

**ALTERAÇÕES SAZONAIS DA FOTOSÍNTESE E DO CICLO DAS XANTÓFILAS EM ALFARROBEIRA  
(*CERATONIA SILIQUA* L.)**

Barrote I, Correia M J, David M D  
UCTA, Universidade do Algarve, Campus de Gambelas, 8000-117 Faro, Portugal

**ABSTRACT**

This study aimed to follow the seasonal changes in the photosynthetic performance of two *Ceratonia siliqua* cultivars – Mulata and Mulata do Espargal – growing in a non-irrigated orchard in Algarve (South Portugal). Measurements and sampling (leaf water potential, leaf gas exchange, pigments and dark-adapted chlorophyll fluorescence) were taken in days with similar photon flux density, during the dry season in June and July, and in November after the first autumnal rainfalls ( $\approx 91$  mm) when minimum temperatures dropped below  $10^{\circ}\text{C}$ . Photosynthetic rates remained low for both cvs, and did not recover in November despite the observed increase in stomatal conductance and  $\psi$ . Fv/Fm slowly decreased from June to November, specially at midday. This changes in Fv/Fm were attributed mainly to increasing F0 which might reflect structural changes or damages at the chloroplast membranes level. Dry season conditions seemed to have triggered some thermal photoprotective mechanisms, as indicated through the increased ratio A+Z/VAZ. In November, however, the ratio A+Z/VAZ decreased. We suggest that the lack of recovery of A associated with higher F0 measured in both cvs, either at pre-dawn or midday, could be attributed to structural changes within the membranes mediated either by rehydration and/or by chilling temperatures.

**INTRODUÇÃO**

O Algarve tem um clima do tipo mediterrâneo, caracterizado por uma temperatura anual média elevada e uma precipitação média anual inferior a 700 mm com uma distribuição intra-anual muito irregular (Daveau 1988). É também caracterizado por irradiância e evapotranspiração muito elevadas, sendo propício ao aparecimento de situações de secura especialmente nos meses de Verão. O desenvolvimento de défices hídricos nas folhas juntamente com altas irradiâncias, conduz a situações em que a taxa de absorção de fotões excede a taxa de utilização de energia e a capacidade de transporte fotossintético de electrões. A energia absorvida em excesso pode provocar danos nos centros de reacção do fotossistema II e redução do oxigénio molecular no fotossistema I, acompanhados pelo aumento da formação de espécies reactivas de oxigénio, causador de stress oxidativo. A fotoprotecção pode ser alcançada através do aumento da dissipação do excesso de energia de excitação, quer por fluorescência quer sob a forma de calor, ou por um aumento do catabolismo das espécies reactivas de oxigénio (Bowyer e Leegood 1997). A dissipação do excesso de energia sob a forma de calor está relacionada com a formação reversível da zeaxantina por desepoxidação da violaxantina via anteraxantina (Demmig-Adams e Adams 1996). A desintoxicação das espécies reactivas de oxigénio é levada a cabo por um conjunto de antioxidantes fisiológicos entre os quais os carotenóides (Polle e Rennenberg 1994). A medição da fluorescência da clorofila é uma técnica muito útil para a obtenção de informação sobre o funcionamento fotossintético. É frequente observar a diminuição de Fv/Fm em plantas sujeitas a stress. Esta diminuição pode ser devida ao decréscimo do Fm, normalmente associado à activação dos sistemas fotoprotectores, ou ao aumento do F0, normalmente associado a danos no P680 que poderão ser ou não reversíveis (Lichtenthaler, 1988).

Este trabalho teve como objectivo observar as alterações sazonais no funcionamento do aparelho fotossintético em alfarrobeira.

**MATERIAL E MÉTODOS:**

Este estudo foi levado a cabo em árvores com cerca de dez anos de idade, instaladas em solo de textura franco-argilosa do tipo VC, num pomar de sequeiro com orientação N-S, em Tavira (Algarve), no Sul de Portugal.

Foram realizadas três amostragens ao longo do ano de 1999 (Junho, Julho e Novembro), em folhas expandidas no ano anterior, de duas cultivares de alfarrobeira: Mulata do Espargal (Mesp) e Mulata. A condutância estomática (g) e a fotossíntese líquida (A) foram medidas num sistema portátil de minicuvete (HCM 1000, Walz, Alemanha). Para a quantificação dos pigmentos colheram-se discos foliares que foram imediatamente colocados em  $\text{N}_2$  líquido e posteriormente transportados para o laboratório onde foram armazenados a  $-80^{\circ}\text{C}$  até à extracção. Os pigmentos foram extraídos em acetona a 100% com carbonato de cálcio, na presença de ascorbato de sódio, e os extractos foram analisados por HPLC (de las Rivas *et al.* 1989). A fluorescência da clorofila *a* foi medida com um fluorímetro portátil (PEA, Hansatech, Reino Unido) após 20 minutos de adaptação ao escuro. g e A foram medidas entre as 12:30 e as 14:00, tendo os valores da radiação fotossinteticamente activa sido idênticos em todas as medições ( $\approx 1500 \mu\text{moles quanta.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ). Os discos para a quantificação dos pigmentos foram colhidos à mesma

hora. O potencial hídrico ( $\Psi$ ) e a fluorescência da clorofila *a* foram medidos de madrugada (pd) e a meio do dia (md). Foram utilizados, no mínimo, quatro replicados.

## RESULTADOS

Na Tabela 1 encontram-se os valores das temperaturas máximas e mínimas ( $^{\circ}\text{C}$ ) verificadas nos dias de amostragem, bem como da precipitação ocorrida no mês.

Tabela 1 – Precipitação no mês (mm) e temperaturas máximas e mínimas ( $^{\circ}\text{C}$ ) verificadas nos dias de amostragem (dados fornecidos pela Direcção Regional de Agricultura do Algarve para o local onde se encontram as árvores em estudo).

	Junho	Julho	Novembro
Precipitação	0	0	91mm *
Máxima	32.0	32.0	19.0
Mínima	20.0	18.0	5.0

\* precipitação caída em Outubro

Os valores de potencial hídrico de madrugada foram semelhantes nas três épocas de amostragem nas duas cvs., tendo o  $\Psi_{\text{md}}$  de Julho sido o mais baixo (Tabela 2). A condutância decresceu de Junho para Julho em ambas as cvs (Fig. 1), tendo-se observado a sua recuperação em Novembro em paralelo com o  $\Psi_{\text{md}}$ , mais acentuada na Mulata.

Tabela 2 – Potencial hídrico de madrugada ( $\Psi_{\text{pd}}$ ) e ao meio do dia ( $\Psi_{\text{md}}$ ) de folhas das duas cvs de *C. siliqua*

Cultivar	Junho		Julho		Novembro	
	$\Psi_{\text{pd}}$	$\Psi_{\text{md}}$	$\Psi_{\text{pd}}$	$\Psi_{\text{md}}$	$\Psi_{\text{pd}}$	$\Psi_{\text{md}}$
Mesp	$-0.59 \pm 0.11$	$-1.69 \pm 0.24$	$-0.61 \pm 0.10$	$-2.03 \pm 0.14$	$-0.55 \pm 0.04$	$-1.50 \pm 0.08$
Mulata	$-0.50 \pm 0.06$	$-1.80 \pm 0.24$	$-0.63 \pm 0.11$	$-2.08 \pm 0.26$	$-0.54 \pm 0.06$	$-1.40 \pm 0.09$

Os valores de fotossíntese líquida foram sempre negativos, excepto em Junho na Mesp (Fig. 1). Nesta cv o F0 manteve-se entre Junho e Julho e aumentou em Novembro. Na Mulata os valores de F0 de madrugada apresentam uma ligeira tendência para aumentar entre Junho e Julho e subiram em Novembro, quer de madrugada, quer ao meio dia (Fig. 3). Na Mesp as variações no teor em clorofila *a* (chl *a*) apresentam um padrão semelhante aos do F0 medido a meio do dia. Na Mulata, o teor em clorofila *a* aumentou sempre entre Junho e Novembro (Fig 2). O Fm apresenta valores muito semelhantes nas duas cvs e ao longo dos três meses de amostragem. Na cv Mulata apresenta uma tendência para aumentar ao longo dos três meses. Em ambas as cvs o Fm decresceu entre a madrugada e o meio do dia. Os valores de Fv/Fm apresentam tendência para diminuir tanto entre madrugada e o meio do dia como de Junho para Novembro (Fig. 3). Apesar de os pigmentos do sistema VAZ não apresentarem alterações significativas nem entre as duas cultivares nem ao longo do tempo, a razão A+Z/VAZ apresenta um grande decréscimo de Julho para Novembro em ambas as cvs. Os carotenóides totais mantiveram-se inalterados quer entre as duas cvs, quer nas três épocas de amostragem (Fig. 2).

## DISCUSSÃO

Os valores de condutância obtidos acompanham as variações do  $\Psi_{\text{md}}$  (Fig. 1, Tabela 2). Apesar de, em Novembro, tanto *g* como  $\Psi_{\text{md}}$  recuperarem para valores ligeiramente superiores aos obtidos em Junho, o mesmo não se verifica em relação à fotossíntese líquida, que se mantém negativa na Mulata nos três meses e que na Mesp, em Junho, é positiva apresentando-se negativa quer em Julho quer em Novembro. Estes dados indicam que a A não terá sido exclusivamente condicionada pela *g*. A evolução dos valores do F0 sugerem que durante a época estival tenham sido provocados danos ao nível das membranas do aparelho fotossintético (Lichtenthaler, 1988), que se vêm a verificar sobretudo na recuperação do défice hídrico, em Novembro (Fig. 2). A temperatura mínima baixa que se verificou no dia da amostragem de Novembro ( $5^{\circ}\text{C}$ ) poderá também ter contribuído para os valores de F0 verificados. No entanto, a razão A+Z/VAZ, que aumenta em situações de stress por baixas temperaturas (Demmig-Adams e Adams 1996), foi muito menor nesse dia do que em Julho. De qualquer modo, esta hipótese só poderia ser verificada se dispuséssemos destes mesmos parâmetros em amostras colhidas de madrugada. A razão A+Z/VAZ em Junho e Julho foi mais elevada do que em Novembro (Fig. 2), indiciando o alívio do stress em Novembro, que no entanto não foi acompanhado por uma recuperação da fotossíntese (Fig 1). Apesar de o Fm apresentar uma tendência



crescente muito ligeira pode-se atribuir ao aumento do F0 o decréscimo que se verificou na razão Fv/Fm de Junho até Novembro, e embora o sistema VAZ pareça ter sido activado em Junho e em Julho, não terá sido suficiente para evitar danos no aparelho fotoquímico.

**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 Paula Teixeira pela colaboração no trabalho de campo.

Este trabalho foi realizado no âmbito do Projecto PraxisXXI 3/3.3/Hort/2169/95.

**BIBLIOGRAFIA:**

Bowyer J R, Leegood R C (1997) Photosynthesis *In* P M Dey e J B Harborne (eds). *Plant Biochemistry*. Academic Press Ltd. Londres. Pp. 49-110

Daveau S (1988) Comentários e actualização *In* O Ribeiro e H Lautensach. *Geografia de Portugal. II. O ritmo climático e a paisagem*. Sá da Costa. Lisboa

Demmig-Adams B e Adams W W (1996) The role of xanthophyll cycle carotenoids in the protection of photosynthesis. *Trends Plant Sci.* **1**: 21-26

Lichtenthaler H K (1988) In vivo chlorophyll fluorescence as a tool for stress detection in plants *In* H K

Lichtenthaler (Ed). *Applications of chlorophyll fluorescence*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. Pp 129-142

Polle A, Rennenberg H (1994) Photooxidative stress in trees *In* C H Foyer e P M Mullineaux (Eds). *Causes of photooxidative stress and Amelioration of defense systems in plants*. CRC Press. Londres. Pp.200-218

Rivas J, Abadía A, Abadía J (1989) A new reversed phase-HPLC method resolving all major higher plant photosynthetic pigments. *Plant Physiol.* **91**: 190-192