

ALTERAÇÕES NA FOTOSÍNTESE EM RESPOSTA A FLUTUAÇÕES NO TEOR EM ÁGUA DO SOLO

PHOTOSYNTHETIC RESPONSES OF *Lupinus albus* TO SOIL WATER FLUCTUATIONS

Barrote, I., Osório, M.L., Osório, J., David, M.M. & Correia, M.J.

CDCTPV, Universidade do Algarve, Campus de Gambelas 8000-117, Portugal

ABSTRACT:

Lupinus albus plants were grown in 3 dm³ pots in a semi-controlled greenhouse. Two water regimes were imposed: water deficit (S, 47% of soil capacity), and control (T, 86% of soil capacity). Plants water status was monitored through foliar relative water content (TRA) and pre-dawn (Ψ_{pd}) and midday water potential (Ψ_{md}). Gas exchanges, chlorophyll *a* fluorescence and photosynthetic capacity (A_{max}) were measured. Pigments and soluble protein were quantified and antioxidant system enzymes activity was determined. Plants under water deficit were rehydrated and the same measurements and sampling were done again after 48 h (R1) and 72 h (R2). Albeit water availability has diminished from 86% to 47% of soil capacity, there weren't any remarkable changes on S plants. R1 plants which haven't shown any alterations neither in A_{max} nor in stomatal conductance (g_{H_2O}), exhibited a significant decrease on net photosynthesis (*A*), reaching negative values, along with a raise in non-photochemical quenching (NPQ). Presumably this raise should be related with an increase in the xanthophyll cycle deoxidation state. The significantly increase in Superoxide dismutase (SOD) specific activity in R1 and R2 plants might be related with the activation of Mehler-peroxidase reaction which provokes lumen ΔpH raising. This can provide photosynthesis protection through VAZ cycle and may justify the NPQ increase.

INTRODUÇÃO:

Na natureza as plantas estão naturalmente sujeitas a flutuações do teor em água do solo. Neste contexto tem-se prestado muita atenção aos efeitos do défice hídrico na actividade fotossintética (Chaves 1991). Em contrapartida são escassos os estudos que se debruçam sobre os efeitos após a rehidratação. Contudo, alguns destes trabalhos sugerem que, tanto quanto a desidratação, a rehidratação pode também afectar negativamente a actividade fotossintética ao nível do mesófilo (Kaiser, 1987; David 1998). Com este trabalho pretendeu-se contribuir para o estudo do envolvimento dos processos de dissipação de energia não radiativa e dos sistemas de protecção antioxidante na resistência do aparelho fotoquímico aos défices hídricos moderados e subsequente rehidratação.

MATERIAL E MÉTODOS:

As plantas de *Lupinus albus* foram cultivadas em vasos de 3 dm³ cresceram em estufa (T_{max} controlada= 25 °C). Antes da sementeira o substrato foi humedecido à capacidade de campo (CC) e as plantas foram regadas com solução nutritiva (Hoagland modificada), com concentrações crescentes de nutrientes até atingir 4,5 mM de nitratos. Esta dotação de nutrientes ea imposição do défice hídrico tiveram início 28 dias após a sementeira. O défice hídrico (S) foi imposto pela manipulação do estado hídrico do substrato. As medições e a recolha de amostras foram efectuadas duas semanas após a imposição do défice hídrico. A capacidade de recuperação das plantas foi avaliada efectuando amostragens 48 h (R1) e 72 h (R2) após a rehidratação do substrato. Para uniformizar as condições ambientais durante as medições/amostragens, as plantas foram transferidas para uma câmara de crescimento (noite: 18°C, dia: 22 °C, 200µmol quanta m⁻² s⁻¹) na véspera da amostragem. O nível de défice hídrico foi avaliado através do teor relativo em água do solo (TS) e das folhas (TRA) e do potencial hídrico foliar, medido com a câmara de pressão de madrugada (Ψ_{pd}) e a meio do dia (Ψ_{md}). A capacidade fotossintética (A_{max}) foi medida em discos foliares no eléctrodo de oxigénio (Hansatech, Reino Unido) a 25°C, luz saturante (900µmol quanta m⁻² s⁻¹) e 5% CO₂. Os discos foliares foram depois utilizados para a quantificação da proteína solúvel total (BioRad Protein Assay , Hercules, California, USA). A condutância estomática (g_{H2O}) e a fotossíntese líquida (A) foram medidas a meio do dia, nas condições da câmara de crescimento, com um sistema portátil de minicuvete (HCM 1000, Walz, Alemanha). A medição da fluorescência da clorofila *a* (PAM 2000, Walz, Alemanha) e a recolha de discos foliares para a quantificação dos pigmentos foram efectuadas, nas mesmas folhas, de madrugada e após 6 h de iluminação. Os pigmentos foram analisados por HPLC segundo de las Rivas *et al.* 1989. A actividade das enzimas do sistema antioxidante foi medida em folhas recolhidas a meio do dia de acordo com Polle *et al.* (1993) e Polle e Rennenberg (1994).

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Apesar de TS ter diminuído significativamente durante a imposição do stress, as alterações nas relações hídricas das folhas não foram relevantes (Tabela 1).

Tabela 1 - Caracterização do estado hídrico das plantas em cada tratamento (T-testemunha; S- défice hídrico; R1- 48 h após a rehidratação; R2 – 72 h após a rehidratação; $\Psi_{pd, md}$ – potencial hídrico de madrugada(pd) e ao meio dia md); TRA – teor relativo em água; TS – teor relativo em água do solo em relação à capacidade de campo

	T	S	R1	R2
Ψ_{pd} (MPa)	-0,145 ± 0,076	-0,39 ± 0,055	-0,259 ± 0,03	-0,281 ± 0,011
Ψ_{md} (MPa)	-0,35 ± 0,035	-0,495 ± 0,011	-0,415 ± 0,089	-0,400 ± 0,059
TRA (%)	93 ± 2,24	93 ± 2,58	91 ± 1,19	93 ± 1,60
TS (%CC)	86 ± 1,86	47 ± 1,23	82 ± 2,89	84 ± 1,32

A secura do solo não afectou as trocas gasosas (Fig. 1A e 1B). A A_{max} e os parâmetros de fluorescência da clorofila *a* também não sofreram alterações durante este período. Após a reposição da CC (R1), A_{max} e g_{H2O}

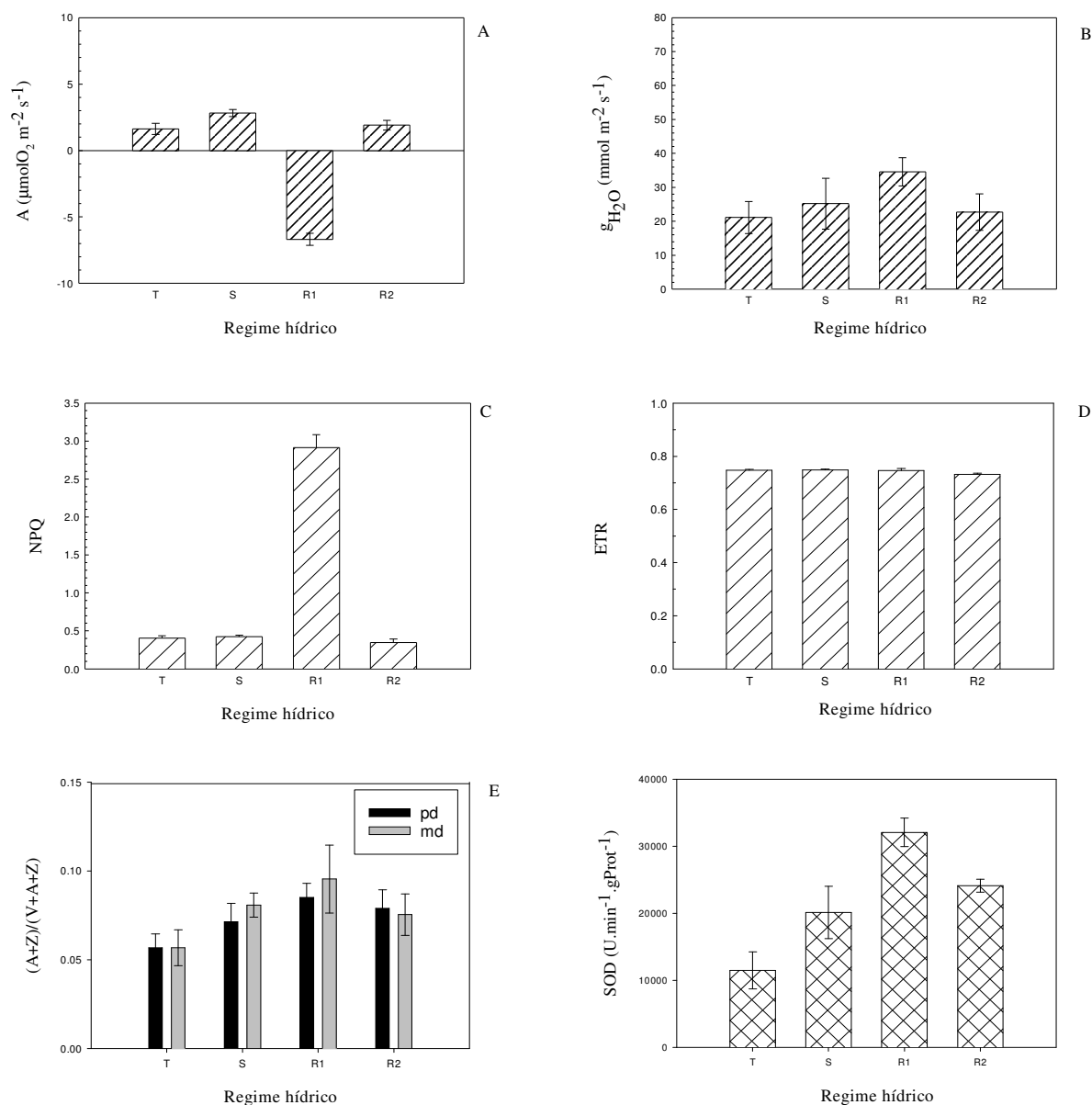


Fig.1 – Alterações nos parâmetros fisiológicos de *Lupinus albus* em função do regime hídrico. T- testemunha;, S – déficit hídrico moderado; R1 e R2 – 48 h e 72 h após rehidratação do substrato, respectivamente (n=5, média \pm erro padrão, Teste de Dunnet). A- Taxa fotossintética (A); B-Condutância estomática ($g_{\text{H}_2\text{O}}$); C- 'Quenching' não fotossintético (NPQ); D- Taxa de transporte de electrões no PSII (ETR); E- Índice de desepoxidação dos pigmentos do ciclo das xantófilas de madrugada (pd) e após 6 h de iluminação (md) [(A+Z)/(V+A+Z)]; F- Actividade específica da superóxido dismutase (SOD).

mantiveram-se mas A decresceu, atingindo valores negativos (Fig.1A e 1B). Não se verificaram alterações nos parâmetros da fluorescência excepto em F'_m e F'_0 . O decréscimo de F'_m implicou um aumento significativo do 'quenching' não fotoquímico ($\text{NPQ} = (F_m - F'_m)/F'_m$) (Fig. 1C), similar ao observado por Marschall e Proctor (1999) em *Porella platyphylla* (Briophyta), 6 a 7 horas após a rehidratação das plantas. O aumento de NPQ corresponde a um aumento da dissipação da energia sob a forma de calor, indicador da activação do ciclo das xantófilas (Demmig-Adams e Adams, 1994). O aumento de qE (componente do NPQ) está associado a um pH

baixo no lúmen do tilacóide e à desepoxidação da violaxantina a zeaxantina, induzida pela luz. O facto de as amostragens terem decorrido a baixa irradiância ($200\mu\text{mol quanta m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), poderá justificar o facto de o índice de desepoxidação das xantófilas $(A+Z)/(V+A+Z)$ não ter aumentado significativamente (Fig. 1E). Por outro lado a taxa de transporte de electrões no PSII (ETR) não variou em nenhum dos tratamentos (Fig. 1D), embora na R1 se tenha registado um decréscimo significativo de A (Fig 1A), o que poderá reflectir um aumento relativo da fotorrespiração e da reacção de Mehler. O decréscimo de A implica uma menor demanda de NADPH para o ciclo de redução do carbono, favorecendo a redução do O_2 a superóxido ($\text{O}_2^{\bullet-}$) com consumo de H^+ (Polle 1996). No nosso estudo, a actividade específica da SOD aumentou significativamente em R1 e R2 (Fig.1F), indiciando a activação da reacção de Mehler. Embora não se tenham verificado alterações significativas na actividade específica da ascorbato peroxidase, o H_2O_2 formado por acção da SOD terá de ser eliminado. O conjunto de reacções de dismutação do $\text{O}_2^{\bullet-}$ e eliminação do H_2O_2 é conhecido pelo nome de reacção de Mehler-peroxidase. Esta reacção consome protões no lado estromático do tilacóide e requer transporte de electrões do PSII para o PSI, desenvolvendo um gradiente de pH no lúmen (ΔpH), maior do que o gerado pela reacção de Mehler (Polle, 1996). A activação da reacção de Mehler-peroxidase, ao induzir o ΔpH necessário à desepoxidação da violaxantina poderia justificar, parcialmente, o aumento verificado no NPQ.

AGRADECIMENTOS:

Ao Laboratório de Nutrición Vegetal da Estación Experimental de Aula Dei, em particular a A. Abadía por todo o apoio e ensinamentos na extracção e quantificação dos pigmentos e a A. Poc pelo apoio técnico.

À Celeste Dias e ao João Silva pelo apoio prestado realização das análises laboratoriais

Este trabalho foi financiado pela FCT (POCTI/36145/AGR/2000)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

Chaves, M.M. 1991. J. Exp. Bot. 234: 1-16

David, M.M., D. Coelho, I. Barrote, and M.J. Correia. 1998. Aust. J. Plant Physiol. 25:299-306.

Demmig-Adams, B. and Adams III, W.W. 1994. Aust. J. Plant Physiol. 21: 575-88

Kaiser, W.M. 1987. Physiol. Plant. 71:142-149.

Marschall, M., and M.C.F. Proctor. 1999. J. Bryol. 21:257-262.

Maxwell, K., and G.N. Johnson. 2000. J. Exp. Bot. 51:659-668.

Ott, T., J. Clarke, K. Birks, and G. Johnson. 1999. Planta 209:250-258.

Polle, A. 1996. Bot. Acta 109:84-89.

Polle, A., and H. Rennenberg. 1994. In C. H. Foyer and P. M. Mullineaux, eds. Causes of photooxidative stress and amelioration of defense systems in plants. CRC Press, Boca Raton, pp 200-218.

Polle, A., T. Pfirrmann, S. Chakrabarti, and H. Rennenberg. 1993. Plant Cell Environ. 16:311-316.

de las Rivas, J., A. Abadía, and J. Abadía. 1989 Plant Physiol. 91:190-192.