

Trocas gasosas em mudas de Eucalipto influenciadas pelo suprimento variável de K e Na⁽¹⁾

Nikolas de Souza Mateus⁽²⁾; Eric Victor de Oliveira Ferreira⁽³⁾; Greice Leal Pereira⁽⁴⁾; José Carlos Arthur Jr.⁽⁵⁾; José Lavres Jr.⁽⁶⁾; José Leonardo de Moraes Gonçalves⁽⁷⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da FAPESP e IPEF.

⁽²⁾ Graduando em Eng. Florestal (bolsista Fapesp); Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo- ESALQ/USP; Piracicaba, São Paulo; nikolas.mateus@usp.br; ⁽³⁾ Pós-Doutorando (bolsista Fapesp) do Depto de Ciências Florestais; ESALQ/USP; ericosolos@yahoo.br ⁽⁴⁾ Mestranda (bolsista Capes) em Solos e Nutrição de Plantas; ESALQ/USP; greiceleal_2007@hotmail.com; ⁽⁵⁾ Coordenador Executivo do Programa Cooperativo sobre Silvicultura e Manejo (PTSM); Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF); arthur@ipef.br; ⁽⁶⁾ Professor do Centro de Energia Nuclear na Agricultura; CENA/USP; jlavres@cena.usp.br; ⁽⁷⁾ Professor do Depto de Ciências Florestais; ESALQ/USP; jlmgonca@usp.br.

RESUMO: O potássio (K) é o nutriente mais exigido pelo eucalipto e o sódio (Na) pode substituí-lo em algumas funções fisiológicas. Assim, o presente estudo objetivou avaliar a substituição parcial do suprimento de K pelo Na em mudas de eucalipto. O experimento foi realizado em blocos ao acaso, com quatro repetições, sendo os tratamentos constituídos da substituição da dose original de K da solução nutritiva completa de Clark (1,80 mmol L⁻¹ de K) por percentuais crescentes de Na (via NaCl): 0/100, 25/75, 50/50, 75/25 e 100/0 (% Na/ % K). Foram avaliadas a taxa de assimilação de CO₂ (A), condutância estomática (g_s), razão da concentração de CO₂ interna e externa da folha (C_i/C_a) e a transpiração (E), além da eficiência do uso da água (EUA) pelas mudas. Tais variáveis foram relacionadas com a produção de matéria seca das plantas. Existe resposta positiva das mudas de eucalipto ao suprimento variável de Na, indicando que este elemento pode trazer benefícios ao desenvolvimento inicial das plantas, quando o K está em menor concentração no meio de cultivo. Plantas mais produtivas, além de maiores taxas fotossintéticas, apresentam também maior transpiração, como consequência de uma maior condutância estomática. Plantas supridas exclusivamente com Na (1,80 mmol L⁻¹) apresentam redução drástica em seu crescimento.

Termos de indexação: fotossíntese, nutrição vegetal, solução nutritiva.

INTRODUÇÃO

O *Eucalyptus* é o gênero florestal mais plantado no Brasil e o uso de fertilizantes é essencial para a manutenção da alta produtividade, visto que seus plantios se encontram, de maneira geral, em solos de baixa fertilidade natural. Dentre os nutrientes requeridos pela planta, o potássio (K) é o mais exigido, atuando na abertura e no fechamento estomático, no controle osmótico, na ativação de

enzimas, dentre outros (Bellote & Ferreira, 1993; Martinez & Clemente, 2011). O sódio (Na), elemento benéfico, pode substituir parcialmente o K em algumas funções fisiológicas, como no controle osmótico e em reações enzimáticas, sendo essencial para ativar ATPases (Sutcliffe & Baker, 1989). Já foi verificada resposta positiva em crescimento à aplicação de Na em plantações de eucalipto estabelecidas em solos com baixos teores disponíveis de K (Almeida et al., 2010). Quando absorvido na forma Na⁺, plantas C3 sofrem grandes trocas na alocação de carbono, substituindo o K como soluto osmoticamente ativo e estimulando o alongamento celular (Martinez & Clemente, 2011).

A utilização da fertilização sódica pode reduzir a dependência externa do país aos fertilizantes potássicos, os quais são em sua maioria importados. Assim, a substituição parcial de K por Na representaria uma grande redução de custos com fertilização para o país. Entretanto, tal fato merece maior investigação a respeito dos efeitos do Na na fisiologia das árvores.

Desta forma, o presente estudo objetivou avaliar os efeitos da substituição parcial de K por Na nas trocas gasosas e produção de matéria seca das plantas de eucalipto.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação do Centro de Energia Nuclear da Agricultura da Universidade de São Paulo (CENA/USP), visando o estudo do suprimento de Na às mudas clonais de eucalipto em solução nutritiva.

As mudas do clone IPB8 (*E. urophylla* x *E. grandis*) foram provenientes de tubetes e tiveram seu substrato retirado das raízes com água desionizada, sendo transplantadas para bandejas coletivas com solução nutritiva de Clark (Clark, 1975). A solução nutritiva foi trocada semanalmente e mantida sob aeração permanente. As mudas foram cultivadas nesta fase de aclimação por 30

dias, sendo a concentração da solução aumentada gradativamente a cada sete dias (25, 50, 75 e 100 % da concentração original). No final deste período, foram selecionadas as mudas mais homogêneas quanto à altura e o diâmetro do colo para serem transplantadas para vasos individuais onde foram aplicados os tratamentos por 60 dias.

Os tratamentos consistiram da substituição da dose original de K da solução completa de Clark (1,80 mmol L⁻¹ de K) por percentuais crescentes de Na (via NaCl): 0/100, 25/75, 50/50, 75/25 e 100/0 (% Na/ % K). O estudo foi realizado em delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições, perfazendo assim 20 unidades experimentais com uma planta em cada vaso. As mudas tiveram sua matéria seca e trocas gasosas avaliadas ao fim do período de cultivo. Antes da colheita, com o IRGA (*infrared gas analyzer; Li-6400xt, Licor*), avaliaram-se, no período da manhã em folhas jovens completamente expandidas, as trocas gasosas: taxa de assimilação de CO₂ (*A*), condutância estomática (*g_s*), razão da concentração de CO₂ interna e externa da folha (*C/C_a*) e a transpiração (*E*). Foi estimada a eficiência do uso da água (EUA) momentânea, pela divisão dos valores de *A/E*. As leituras foram realizadas em temperatura e umidade ambientes e radiação constante (1000 μmol m⁻² s⁻¹). Posteriormente, as plantas foram colhidas e secas em estufa com circulação forçada de ar (65 °C/ 72 h) para obtenção de sua matéria seca total.

Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância (teste F) e o efeito das doses de Na, quando significativo ($p \leq 0,05$), foi avaliado por ajustes de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve aumento nos valores de *A*, *g_s* e *E* das mudas de eucalipto com o aumento do suprimento de Na em solução nutritiva, cujo valor máximo foi proporcionado pela dose com 1,35 mmol L⁻¹ de Na, decaindo a partir desta seguindo o modelo quadrático (**Figura 1a, 1c e 1d**). Observa-se que os maiores valores de *g_s* são também acompanhados pelos maiores valores de *A* e *E*, visto que, ao mesmo tempo em que os estômatos se abrem para captar CO₂, também perdem água por transpiração. Este fato também foi observado por Kerbauy (2008), em que a baixa *g_s* causou efeitos sobre *A* e *E*, resultando em baixo valor de EUA. Esta última não foi significativamente afetada pelo suprimento variável de Na em solução nutritiva, embora em dose intermediária deste elemento (0,90 mmol L⁻¹ de

Na) houve maior valor de EUA (**Figura 1e**). A relação *C/C_a* também não sofreu influência significativa da aplicação de Na, apresentando um valor médio de 0,81 (**Figura 1b**).

A maior dose de Na (1,8 mmol L⁻¹) proporcionou os menores valores de *A*, *g_s* e *E* (**Figura 1a, 1c e 1d**) e de produção de matéria seca das plantas (**Figura 1f**), indicando uma relação direta entre estas variáveis. Assim, observa-se que o Na quando fornecido de forma isolada e em alta concentração foi prejudicial ao crescimento inicial do eucalipto. As plantas crescidas na solução com 1,8 mmol L⁻¹ de Na apresentaram, além de menor crescimento, sintomas de toxidez caracterizados por clorose em folhas novas e necrose em folhas velhas.

As mudas que receberam apenas K na solução nutritiva (dose 0 mmol L⁻¹ de Na) apresentaram maior produção de matéria seca (**Figura 1f**), bem como maior *E* (**Figura 1d**), indicando que plantas mais produtivas tendem também a perder mais água pelos seus estômatos. Segundo Souza (2004), o controle da perda de água pelo fechamento estomático mantém elevado o potencial hídrico foliar, isto é, o conteúdo de água em suas folhas.

Verificou-se, aproximadamente, uma produção de matéria seca quatro vezes maior nas doses 0, 0,45 e 0,9 mmol L⁻¹ de Na quando comparado à dose com suprimento exclusivo de Na (1,8 mmol L⁻¹ de Na). Tal fato pode ser atribuído à toxidez causada pelo excesso de Na, resultando em folhas menores e necrosadas, além de senescência precoce das folhas. O Na em excesso provoca alterações nas relações hídricas, tornando as plantas mais sensíveis na sua fase inicial de desenvolvimento (Munns, 2002). Romero (2008), avaliando os efeitos da fertilização com K e Na no crescimento do eucalipto, verificou que plantas submetidas à aplicação exclusiva de K apresentaram maior produção de matéria seca, em relação às plantas supridas exclusivamente com Na.

CONCLUSÕES



Existe resposta positiva das mudas de eucalipto ao suprimento variável de Na, indicando que este elemento pode trazer benefícios ao desenvolvimento inicial das plantas, quando o K está em menor concentração no meio de cultivo;

Plantas mais produtivas, além de maiores taxas fotossintéticas, apresentam também maior transpiração, como consequência de uma maior condutância estomática;

Plantas supridas exclusivamente com Na (1,80 mmol L⁻¹) apresentam redução drástica em seu crescimento.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao PTSM/IPEF pelo suporte técnico e à técnica Cleusa Pereira Cabral pelo auxílio nas atividades de laboratório (Nutrição Mineral de Plantas-CENA). À FAPESP pela concessão das bolsas de pesquisa e à International Paper pelas mudas de eucalipto cedidas para a realização do experimento.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. C. R. et al. A positive growth response to NaCl applications in Eucalyptus plantations established on K-deficient soils. *Forest Ecology and Management*, 259:1786-1795, 2010.

BELLOTE, A. F. J. & FERREIRA, C. A. Nutrientes minerais e crescimento de árvores adubadas de *Eucalyptus grandis*, na região do cerrado, no estado de São Paulo. *Boletim de pesquisa florestal*, 1993. p.17-28.

KERBAUY, G. B. *Fisiologia vegetal*. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 43p.

MARTINEZ, H. E. P. & CLEMENTE, J. M. O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa. 1.ed. Viçosa: Editora da UFV, 2011. 76p.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment*, 25:239–250, 2002.

ROMERO, R. R. Resposta fisiológica de plantas de *Eucalyptus grandis* à adubação com potássio ou Sódio. [Mestrado] Piracicaba, SP: Universidade de São Paulo; 2008.

SOUZA, R. P. et al. Photosynthetic gas exchange, chlorophyll fluorescence and some associated metabolic changes in cowpea (*Vigna unguiculata*) during water stress and recovery. *Environmental and Experimental Botany*, 51:45-56, 2004.

SUTCLIFFE, J. F. & BAKER, D. A. As plantas e os sais minerais. Tradução de A. Lamberti e V. M. Lotto. 2.ed. São Paulo: EPU, 1989. 80p.

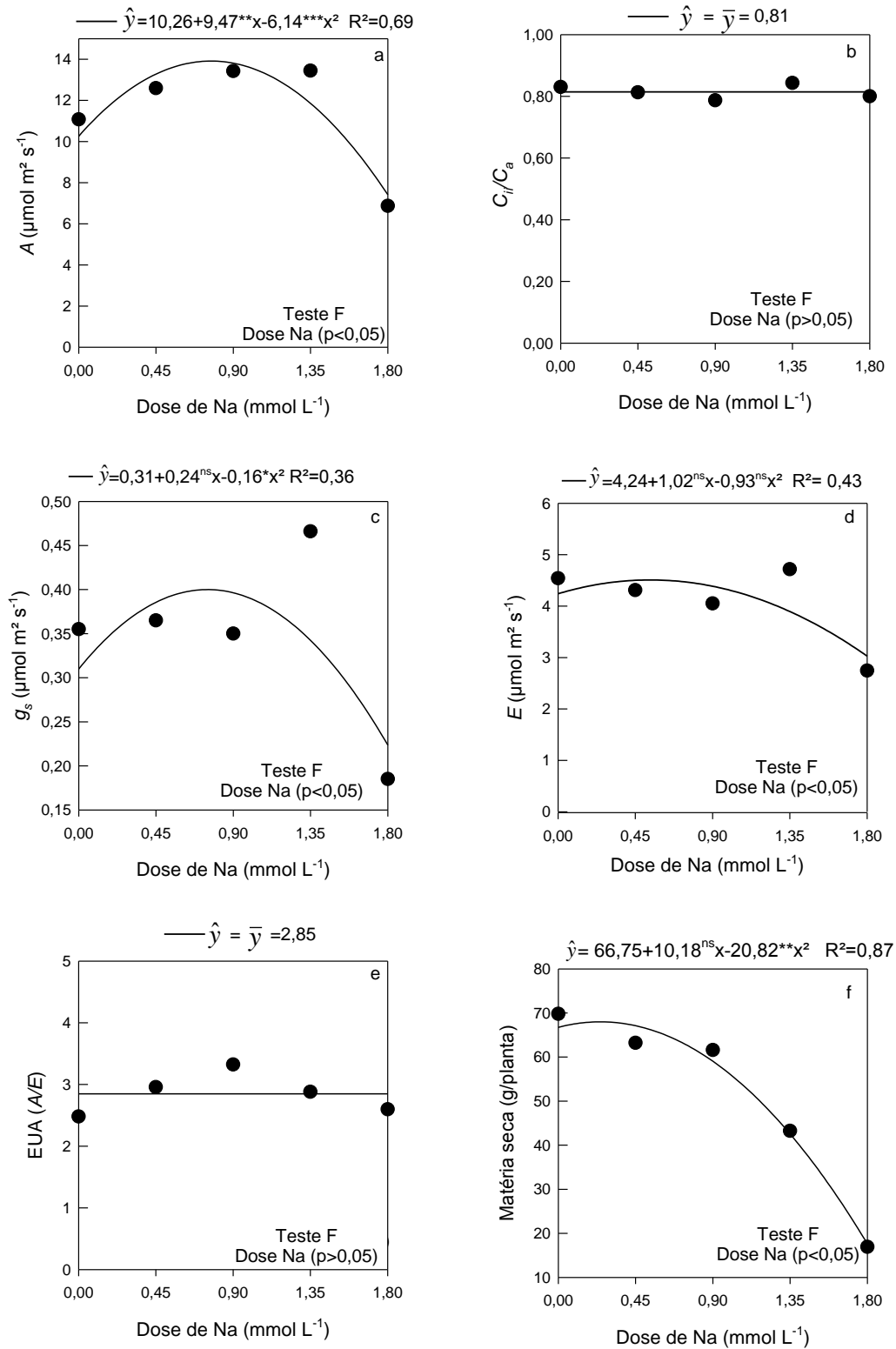


Figura 1 – Taxa de assimilação de CO_2 -A (a), razão da concentração de CO_2 interna e externa da folha- C_i/C_a (b), condutância estomática- g_s (c), transpiração-E (d), eficiência do uso da água momentânea-EUA (e) e matéria seca total de mudas de eucalipto (f) submetidas ao suprimento de Na em solução nutritiva. ^{ns}, ^{*}, ^{**}, ^{***} representam, respectivamente, não significativo, e significativo a 5, 1 e 0,1 % pelo teste F ($p < 0,05$).