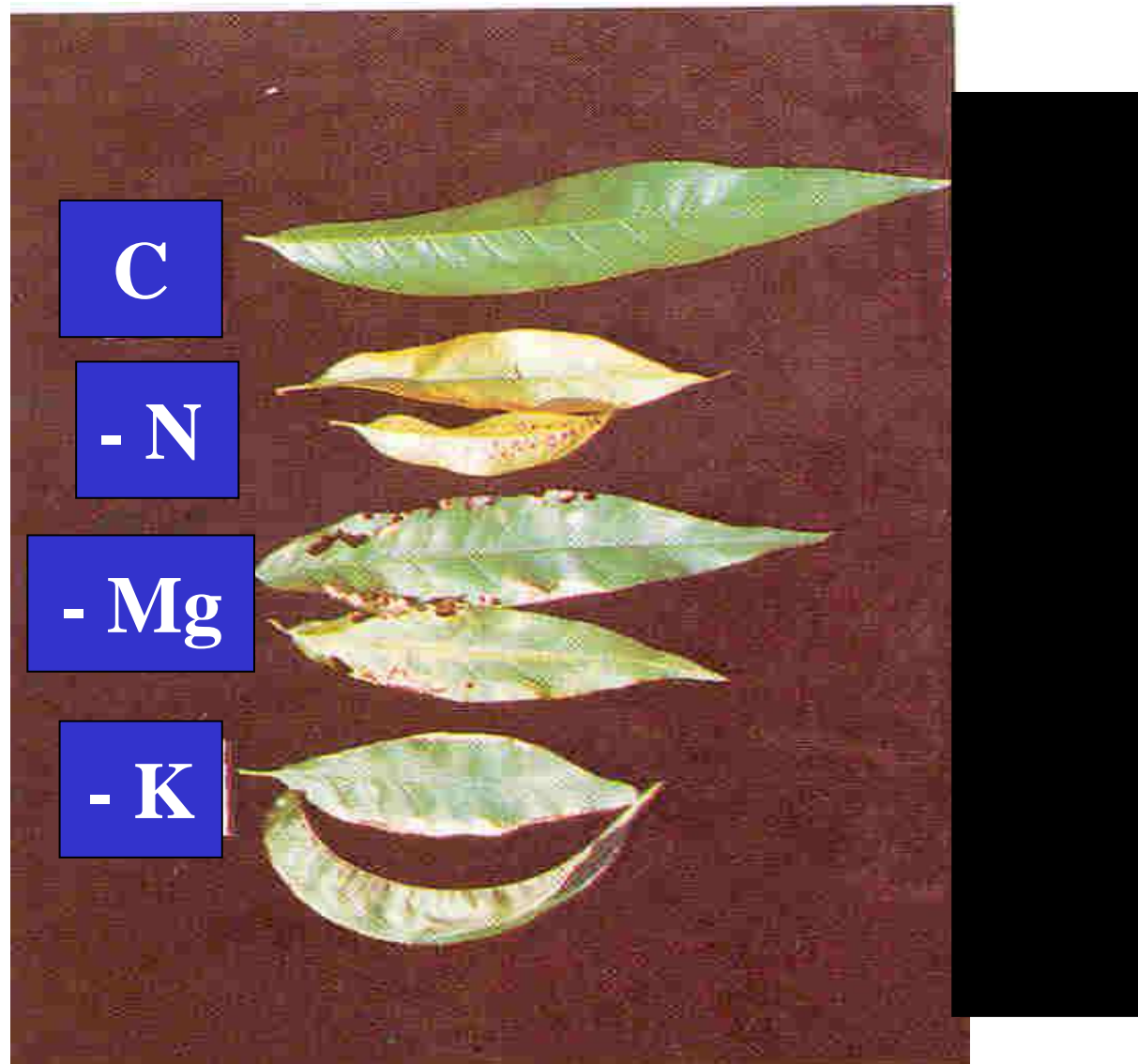
NITROGÊNIO

SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA

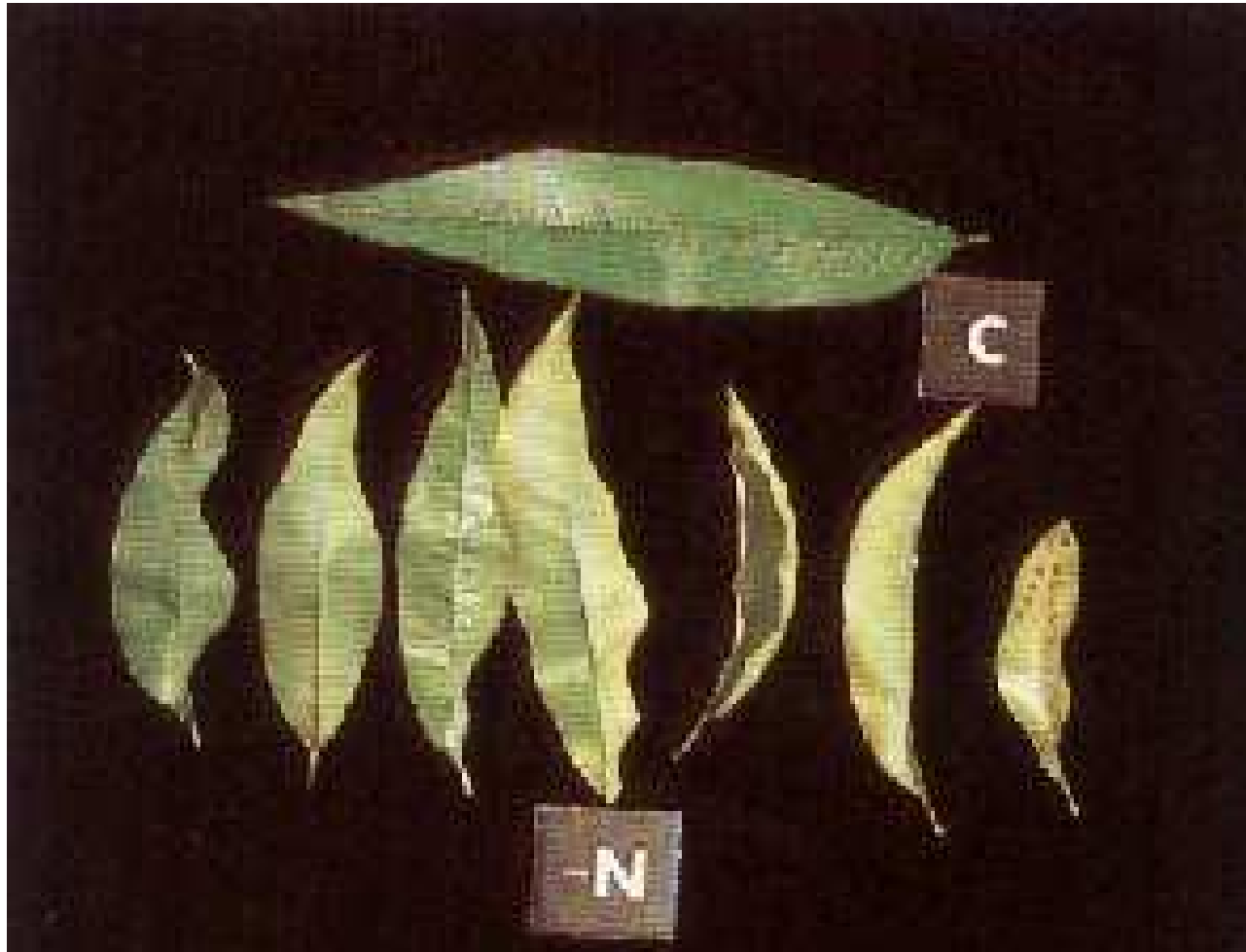
- FOLHAS AMARELAS
- ÂNGULO AGUDO ENTRE CAULE E FOLHA
- DORMÊNCIA DE GEMAS LATERAIS
- REDUÇÃO NO PERFILHAMENTO
- SENESCÊNCIA PRECOCE
- FOLHAS MENORES
- BAIXO CRESCIMENTO

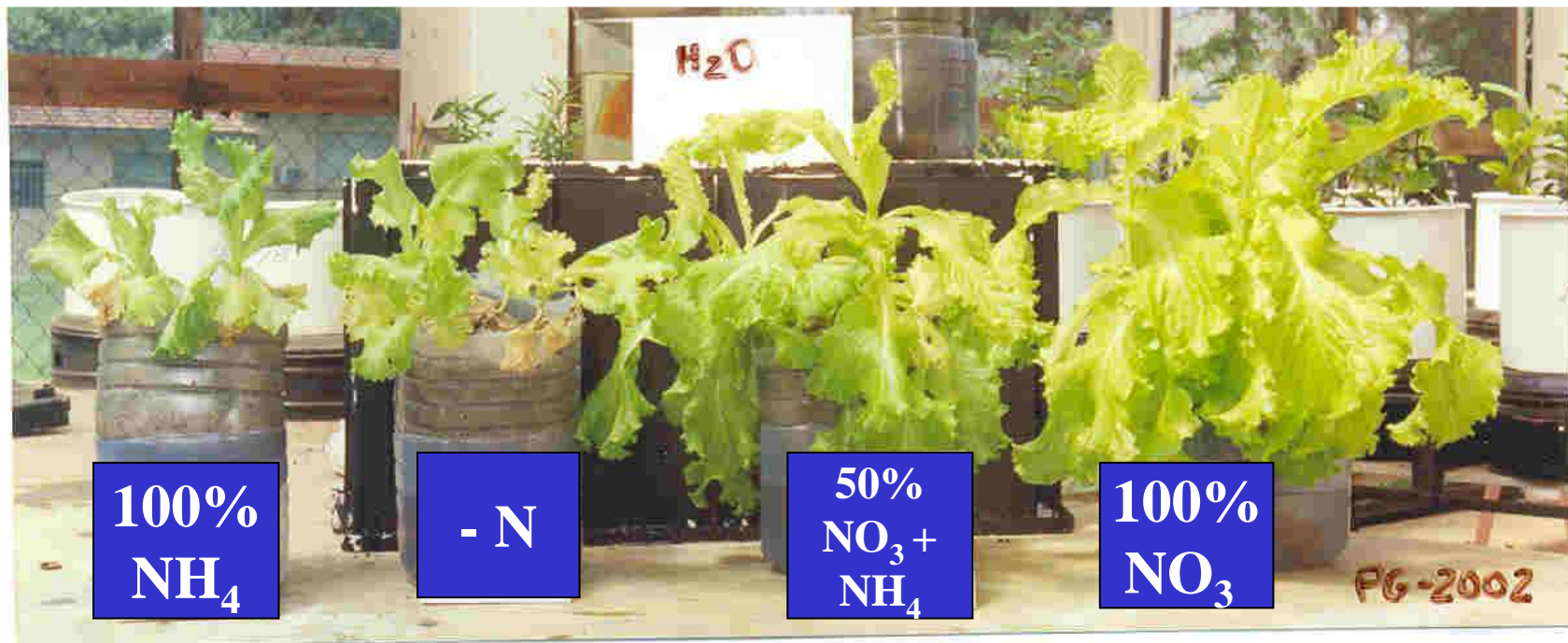


Freire e Magnani (1998)



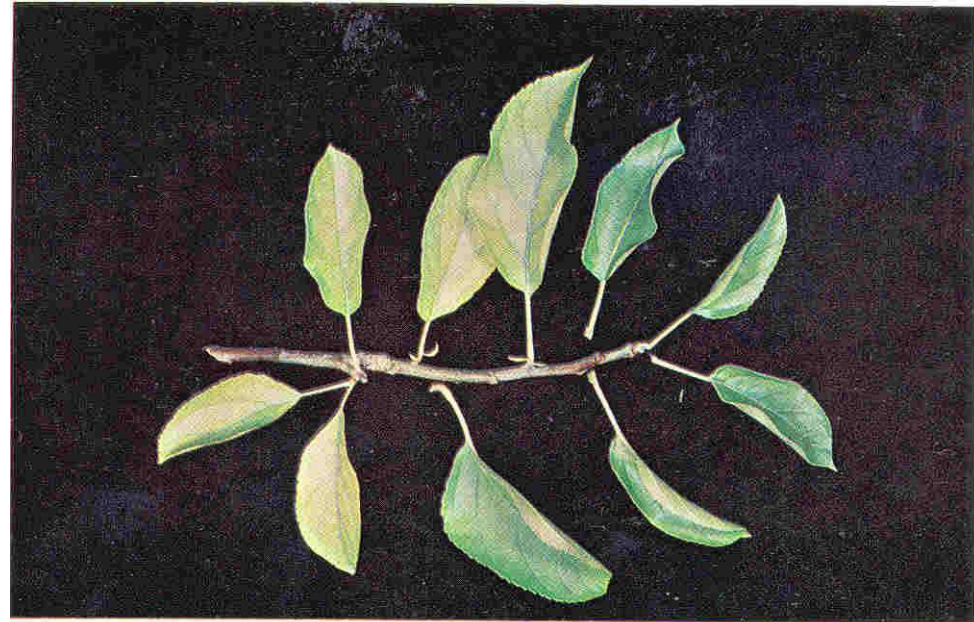
FONTE: C. J. FREIRE; M. MAGNANI



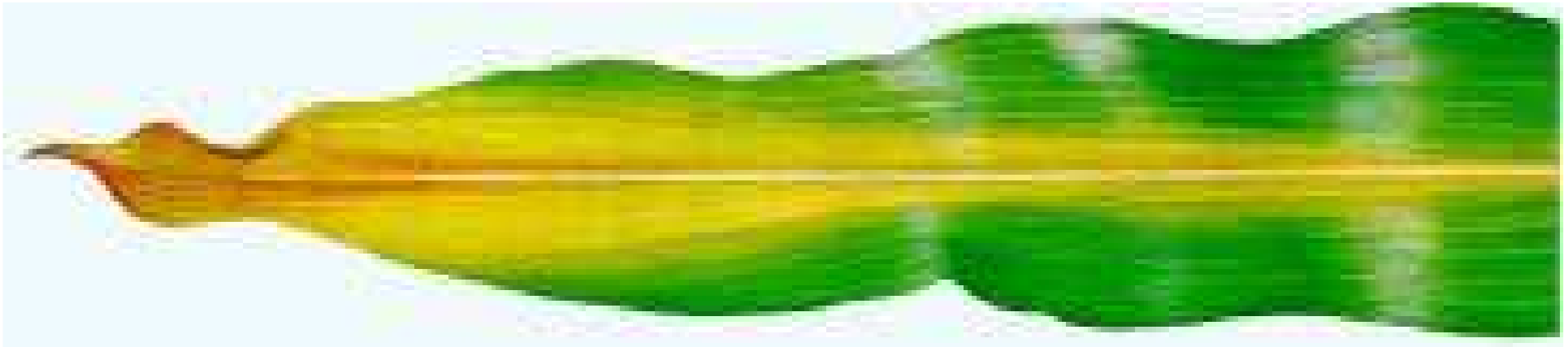




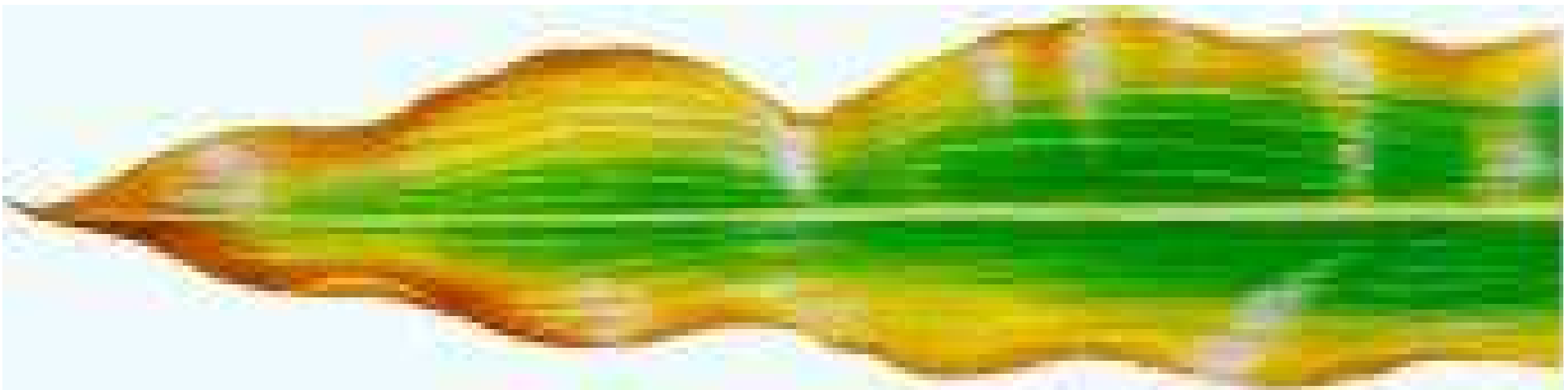
-N



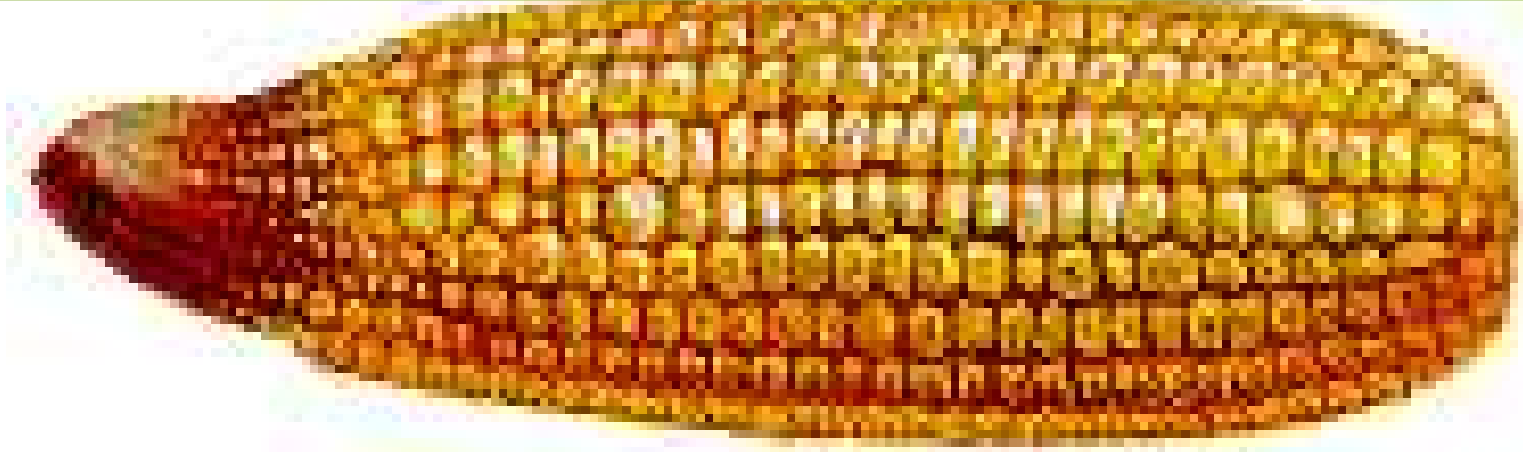
FONTE: J. C. CAIN; C. B. SHEAR 1947



-N



-K



-N



-K

FEIJÃO



Foto 1. Deficiência de nitrogênio: clorose nos folíolos das folhas mais velhas com posterior necrose e queda.



Foto 2. À esquerda, planta com nutrição normal; à direita, planta deficiente em nitrogênio.

ASSMANN, 2005

| Fertilizante | Fórmula química | Garantia mínima N% |
|--------------------------|--|-------------------------------|
| Sulfato de amônio | $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ | 20 |
| Salitre-do-chile | NaNO_3 | 15,5 |
| Nitrato de amônio | NH_4NO_3 | 33 |
| Nitrocalcio da petrobrás | $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaCO}_3$ | 20,5 e 27 |
| Uréia | $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ | 45-46 |
| Calcociocianamida | CaCN_2 | 21,5 |
| Nitrato de cálcio | $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ | 13-15 |

NITROGÊNIO

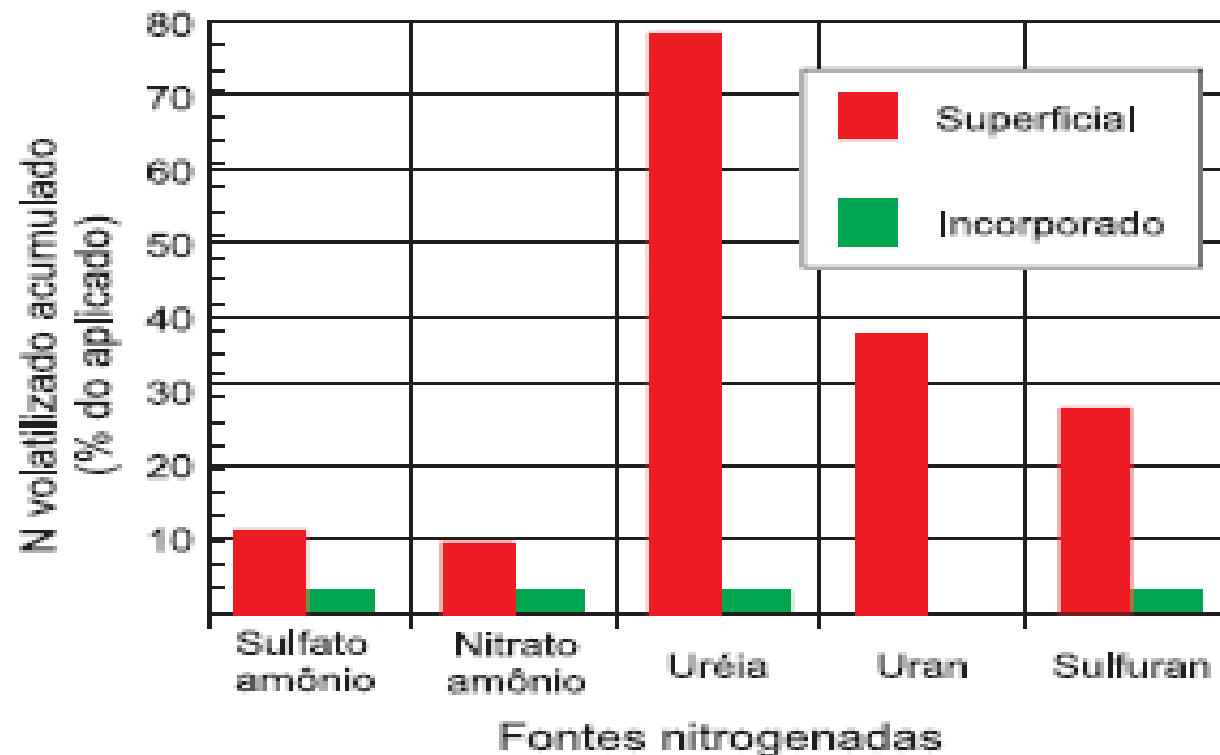


Figura 15. Perdas acumuladas de cinco fontes nitrogenadas de cobertura em plantio direto.

Fonte: LARA CABEZAS (1990).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. Nutrição Mineral de Plantas. Princípios e perspectivas. ed. 2. Londrina, 2004. 403 p.

COMISSÃO. Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Comissão de Química e Fertilidade do Solo, Ed. 10, Porto Alegre, 400 p. 2004.

MARSCHNER, H. Mineral Nutrition of Higher PLants. 3ed. San Diego: Academic Press, 2012. 651p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional de plantas. 2º edição. Piracicaba; POTAFOS, 1997. 319 PG.

O ciclo do Nitrogênio; <<http://www.ciagri.usp.br/~luagallo/NITROGE.htm>>
Acessado em 20/08/2006.

O ciclo do Nitrogênio;
<<http://www.ciagri.usp.br/~lazaropp/FisioVegGrad/MetNitro.htm#intro>> Acessado em 20/08/2006.

Reis, V. M. et al. Fixação biológica de Nitrogênio Simbiótica e associativa. In: Fernandes S. M. Nutrição Mineral de Plantas. Viçosa, SBCS. Cap.VI, p: 154-174, 2006.