ISSN 2316-4115

40º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras

28 a 31 de out/2014, Serra Negra - SP

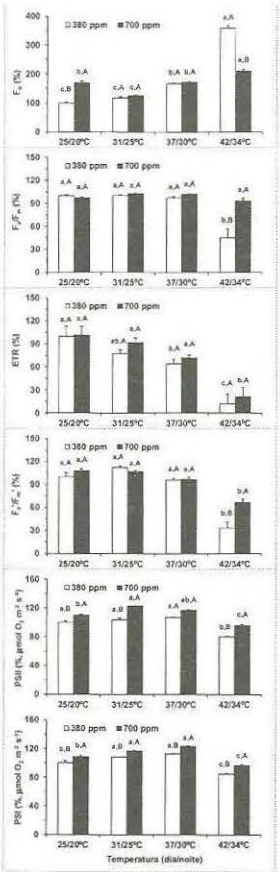
Trabalhos Apresentados

Fundação Procafé, CBPeD-EmbrapaCafé, Uniube, Ufla, IAC
Apoio: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA/Funcafé.

EFEITOS DO AUMENTO DA TEMPERATURA E DA [CO_2] ATMOSFÉRICA AO NÍVEL DO FUNCIONAMENTO DOS FOTOSSISTEMAS E TRANSPORTE TILACOIDAL DE ELÉTRONS EM *C. ARABICA* L. CV. ICATU

JC Ramalho1,2,*, WP Rodrigues1,3, LD Martins1,4, MQ Martins1,5, F Colwell1, JN Semedo6, IP Pais6, P Scotti-Campos6, AP Rodrigues7, AS Fortunato1, AE Leitão1,2, E Lopes1, P Batista-Santos1, AI Ribeiro-Barros1,2, FL Partelli5, MA Tomaz4, E Campostrini3, R Ghini8, FM DaMatta9, FC Lidon2. 1Grupo Interações Planta-Ambiente & Biodiversidade (PlantStress&Biodiversity), Centro Ambiente, Agricultura e Desenvolvimento (BioTrop), Instituto Investigação Científica Tropical, I.P., Oeiras, Portugal (*cochichor@iict.pt). 2 CICEGe, Fac. Ciências Tecnologia, Univ. Nova Lisboa, Caparica, Portugal. 3 Setor de Fisiologia Vegetal. Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. Univ. Estadual Norte Fluminense, Darcy Ribeiro, RJ, Brasil. 4 Dept. Produção Vegetal, Centro Ciências Agrárias, Univ. Federal Espírito Santo, Alto Universitário, Alegre, ES, Brasil. 5 Depart. Ciências Agrárias e Biológicas. Centro Universitário Norte do Espírito Santo. Univ.Federal do Espírito Santo, ES, Brasil. 6 Unid. Investigação em Biotecnologia e Recursos Genéticos, Inst. Nac. Inv. Agrária e Veterinária, I.P., Oeiras, Portugal. 7 Centro de Estudos Florestais, DRAT, Inst. Sup. Agronomia, Univ. Lisboa, Portugal. 8 Embrapa Environment, Jaguariúna, SP, Brasil. 9 Dept. Biologia Vegetal, Univ, Federal Viçosa, MG, Brasil.

Tendo em conta as alterações climáticas e aquecimento global esperados, estudos utilizando modelos matemáticos têm previsto forte perda de áreas adequadas ao cultivo do café, decréscimo de produção e redução de biodiversidade. Contudo, é necessário avaliar o impacto real na fisiologia e bioquímica da planta dos efeitos do aumento concomitante da temperatura e [CO_2] atmosférica, tendo ainda em conta possíveis efeitos de mitigação do aumento da [CO_2] relativamente aos efeitos negativos atribuídos ao calor extremo. A tolerância do metabolismo fotossintético às variações ambientais é crucial para uma efectiva aclimatação da planta, pelo que o estudo dos impactos relacionados com as alterações climáticas (*e.g.*, temperatura e CO_2) no funcionamento das estruturas fotossintéticas é obrigatório. Em condições de alta [CO_2] as plantas C_3 apresentarem aumentos da taxa de fotossíntese líquida (P_n), frequentemente em torno de 50%, mesmo se uma regulação negativa (*down-regulation*) da fotossíntese ocorre, diminuindo o aumento potencial. Tal aumento da P_n deve-se à maior disponibilidade de substrato (CO_2) e à inibição competitiva do CO_2 sobre o O_2 nos sítios de carboxilação da ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase/oxigenase, o que leva à redução da taxa de fotorrespiração. Tendo em conta que esta última aumenta proporcionalmente mais que a P_n a temperaturas mais altas, tem sido sugerido que o efeito positivo do aumento da [CO_2] na P_n (por supressão da fotorrespiração) se possa fazer sentir mais a altas do que a baixas temperaturas, compensando, mesmo que parcialmente, os efeitos negativos das temperaturas supra-óptimas na produção.



Neste trabalho pretendeu-se estudar a extensão do impacto da temperatura no funcionamento dos fotossistemas (PS) I e II e do transporte tilacoidal de elétrons em *C. arabica* cv. Icatu e o possível efeito benéfico do aumento de $[CO_2]$. Para tal, plantas com 1,5 anos, em vasos de 28 L, foram colocadas numa fitoclima (EHHF 10000, ARALAB, Portugal), onde se desenvolveram durante 1 ano em condições ambientais controladas de temperatura (25/20 °C, dia/noite), irradiância (*ca.* 650-800 μmol m^{-2} s^{-1}), HR (75%), fotoperíodo (12 h), e a 380 μL CO_2 L^{-1} ou 700 μL CO_2 L^{-1}, sem restrições de água, nutrientes ou espaço para desenvolvimento radicular. Após este período, aumentou-se a temperatura de 25/20 °C até 42/34 °C, a uma taxa de 0,5 °C dia^{-1}, com uma estabilização de 7 dias nas temperaturas 31/25, 37/30 e 42/34 °C para realizar as análises (efetuadas em folhas recèm maduras). Os parâmetros de fluorescência da clorofila *a* foram avaliados com um sistema PAM-2000 (H. Walz, Effeltrich, Alemanha) e incluiram a fluorescência mínima da antena (F_o), a eficiência fotoquímica máxima do PSII (F_v/F_m), ambos determinados em folhas adaptadas à escuridão, assim como a estimativa da taxa de transporte linear de elétrons (ETR) e a eficiência fotoquímica real do PSII (F_v'/F_m'), ambos avaliados à luz em condições de equilíbrio dinâmico da fotossíntese, usando a irradiância das condições de crescimento para estímulo da fotossíntese e *flashes* saturantes de 7500 μmol m^{-2} s^{-1}. As taxas de transporte tilacoidais de elétrons *in vivo* envolvendo o PSI e o PSII (incluindo o complexo de oxidação da água) foram determinadas polarograficamente em frações de membranas cloroplastidiais com um electrodo do tipo Clark (LW2, Hansatech, Inglaterra), a 25 °C, conforme optimizado para o cafeeiro.

Resultados e Conclusões

Em condições de temperatura consideradas adequadas (25/20 °C) o aumento da $[CO_2]$ atmosférica não alterou a eficiência do PSII (F_v/F_m e F_v'/F_m'), mas o potencial de transporte de elétrons envolvendo ambos os PSs aumentou cerca de 10%. Tal está de acordo com o aumento da capacidade fotossintética (A_{max}) nestas condições (dados não mostrados. Assim, o aumento na P_n (*ca.* 80%) não decorrerá tanto do reforço das estruturas fotossintéticas, mas mais provavelmente da limitação da fotorrespiração.

Figura 1. Variações (em % relativa ao tratamento de 380 μL CO_2 L^{-1} a 25/20 °C) da fluorescência mínima (F_o), eficiência fotoqúimica máxima (F_v/F_m) e actual (F_v'/F_m') do PSII, do transporte linear de elétrons (ETR), todos medidos via fluorescência da clorofila *a*, assim como das taxas de transporte tilacóidal de elétrons envolvendo o PSI e o PSII, medidas polarograficamente. Cada barra representa a média ± erro padrão (n=4-8). A existência de diferentes letras indicam a existência de diferenças significativas entre temperaturas em cada $[CO_2]$ (a,b,c) ou entre os tratamentos de $[CO_2]$ em cada temperatura (A,B), resultante de um teste de comparação de média (Tukey) efectuado após uma *two-way* ANOVA, ambos a 95% de nível de confiança.

Com a exposição das plantas a um aumento gradual (e prolongado) da temperatura o funcionamento dos dois PSs não foi negativamente afectado até aos 37 °C, independentemente do tratamento de CO_2. De fato, o potencial de transporte de elétrons (medidas polarográficas) mostra inclusivamente um reforço moderado (de até 15%), observando-se valores marginalmente superiores nas plantas de 700 μL CO_2 L^{-1}, apesar de a 37 °C o valor de ETR (refletindo o transporte de elétrons sem condições potenciais) mostrar algum decréscimo. Já a 42°C todos os parâmetros estudados foram afectados negativamente, embora de forma desigual entre os tratamentos de CO_2, tendo-se observado impactos consistentemente mais fortes nas plantas de 380 μL CO_2 L^{-1}. Nestas, o declínio de F_v/F_m associado ao aumento de F_o, indicam ter sido atingido o limiar de tolerância ao dano, relacionado com fotoinibição do PSII, possivelmente ligado à perda de proteína D1, como sugerido em café submetido a altos níveis de irradiância. Nas plantas 700 μL CO_2 L^{-1} o F_v/F_m não foi afectado. O efeito foi igualmente claro no F_v'/F_m', aqui em ambos os tramentos de CO_2.

Contudo enquanto nas plantas de 380 μL CO_2 L^{-1} tal poderá estar relacionado com danos não facilmente reversíveis durante o período nocturno (e por isso mantidos no F_v/F_m), nas de 700 μL CO_2 L^{-1} tal efeito estará provavelmente relacionado com o reforço de mecanismos de dissipação de energia (dados não apresentados) que protegem o PSII e justificam quer o decréscimo de F_v'/F_m' quer a manutenção de F_v/F_m. Tal está igualmente de acordo com os impactos significativos observados na actividade do PSI (-15%) e PSII (-20%) nas plantas de 380 μL CO_2 L^{-1}, enquanto que nas de 700 μL CO_2 L^{-1} os decréscimos rondaram os 5% em ambos os PSs.

Desta forma o enorme decréscimo de ETR, para 12% (380 μL CO_2 L^{-1}) e 21% (700 μL CO_2 L^{-1}) dos valores iniciais não terá a ver principalmente com impactos ao nível dos PSs, mas antes estará relacionado com efeitos noutros pontos da maquinaria fotossintética, nomeadamente nas enzimas, que são particularmente sensíveis a temperaturas altas (dados não apresentados).

Em conclusão, o funcionamento dos PSs e o transporte potencial de elétrons das plantas de Icatu mostraram tolerância até 37 °C, tendo sido claramente afectadas apenas a 42 °C. Tal está de acordo com observações de que as estruturas fotossintéticas do cafeeiro são relativamente tolerantes a estresses ambientais, nomeadamente, temperaturas altas. Deve-se salientar que as plantas de 700 μL CO_2 L^{-1} CO_2 mantiveram niveis funcionais significativamente mais altos do que as de 380 μL CO_2 L^{-1}, mesmo a 42 °C, o que é altamente relevante num contexto de alterações climáticas e aquecimento global estimadas para o presente século.