

FISIOLOGIA VEGETAL 2013-2014

METABOLISMO PRIMÁRIO DO AZOTO E DO ENXOFRE

1. Introdução

- 1.1. Formas de azoto disponíveis e utilizadas pelas plantas: nitratos, amónio e dinitrogénio
- 1.2. Importância dos compostos biológicos de azoto nos organismos vivos
- 1.3. Formas de enxofre disponíveis e utilizadas pelas plantas: sulfato, sulfito, dióxido de enxofre, sulfureto
- 1.4. Importância funcional dos compostos biológicos de enxofre nos organismos vivos

2. Assimilação do nitrato e do amónio

2.1. Redução do nitrato

2.1.1. Características da nitrato redutase (NR)

2.1.2. Localização da NR

2.1.3. Regulação da expressão e da actividade da NR

2.2. Redução do nitrito

2.2.1. Características, localização e regulação da nitrito redutase (NiR)

2.3. Assimilação do amónio

3. O sulfato como principal fonte de enxofre para as plantas. Assimilação do ião sulfato

3.1. Activação de SO_4^{2-} , formação de APS e de PAPS

3.2. Redução do sulfato ou do tiosulfato

3.3. Assimilação de sulfureto e síntese da cisteína

4. Síntese e transporte de aminoácidos

5. Coordenação entre o metabolismo do carbono e do azoto. Ciclo fotorrespiratório do azoto.

6. Glutationa: natureza, composição e principais funções

2. Assimilação do nitrato e do amónio

2.1. Redução do nitrato

2.1.1. Características da nitrato redutase

2.1.2. Localização da NR

2.1.3. Regulação da expressão e da actividade da Nitrato Redutase (NR)

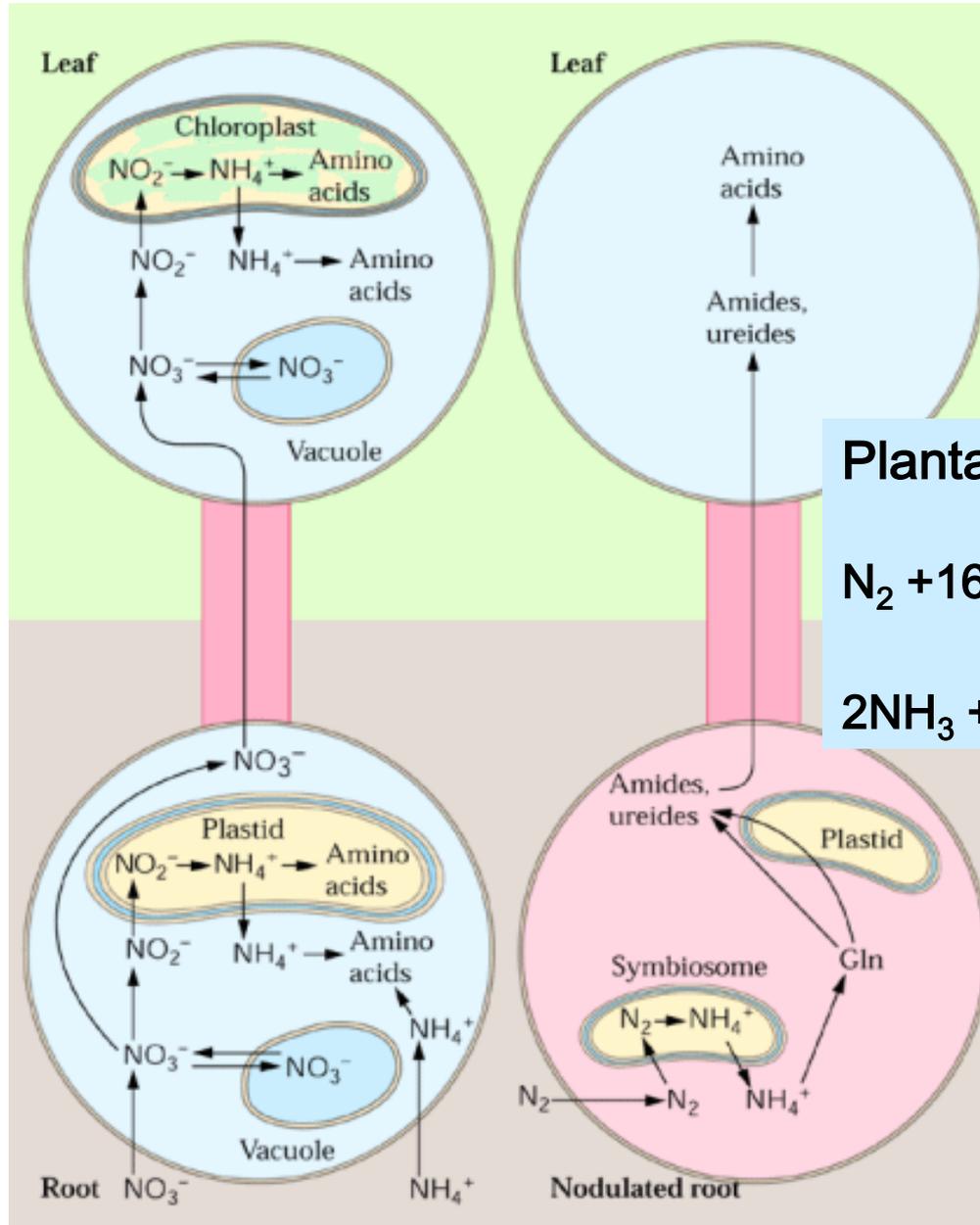
2.2. Redução do nitrito

2.2.1. Características, localização e regulação da Nitrito Redutase (NiR)

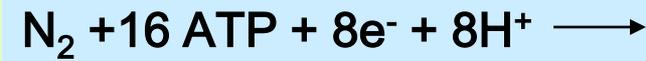
2.3. Assimilação do amónio

2.3.1. O ciclo GS-GOGAT :função, localização e regulação da glutamina sintetase (GS) e da glutamato sintase (GOGAT)

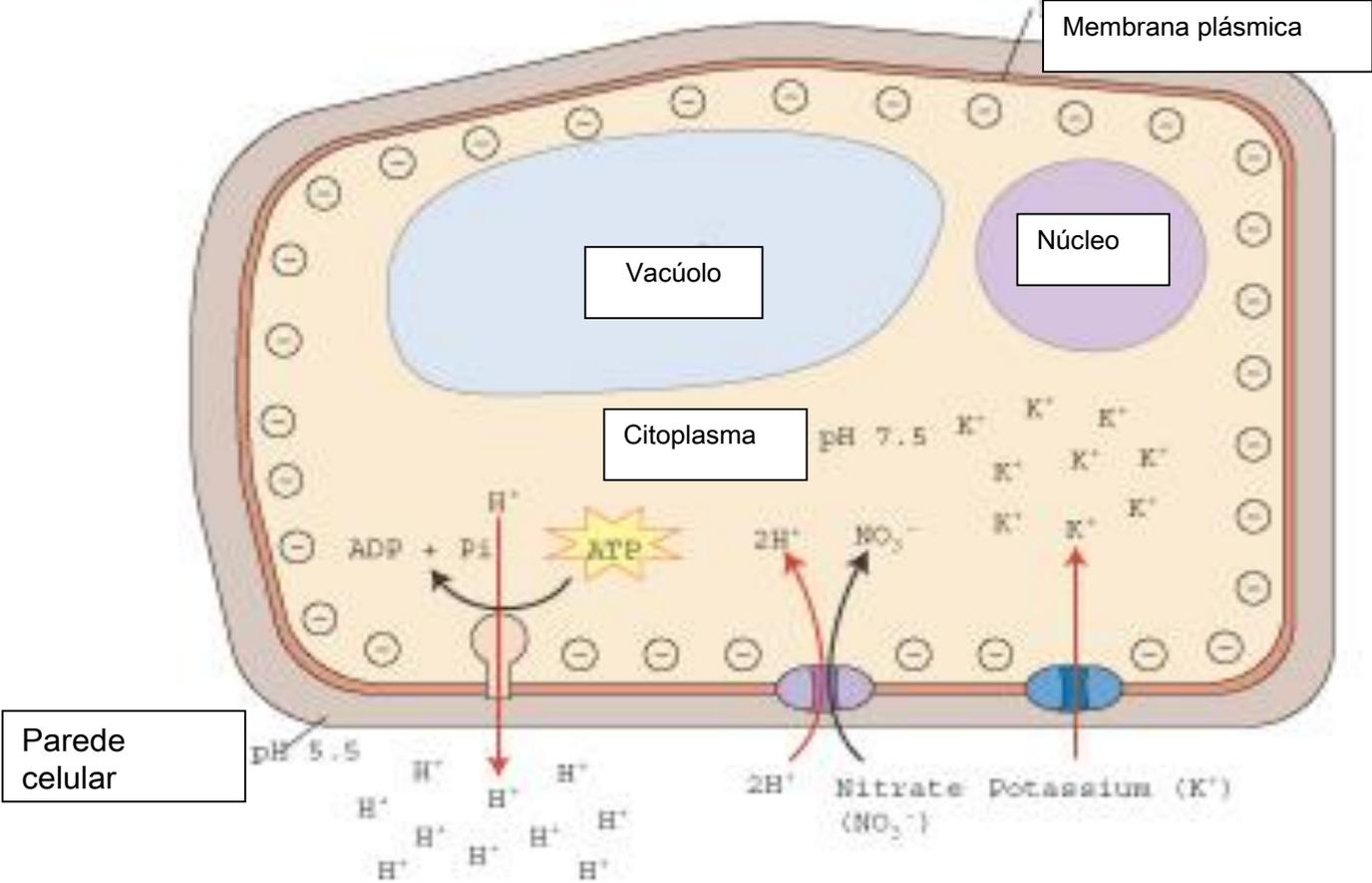
Absorção e assimilação do azoto

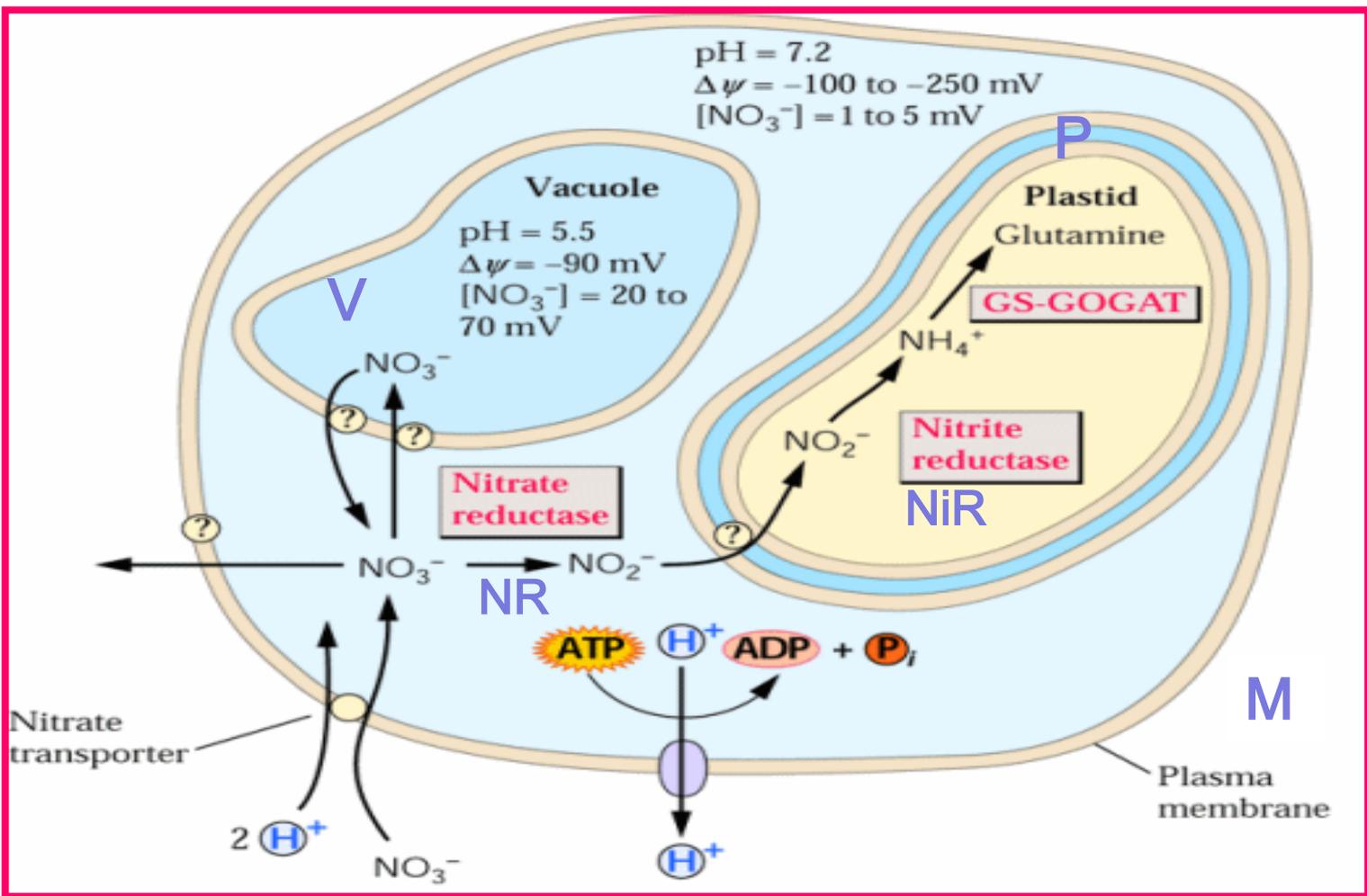


Plantas fixadoras de N_2



Esquema da absorção do nitrato por uma célula da raiz





Transporte do nitrato através da membrana de células da raiz e diferentes destinos celulares: saída – translocação xilémica; redução no citoplasma e assimilação no plastídeo; acumulação no vacúolo.

M, membrana plásmica; P, plastídeo; V, vacúolo; NR, nitrato redutase; NiR, nitrito redutase; Gln, glutamina. (Adaptado de Buchanan et al., eds, 2000)

2.1. 2. Localização da Nitrato Redutase (NR) na planta

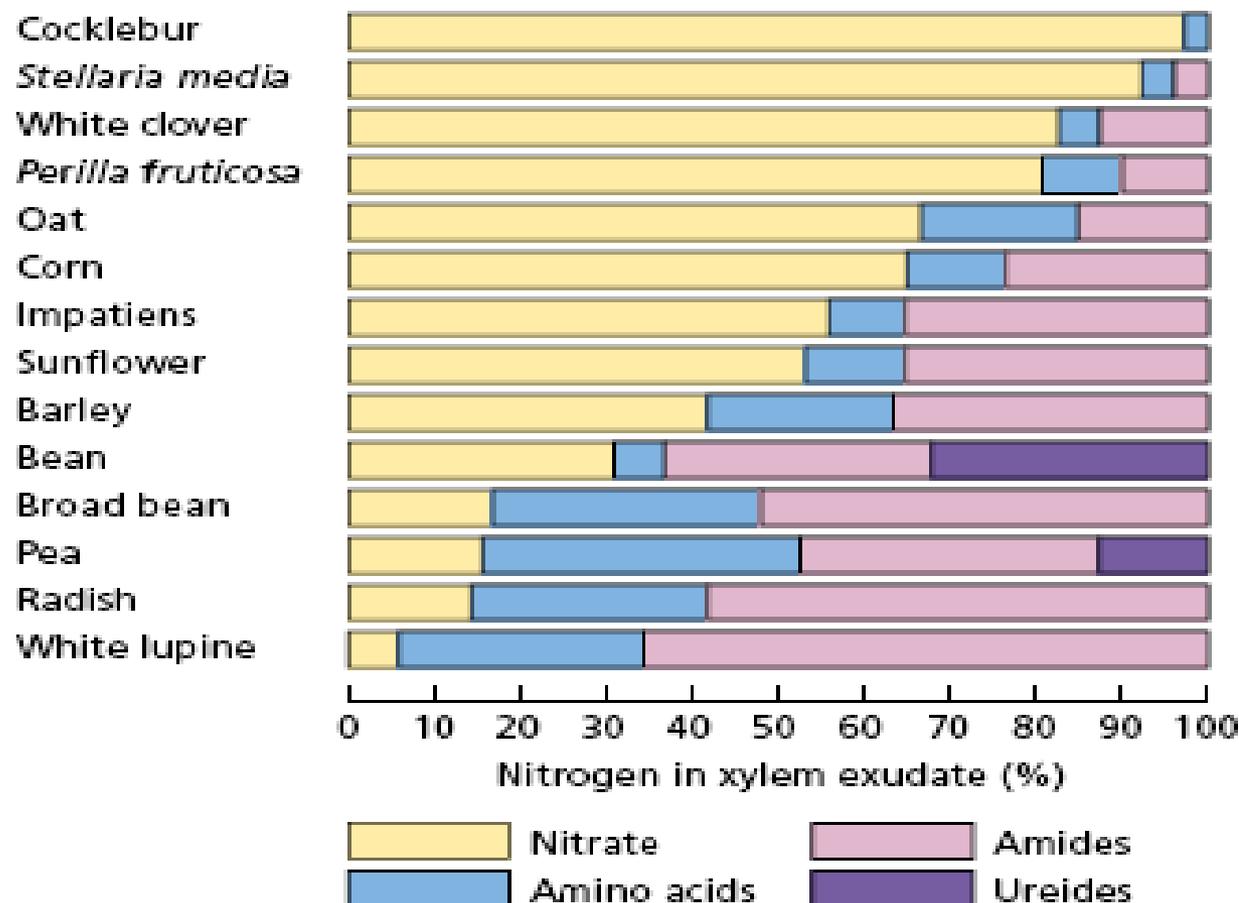
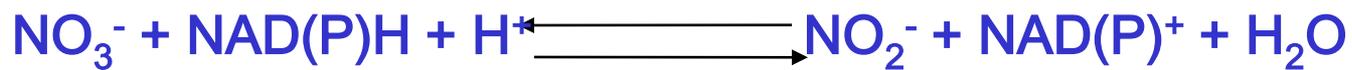
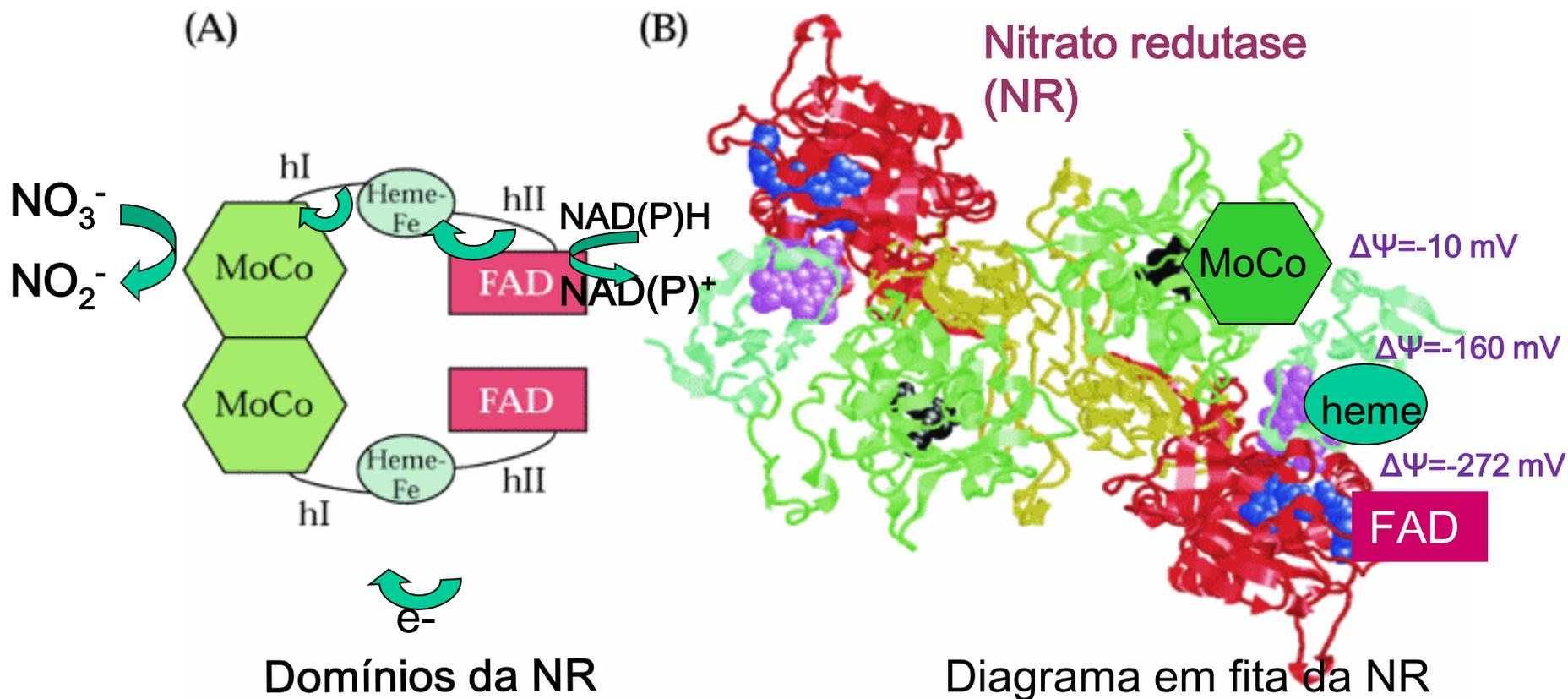


FIGURE 12.6 Relative amounts of nitrate and other nitrogen compounds in the xylem exudate of various plant species. The plants were grown with their roots exposed to nitrate solutions, and xylem sap was collected by severing of the stem. Note the presence of ureides, specialized nitrogen compounds, in bean and pea (which will be discussed later in the text). (After Pate 1983.)

2.1. 2. Localização da Nitrato Redutase (NR) na planta

TEORES RELATIVOS DE NITRATO, AMINOÁCIDOS, AMIDAS E UREÍDOS NO EXUDADO XILÉMICO DE DIFERENTES ESPÉCIES

ESPÉCIE	
<i>XANTHIUM</i>	
Trevo branco	
A VEIA	
MILHO	
<i>Impatiens</i>	
GIRASSOL	
CEVADA	
FEIJÃO	
ERVILHA	
RABANETE	
TREMOÇO	



LOCUS AAF19225 917 aa
DEFINITION nitrate reductase [Arabidopsis thaliana].
ACCESSION AAF19225
"nitrate reductase, NR2, NIA2"

ORIGIN

1 maasvdnrqy arlepglngv vrsykppvpg rsdspkahqn qttnqtvflk pakvhddded
61 vssedeneth nsnavyykem irksnaelep svldprdeyt adswiernps mvrltgkhp
121 nseaplrlm hhgfitpvpl hyvrnhghvp kaqwaewtve vtgfvkrpmk ftmdqlvsef
181 ayrefaatlv cagnrrkeqn mvkkskgfnw gsagvstsvw rgvplcdvlr rcgifsrkkg
241 alnvcfegse dlpggagtag skygtsikke yamdpsrdii laymqngeyl tpdhgfvpri
301 iipgfiggrm vkwlkriivt tkesdnfyhf kdnrvlpslv daeladeegw wykpeyiine
361 lninsvittp cheeilpina fttqrpytlk gyaysgggkk vtrvevtvdg getwnvcald
421 hqekpnkygk fwcwcfwsle vevldllsak eiavrawdet lntqpekmiw nlmgmmncw
481 frvktnvckp hkgeigivfe hptlpngnesg gwmakerhle ksadappsik ksvstpfmnt
541 takmysmsev kkhnsadscw iivhghiydc trflmdhpgg sdsilinagt dcteefeaih
601 sdkakkmed yrigelittg yssdssspnn svhgssavfs llapigeatp vrnlalvnpr
661 akvpvqlvek tsishdvrkf rfalpvedmv lglpvvgkhif lcatindklc lraytpsstv
721 divgyfelvv kiyfggvhpr fpngglmsqy ldslpigstl eikgplghve ylgkgsftvh
781 gkpkfadkla mlaggtgitp vyqiiqailk dpedetemyv iyanrteedi llreeldgwa
841 eqypdrkvw yvvesakegw aystgfisea imrehipdgl dgsalamacg pppmiqfavq
901 pnlekmqyni kedflif

544..617 /region_name="Cyt-b5"

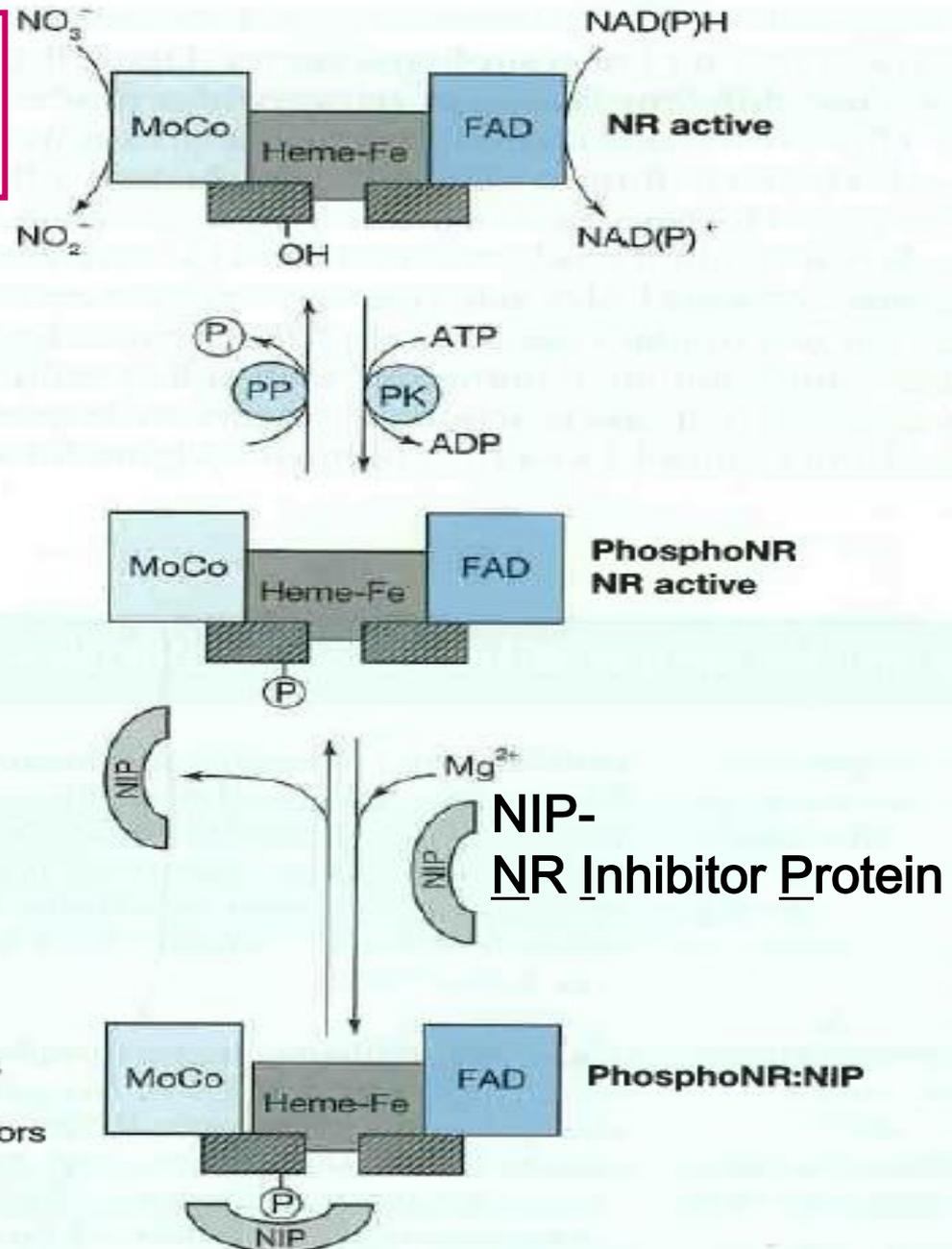
/note="Cytochrome b5-like Heme/Steroid binding domain.
This family includes heme binding domains from a diverse
range of proteins. Includes proteins that bind to steroids:
progesterone receptors

97..485 /region_name="eukary_NR_Moco"
/note="molybdopterin binding domain of eukaryotic
nitrate reductase (NR).

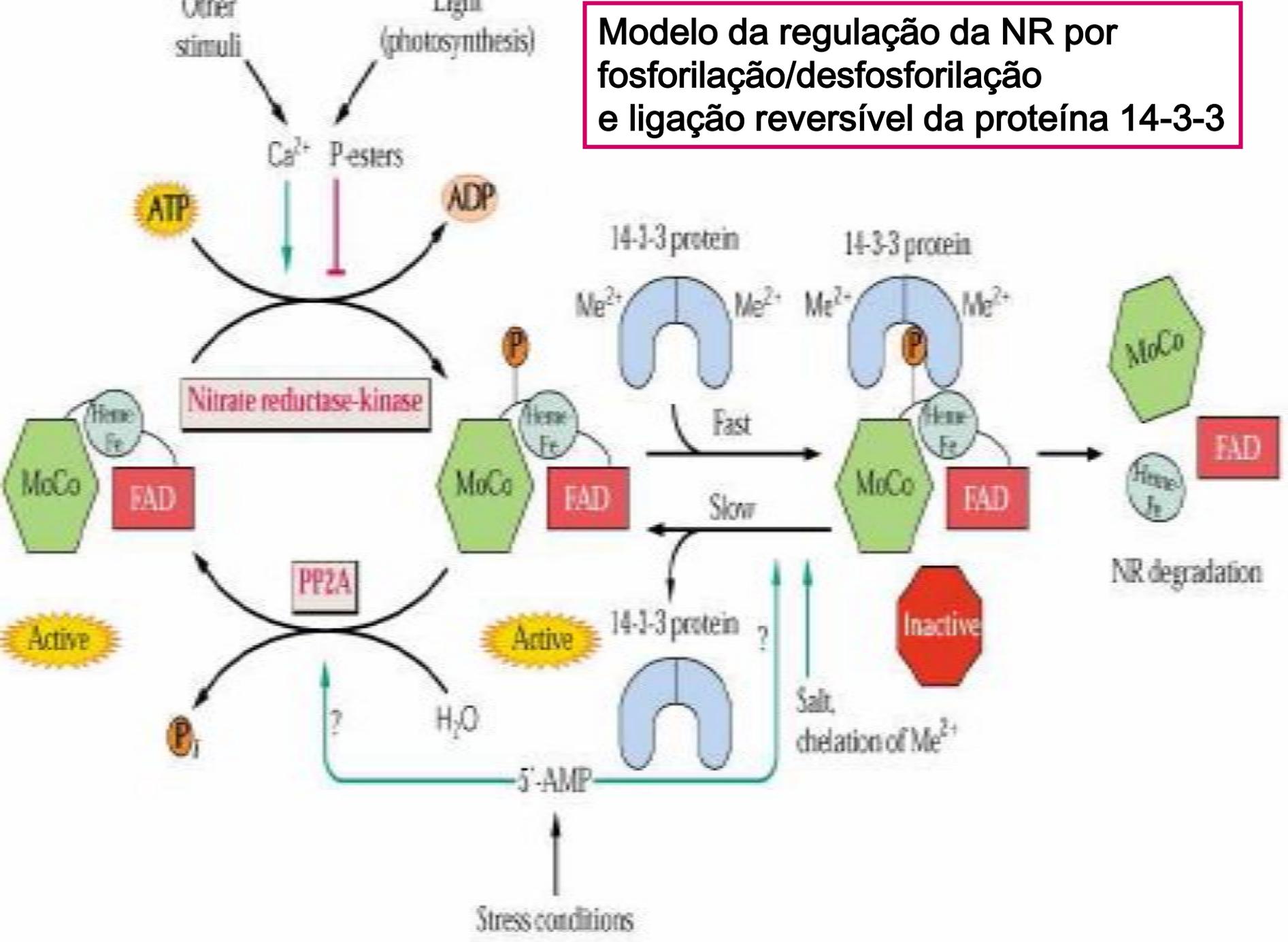
664..771
/region_name="FAD_binding_6"
/note="Oxidoreductase FAD-binding domain

790..900 /region_name="NAD_binding_1"
/note="Oxidoreductase NAD-binding domain.

Modelo da regulação da NR por fosforilação/desfosforilação e ligação reversível da proteína NIP



Modelo da regulação da NR por fosforilação/desfosforilação e ligação reversível da proteína 14-3-3

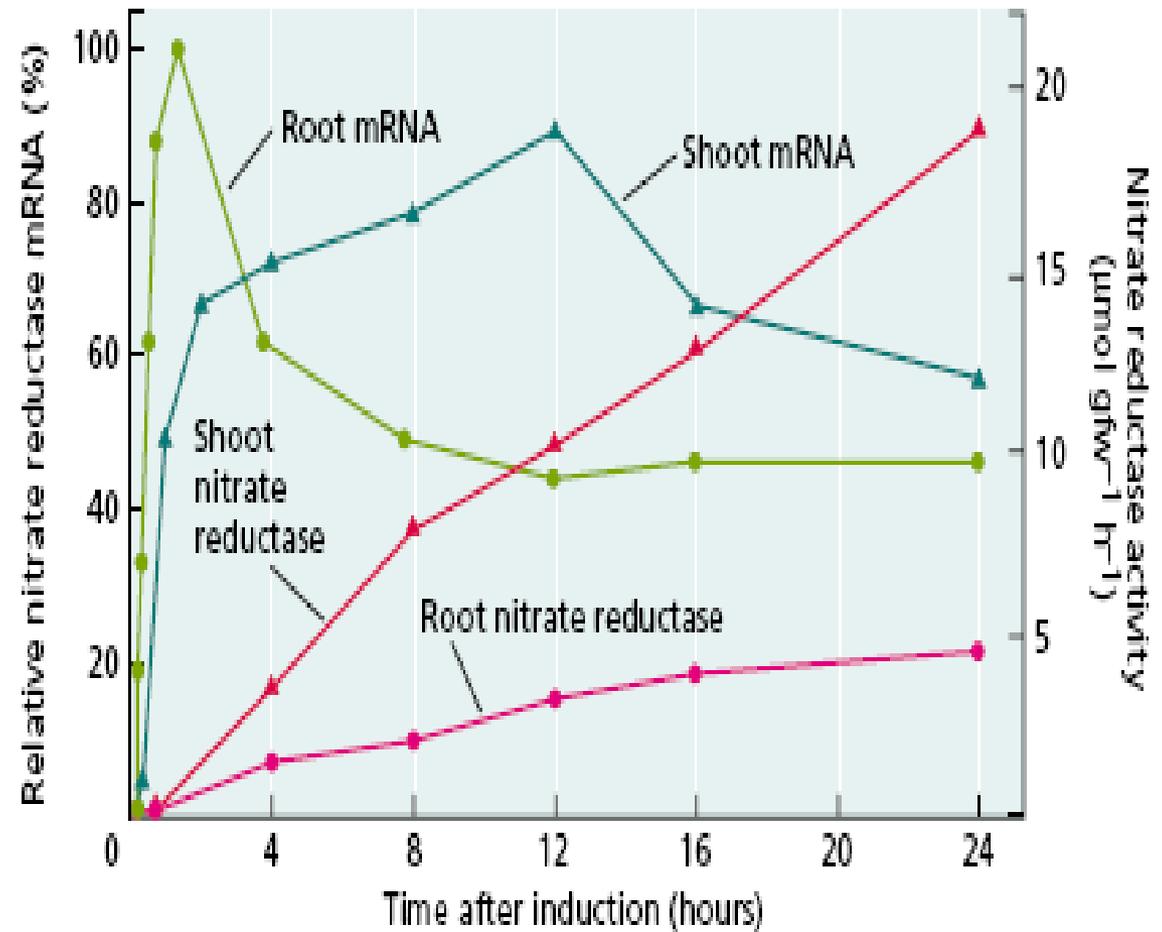


Regulação da expressão e da actividade da Nitrato Redutase

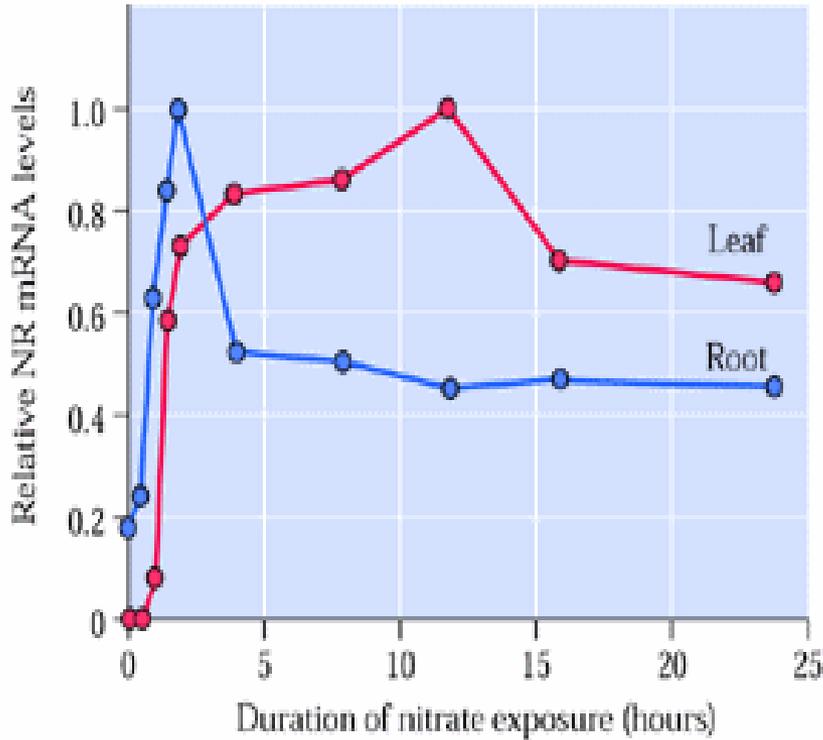
Sinal	Efeito
<u>GLUTAMINA</u>	<u>INIBE A TRANSCRICÃO</u>
<u>CARÊNCIA DE AZOTO</u>	<u>INIBE A TRANSCRICÃO</u>
<u>NITRATO</u>	<u>ESTIMULA A TRANSCRICÃO</u>
<u>LUZ</u>	<u>ESTIMULA A TRANSCRICÃO E A ACTIVIDADE</u>
<u>ESCURIDÃO</u>	<u>INIBE A TRANSCRICÃO E A ACTIVIDADE</u>
<u>SACAROSE</u>	<u>ESTIMULA A TRANSCRICÃO</u>
<u>CO₂ ELEVADO</u>	<u>ESTIMULA A ACTIVIDADE</u>
<u>CO₂ BAIXO</u>	<u>INIBE A ACTIVIDADE</u>
<u>OXIGÉNIO</u>	<u>INIBE A ACTIVIDADE</u>
<u>ANÓXIA</u>	<u>ESTIMULA A ACTIVIDADE</u>

Indução da expressão e da actividade da Nitrato Redutase

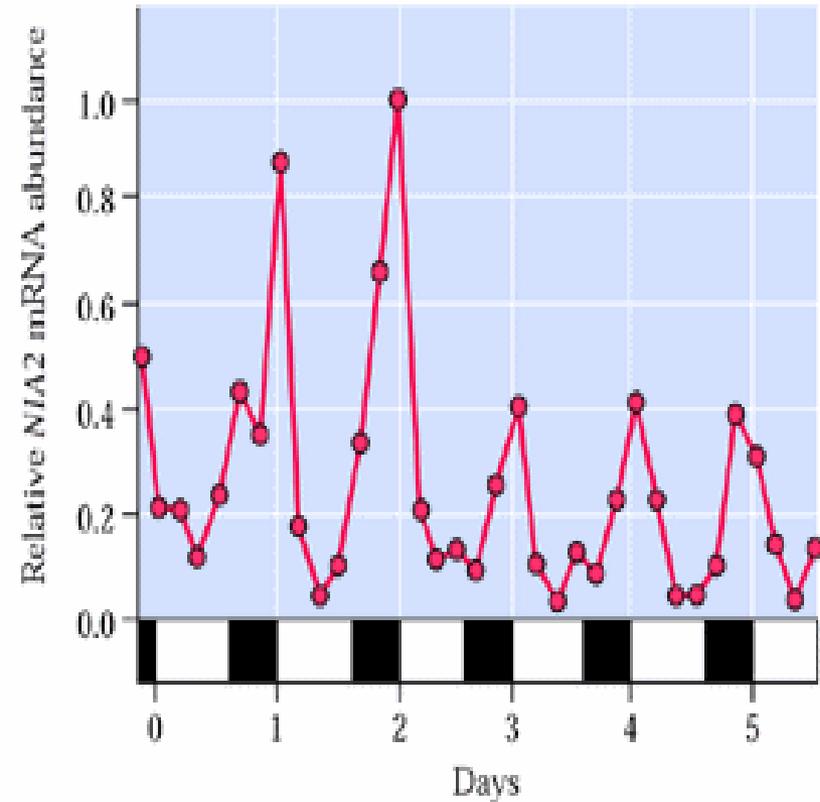
FIGURE 12.4 Stimulation of nitrate reductase activity follows the induction of nitrate reductase mRNA in shoots and roots of barley; gfw, grams fresh weight. (From Kleinhofs et al. 1989.)



(A)



(B)

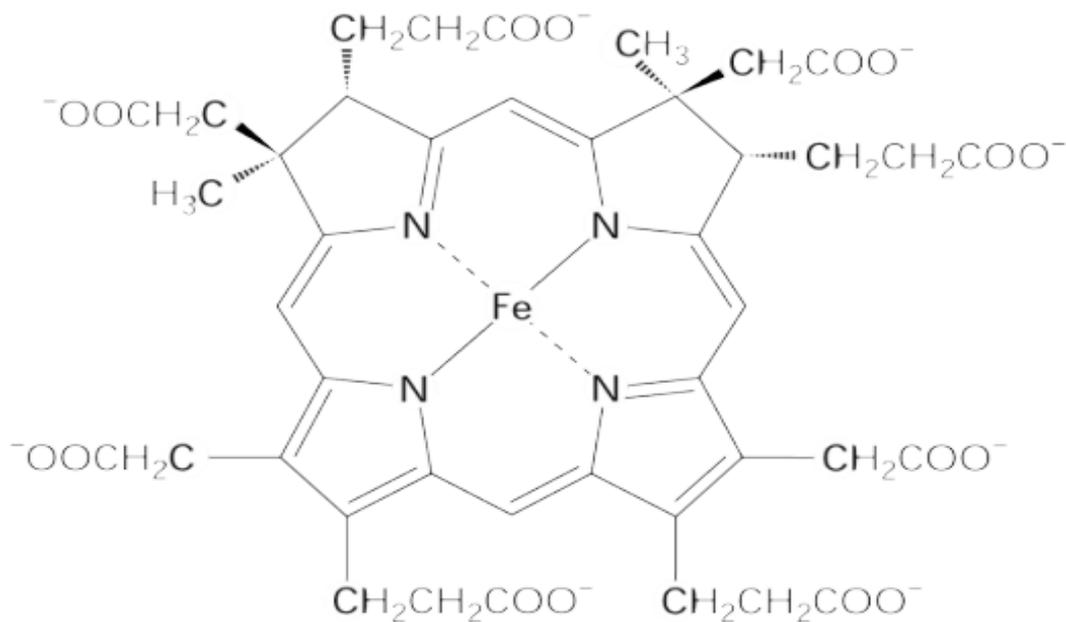
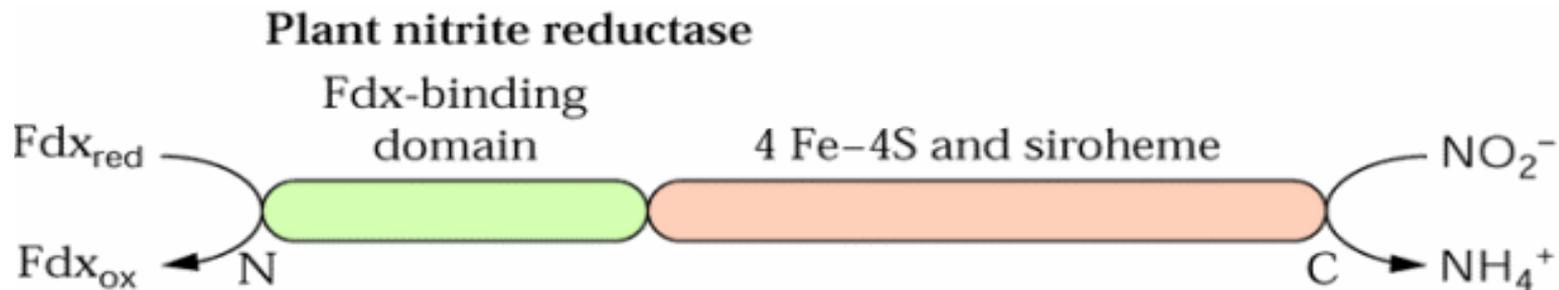


Regulação da expressão do gene *NIA2* da NR

(A)– efeito da disponibilidade de NO_3^- ;

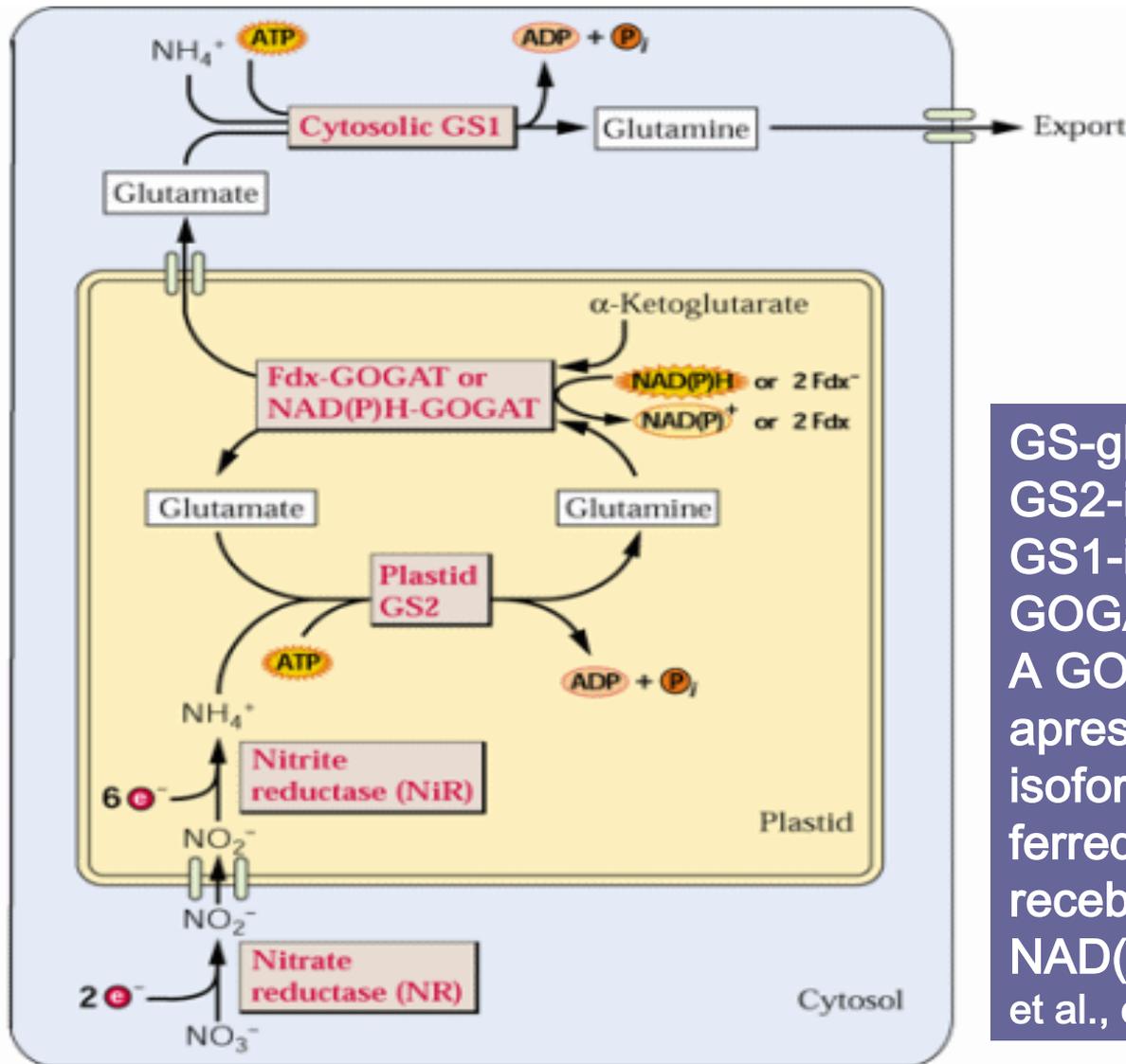
(B) ritmo circadiano

Nitrite reductase

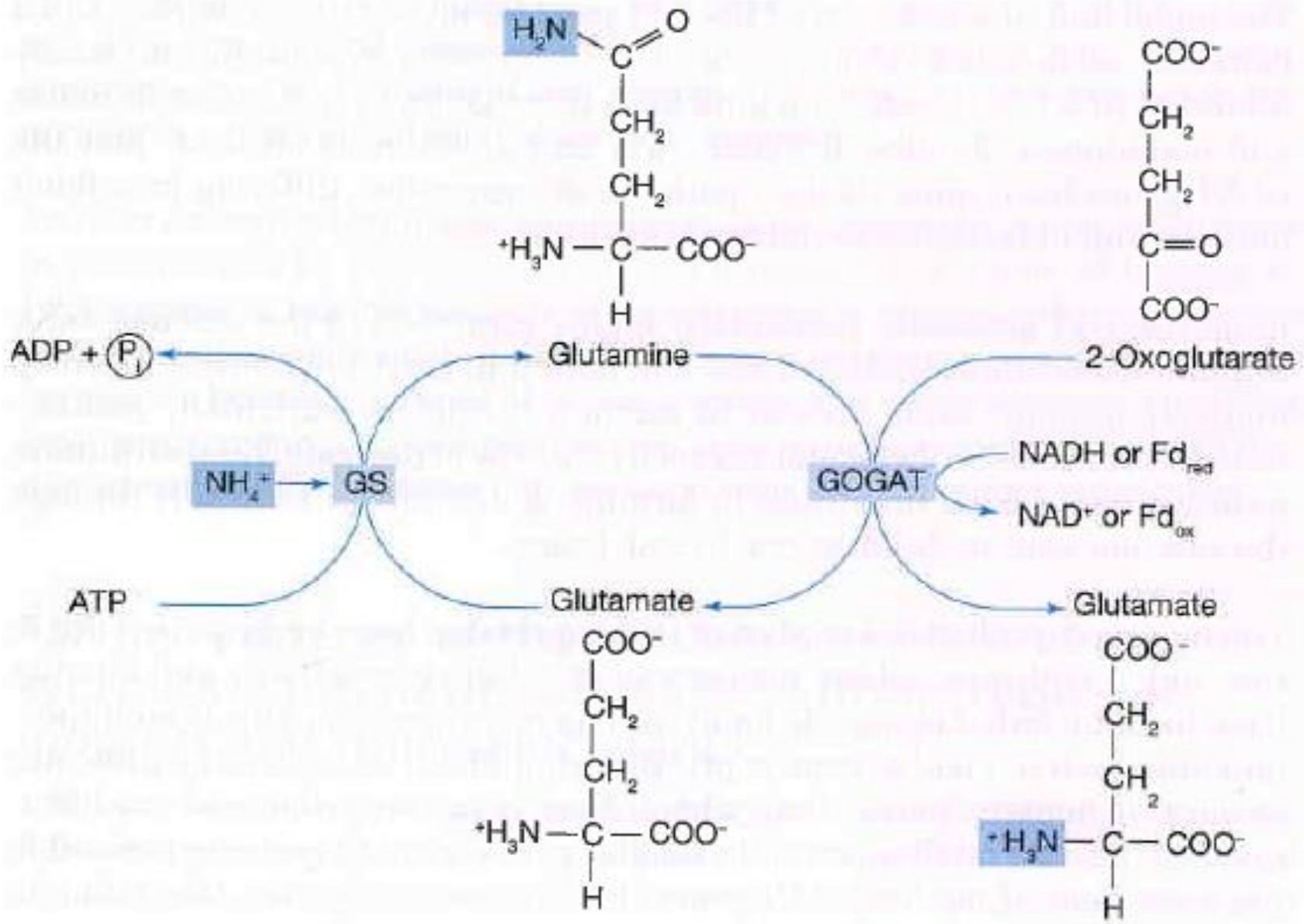


Siroheme

Compartimentação celular da redução do nitrato e da assimilação do amônio



GS-glutamina sintetase
GS2-isoforma do cloroplasto
GS1-isoforma do citoplasma
GOGAT- glutamato sintase
A GOGAT do cloroplasto pode apresentar duas ou três isoformas, uma dependente da ferredoxina (Fdx) e outras recebendo elétrons do NAD(P)H. (Adaptado de Buchanan et al., ed., 2000)



Assimilação do amónio

Ciclo GS-GOGAT



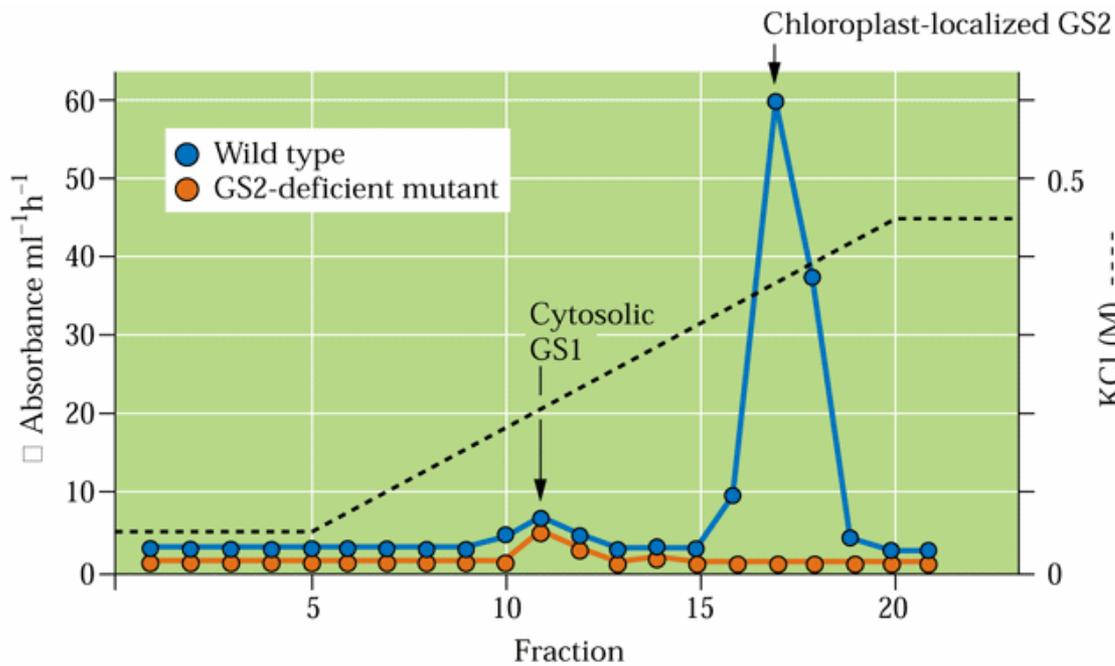
glutamina sintetase, GS



glutamato sintase, GOGAT

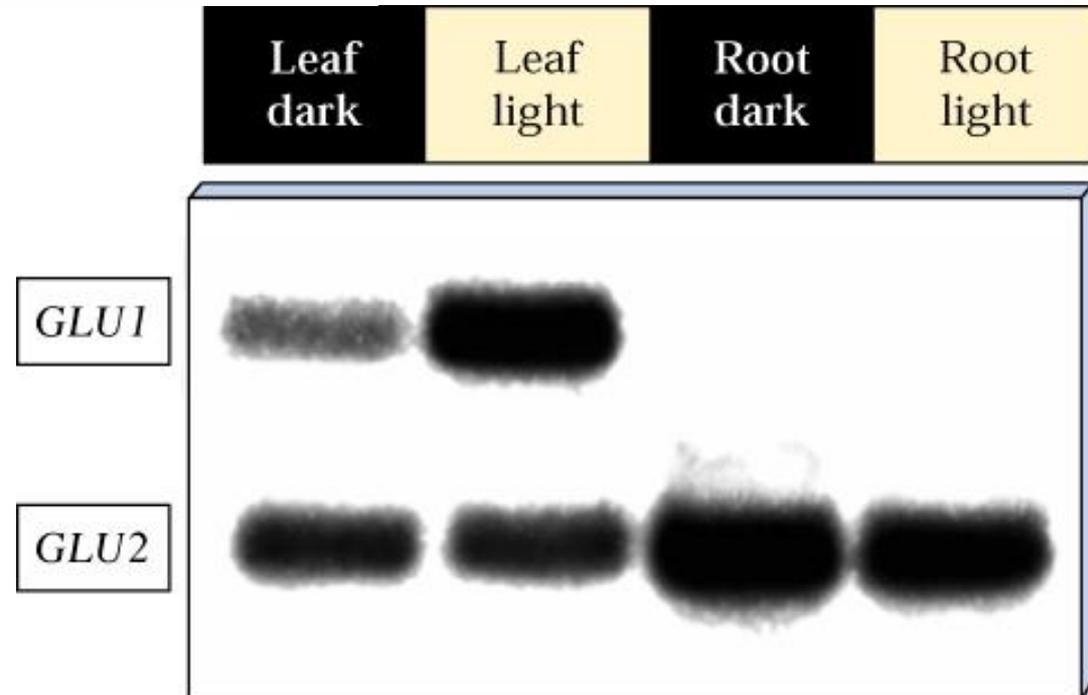


glutamato desidrogenase, GDH



Actividade
relativa das
isoformas GS1 e
GS2 da GS

Regulação pela luz
da expressão dos
genes *GLU1* e
GLU2 de duas
isoformas da
GOGAT



Compartimentos celulares onde se localiza a redução do nitrato a nitrito, redução do nitrito a amónio e assimilação do amónio

