

EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA E TOLERÂNCIA À SECA EM *Coffea canephora*¹

Fábio M. DA MATTA (DBV/UFV; fdamatta@mail.ufv.br), José Sebastião M. SILVEIRA (EMCAPER), Carlos DUCATTI (UNESP), Marcelo E. LOUREIRO (DBV/UFV)

RESUMO: Os efeitos do suprimento hídrico sobre as trocas gasosas e a composição isotópica do carbono foram comparados em clones de *Coffea canephora*, com três anos, cultivados em campo. Os clones 14 e 120 representam genótipos com alta tolerância à seca em condições de campo, e os clones 46 e 201, baixa tolerância ao déficit hídrico. Todas as amostragens e medições foram feitas após 105 dias de estiagem. Nas plantas irrigadas, o potencial hídrico de antemanhã decresceu em maior extensão nos clones sensíveis à seca. Esses clones não exibiram qualquer decréscimo significativo na condutância estomática, enquanto a taxa líquida de assimilação do carbono foi reduzida no clone 201, mas não no 46. Nos clones tolerantes, houve um substancial fechamento dos estômatos em resposta ao déficit hídrico; eles diferiram, contudo, em termos de aclimação da maquinaria fotossintética à seca. Não foi evidenciada qualquer relação entre tolerância à seca e composição isotópica do carbono ou entre tolerância à seca e eficiência instantânea do uso da água. Os resultados permitem concluir que, em *C. canephora*, a evitação à seca é mais importante para a sobrevivência durante períodos prolongados de estiagem que o uso mais eficiente da água.

PALAVRAS-CHAVE: *Coffea canephora*, composição isotópica do carbono, condutância estomática, eficiência do uso da água, fotossíntese, tolerância à seca.

ABSTRACT: The effects of water supply on gas exchange and carbon isotope composition were compared in three-year-old field-grown clones of *C. canephora*. Clones 14 and 120 were chosen due to represent high drought tolerance genotypes, and clones 46 and 201 low drought tolerance genotypes. Sampling and measurements were performed following a 105-days natural water shortage. In water-stressed plants, the predawn leaf water potential declined to a greater extent in drought-sensitive clones. These clones did not show any significant decrease in stomatal conductance, though net carbon assimilation rate was depressed in clone 201, but not in 46. Drought-tolerant clones closed their stomata in response to water stress, they differing, however, in terms of acclimation of photosynthetic machinery to drought. A clear relationship between drought tolerance and carbon isotope composition or between drought tolerance and instantaneous water use efficiency was not observed. It might be concluded that in *C. canephora* the drought avoidance mechanism is more important for survival during long-term drought than the efficient use of water.

KEY WORDS: *Coffea canephora*, carbon isotope composition, drought tolerance, photosynthesis, stomatal conductance, water use efficiency

INTRODUÇÃO

O Espírito Santo é o maior produtor de café Robusta (*Coffea canephora* Pierre) no país. Os principais municípios produtores estão localizados em dois extratos ambientes, o terciário e o cristalino, caracterizados por uma notável irregularidade na precipitação e solos com baixa capacidade de retenção de água. Como consequência, períodos prolongados de estiagem não são incomuns, refletindo-se diretamente na produtividade das lavouras.

Atualmente, a maior parte das lavouras de café Robusta é formada a partir de mudas clonais, selecionadas de matrizes altamente produtivas normalmente cultivadas sob irrigação. Os clones assim obtidos, uma vez conduzidos com restrição hídrica, exibem, visualmente, grande variabilidade quanto a tolerância à seca. Todavia, nenhuma caracterização desses materiais, em bases fisiológicas, foi feita até o presente. Por conseguinte, não se dispõem de índices e parâmetros adequados que permitam identificar clones com maior potencial de tolerância à seca e produção de frutos razoável nessa condição.

Em *C. arabica*, parece existir uma relação direta entre eficiência do uso da água e tolerância à seca (Meinzer et al., 1990, 1992). A eficiência do uso da água é estreitamente associada à pressão parcial interna de CO₂ integrada ao longo do tempo que, por sua vez, pode ser estimada a partir da abundância relativa dos isótopos estáveis do carbono, ¹³C e ¹²C (¹³δC), no material vegetal (Farquhar et al., 1982). À primeira vista, a

¹ Trabalho financiado pelo CONSÓRCIO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DO CAFÉ

utilização de ^{13}C , ou seu análogo, a discriminação isotópica do carbono, poderia ser usada como um critério sensível e prático para avaliar genótipos mais promissores em termos de tolerância à seca (Meinzer et al., 1990) ou com maior produção de frutos (Meinzer et al., 1991).

Neste trabalho, são descritos alguns resultados preliminares sobre as trocas gasosas e a composição isotópica do carbono de quatro clones que, visualmente, apresentavam diferentes graus de tolerância à seca, após um longo período de estiagem. Os resultados sugerem diferentes estratégias, em *C. canephora*, em resposta à aclimação à deficiência hídrica.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos na Fazenda Experimental de Sooretama (Sooretama, ES), da Empresa Capixaba de Pesquisa e Extensão Rural, com clones de *C. canephora* (clones 14 e 120 – tolerantes à seca, e clones 46 e 201 – sensíveis à seca), com aproximadamente três anos, sob espaçamento 2,5 m x 1,0 m, com uma planta por cova. A área experimental foi manejada seguindo práticas agrônômicas usuais para lavouras de café, incluindo fertilização e controle de pragas e doenças. As plantas foram divididas em dois lotes, sendo um deles irrigado periodicamente por aspersão, de modo que o potencial hídrico (Ψ_w) do solo fosse mantido próximo àquele da capacidade de campo; no lote não-irrigado, após 105 dias sem chuvas, quando foram feitas as medições das variáveis abaixo descritas, o Ψ_w do solo, estimado a partir de uma curva de retenção de umidade, foi de $-1,3 \pm 0,14$ MPa (0-20 cm) e $-0,12 \pm 0,03$ MPa (20-40 cm). Nas plantas, Ψ_w foi medido na antemãhã (Ψ_{am}) e ao meio-dia (Ψ_{md}), com uma câmara de pressão tipo Scholander.

A condutância estomática ao vapor d'água (g_s), a taxa instantânea de transpiração (E) e a taxa de assimilação líquida de carbono (A) foram medidas em folhas completamente expandidas do terceiro par a partir do ápice de ramos plagiotrópicos, em sistema aberto, sob luz saturante, entre 08h30 e 10h00, com um analisador de gases a infravermelho portátil (LCA-4, ADC, Hoddesdon, Reino Unido), conforme Da Matta et al. (1997).

A eficiência do uso da água foi estimada a partir de $\delta^{13}\text{C}$. Folhas do primeiro par, com, no máximo, metade da expansão final, e folhas do terceiro par (completamente expandidas) a partir do ápice de ramos plagiotrópicos foram coletadas, secas a 70°C por 48 h e moídas finamente. Amostras foram enviadas para o Centro de Isótopos Estáveis da Universidade Estadual Paulista (Botucatu, SP), onde foi determinada a abundância relativa dos isótopos ^{13}C e ^{12}C , via espectrometria de massa. Com esses dados, estimou-se a eficiência do uso da água, por meio das equações descritas por Farquhar et al. (1982). A composição isotópica do carbono foi expressa em relação ao padrão Pee Dee Belemnite (Farquhar et al., 1989).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme esperado, houve reduções substanciais em Ψ_{am} e Ψ_{md} dos clones avaliados após 105 dias de estiagem (Tabela 1). Nos genótipos sensíveis (46 e 201), Ψ_{am} foi consideravelmente menor que nos tolerantes (14 e 120) à seca, indicando menor capacidade de recuperação do *status* hídrico foliar ao longo do período da deficiência hídrica. Nas plantas irrigadas, Ψ_{md} dos clones 14 e 201 foi inferior ao dos demais clones, podendo ser um indicativo de baixa condutividade hidráulica e/ou maior rigidez da parede celular, que se traduziria num rápido decréscimo do potencial de parede para um perda de água relativamente pequena, resultando em rápido declínio de Ψ_w . No clone 14, não houve diferença em Ψ_{md} entre plantas irrigadas e estressadas, o que poderia ser explicado por um eficiente fechamento estomático sob seca e/ou alterações nas propriedades elásticas da parede celular. No clone 201, a diferença entre Ψ_{md} e Ψ_{am} nas plantas estressadas foi 1,9 MPa, em paralelo a uma inalterância em g_s e E (Tabela 2); portanto, a manutenção da abertura estomática nas plantas sob déficit hídrico deve ter contribuído largamente para o declínio de Ψ_w no clone 201. Por outro lado, Ψ_{am} nessas plantas foi significativamente maior que nas plantas do clone 46, o que pode representar uma maior capacidade relativa de extração de água do solo.

Tabela 1. Potencial hídrico medido na antemanhã (Ψ_{am}) e ao meio-dia (Ψ_{md}) e composição isotópica do carbono ($\delta^{13}C$) de folhas em expansão (FE) e folhas completamente expandidas (FM) do terceiro par a partir do ápice de ramos plagiotrópicos de quatro clones de café Robusta, irrigados (controle) e não-irrigados, após 105 de estiagem, cultivados na Fazenda Experimental de Sooretama (Sooretama, ES). Os clones 14 e 120 são tidos como tolerantes à seca e os clones 46 e 201, sensíveis. Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Newman-Keuls. Asteriscos denotam diferença significativa entre médias, pelo teste F, das variáveis nos dois regimes hídricos, dentro de cada clone. $P < 0,05$; $n = 5$

CLONE	Ψ_{am} (-MPa)		Ψ_{md} (-MPa)		$\delta^{13}C$ (FE), -‰		$\delta^{13}C$ (FM), -‰	
	Controle	Seca	Controle	Seca	Controle	Seca	Controle	Seca
14	0,04 a	0,29 d *	1,42 a	1,57 a	27,18 b	25,12 ab *	28,62 bc	28,26 a
120	0,03 a	0,61 c *	0,61 b	1,56 a *	26,92 b	24,99 a *	28,25 b	27,34 b *
46	0,04 a	1,59 a *	0,63 b	2,66 b *	27,40 b	24,69 a *	29,12 c	28,59 a
201	0,04 a	0,99 b *	1,47 a	2,89 b *	25,74 a	25,52 b	27,68 a	27,29 a

A despeito dos baixos valores de Ψ_w dos clones 46 e 201 sem irrigação, nenhuma redução significativa em g_s foi aí observada. Nesses clones, E decresceu apenas no 46. Nos materiais tolerantes, g_s decresceu 90% no clone 14, e 63%, no 120, acarretando decréscimos, também, em E (Tabela 2). Deve-se ressaltar que o fechamento parcial dos estômatos traduziu-se em reduções em A no clone 14, mas sem efeitos significativos em A no clone 120. Ressalte-se que o fechamento estomático acarreta decréscimos proporcionalmente maiores à transpiração que à fotossíntese, em face de resistências adicionais associadas com a difusão do CO_2 em relação à da água na folha (Kozłowski e Pallardy, 1997). Como consequência, a eficiência instantânea do uso da água (A/E) foi aumentada no clone 120 sob deficiência hídrica, mas não no clone 14. Raciocínio semelhante pode ser aplicado ao clone 46. No clone 201, A decresceu drasticamente em resposta à seca; este decréscimo deve estar associado, fundamentalmente, a limitações não-estomáticas da maquinaria fotossintética. Por conseguinte, as reduções em A , mas não em E , resultaram em forte redução da razão A/E (Tabela 2).

Tabela 2. Condutância estomática ao vapor d'água (g_s), taxa de transpiração (E), assimilação líquida do carbono (A) e eficiência instantânea do uso da água (A/E), de quatro clones de café Robusta. Ver legenda da Tabela 1 para detalhes

CLONE	g_s , $mmol\ m^{-2}\ s^{-1}$		E , $mol\ m^{-2}\ s^{-1}$		A , $mmol\ m^{-2}\ s^{-1}$		A/E	
	Controle	Seca	Controle	Seca	Controle	Seca	Controle	Seca
14	36 b	4 b *	1,38 b	0,41 c *	5,8 b	2,1 b *	4,31 a	5,65 a
120	75 a	28 a *	1,78 a	0,80 b *	8,8 a	6,6 a	4,97 a	7,96 a *
46	54 b	44 a	1,89 a	0,94 b *	8,5 a	7,0 a	4,54 a	7,63 a *
201	38 b	34 a	1,44 a	1,53 a	5,2 b	2,2 b *	3,53 a	1,47 b *

Medidas instantâneas de trocas gasosas podem não refletir o desempenho da planta ao longo do tempo e, portanto, devem ser consideradas com cautela. Por outro lado, $\delta^{13}C$ na massa seca foliar pode ser tomada como um indicador sensível da capacidade fotossintética integrada no tempo e, usualmente, é usada para expressar a eficiência do uso da água (Farquhar et al., 1982). No presente estudo, houve uma variação genotípica em $\delta^{13}C$ de 1,83‰ e 1,66‰ nas folhas maduras e em expansão, respectivamente, nas plantas irrigadas; nas plantas sob estresse, essa magnitude caiu para 1,30‰ e 0,83‰, naquela ordem (Tabela 1), indicando potenciais diferenças na capacidade fotossintética e/ou em g_s . Variações em $\delta^{13}C$ entre plantas irrigadas e não-irrigadas foram de 0,36‰ a 0,91‰ nas folhas maduras, contra 0,22‰ a 2,71‰ nas folhas em expansão. A maior amplitude de $\delta^{13}C$ nas folhas em expansão reflete melhor as alterações das trocas gasosas dos clones avaliados em resposta à seca, na medida em que todo ou grande parte do carbono aí alocado deve ter sido assimilado durante o período de deficiência hídrica. Portanto, a discussão subsequente será centrada nos valores de $\delta^{13}C$ das folhas em expansão, e não nos das folhas maduras.

Em *C. arabica*, genótipos com menor $\delta^{13}C$ (mais negativo) sob condições irrigadas tornam-se mais rapidamente desidratados quando o suprimento de água é limitante (Meinzer et al., 1990, 1992). Dever-se-ia esperar, pois, que o clone 201 exibisse maior economia hídrica em relação aos demais genótipos, em face de seus valores de $\delta^{13}C$ serem substancialmente maiores sob irrigação. Todavia, aquele material, além de mostrar uma queda acentuada em Ψ_w , sugerindo um controle estomático ineficiente da transpiração,

apresentou uma invariabilidade em $\delta^{13}\text{C}$ quando as plantas foram estressadas, sugerindo que, ao contrário das medidas instantâneas das trocas gasosas, A e g_s variaram em mesma proporção. De modo oposto, nos outros clones, houve aumento substancial em $\delta^{13}\text{C}$ e, portanto, da eficiência do uso da água. Considerados concomitantemente, os dados das Tabelas 1 e 2 permitem inferir que, nos clones 14, 120 e 46, maior eficiência do uso da água foi reflexo de uma redução proporcionalmente maior em g_s que em A .

Em resumo, não foi observada qualquer relação clara entre tolerância à seca e $\delta^{13}\text{C}$, entre tolerância à seca e A/E ou entre A/E e $\delta^{13}\text{C}$ ($r = -0,33$). Os clones 46 e 201, após 125 dias de estiagem, apresentavam uma baixa área foliar (cerca de 20% em relação à das plantas irrigadas) e sobrevivência fortemente comprometida, efeitos estes negligenciáveis nos clones 14 e 120. Os dados de $\delta^{13}\text{C}$ e da razão A/E não permitiram discriminar o clone 46 em relação aos clones tolerantes à seca, enquanto os valores de $\delta^{13}\text{C}$ no clone 201, particularmente nas plantas irrigadas, apontaram para uma maior eficiência do uso da água. Portanto, pode-se depreender que, sob condições de deficiência hídrica, a capacidade de atenuar a perda de água em *C. canephora* é mais importante que uma alta eficiência do uso da água em termos de sobrevivência, apesar de uma maior eficiência do uso da água poder ser um atributo vantajoso para a planta quando o período seco não for consideravelmente prolongado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DA MATTA, F.M.; MAESTRI, M.; BARROS, R.S. Photosynthetic performance of two coffee species under drought. *Photosynthetica*, 34: 257-264, 1997.
- FARQUHAR, G.D.; EHLERINGER, J.R.; HUBICK, K.T. Carbon isotope discrimination and photosynthesis. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 40: 503-537, 1989.
- FARQUHAR, G.D.; O'LEARY, M.H.; BERRY, J.A. On the relationship between carbon isotope discrimination and the intercellular carbon dioxide concentration in leaves. *Aust. J. Plant Physiol.*, 9: 121-137, 1982.
- KOZLOWSKI, T.T.; PALLARDY, S.G. *Physiology of Woody Plants*. Academic Press, San Diego, 1997. 411 p.
- MEINZER, F.C.; GOLDSTEIN, G.; GRANTZ, D.A. Carbon isotope discrimination in coffee genotypes grown under limited water supply. *Plant Physiol.*, 92: 130-145, 1990.
- MEINZER, F.C.; INGAMELLS, J.L.; CRISOSTO, C. 1991. Carbon isotope discrimination correlates with bean yield of diverse coffee seedling populations. *HortSci.*, 26: 1413-1414, 1991.
- MEINZER, F.C.; SALIENDRA, N.Z.; CRISOSTO, C.H. Carbon isotope discrimination and gas exchange in *Coffea arabica* during adjustment to different soil moisture regimes. *Aust. J. Plant Physiol.*, 19: 171-84, 1992.

AVISO

ESTA PUBLICAÇÃO PODE SER ADQUIRIDA NOS
SEGUINTE ENDEREÇOS:

FUNDAÇÃO ARTHUR BERNARDES

Edifício Sede, s/nº. - Campus Universitário da UFV
Viçosa - MG
Cep: 36571-000
Tels: (31) 3891-3204 / 3899-2485
Fax : (31) 3891-3911

EMBRAPA CAFÉ

Parque Estação Biológica - PqEB - Av. W3 Norte (Final)
Edifício Sede da Embrapa - sala 321
Brasília - DF
Cep: 70770-901
Tel: (61) 448-4378
Fax: (61) 448-4425