



Interação boro e cálcio afeta as trocas gasosas e metabolismo de *Schizolobium parayba* var. *amazonicum*⁽¹⁾.

**Daihany Moraes Callegari⁽²⁾; Peola Reis de Souza⁽³⁾; Hélio José Medeiros Santos⁽³⁾
Analú Mara Ferreira dos Santos⁽³⁾; Vanessa Ferreira Alves⁽⁴⁾; Paula Francyneth
Nascimento Silva⁽⁴⁾.**

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da Fundação Amazônia Paraense – FAPESPA.

⁽²⁾ Discente do curso de Agronomia da Universidade Federal Rural da Amazônia; Paragominas – Pará; daihanymc@hotmail.com; Bolsista PIBIC-CNPQ; ⁽³⁾ Discentes do curso de Agronomia da Universidade Federal Rural da Amazônia – Campus Paragominas; ⁽⁴⁾ Discentes de Engenharia Florestal da Universidade Federal Rural da Amazônia – Campus Paragominas.

RESUMO: Os estudos sobre as exigências nutricionais das essências florestais nativas da Amazônia ainda são muito escassos, principalmente quanto ao efeito no metabolismo e fotossíntese das plantas. Assim, objetivou-se com esta pesquisa avaliar as trocas gasosas e o metabolismo de plantas jovens de *Schizolobium parayba*, em função da disponibilidade de boro e cálcio. O experimento foi conduzido em condições controladas e os tratamentos consistiram na aplicação combinada de Ca (0,5 e 50 mmol L⁻¹), e B (25 e 250 µmol L⁻¹), aplicados em conjunto via solução nutritiva. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos e cinco repetições, totalizando vinte unidades experimentais. As variáveis analisadas foram, o ácido ascórbico (ASC), extravasamento de eletrólito (EL), fotossíntese e transpiração. Houve redução da taxa fotossintética nos tratamentos que ocasionaram aumento do ASC e EL. Todos os tratamentos provocaram a redução desta taxa, todavia, a interação de altos níveis de B e Ca reduziram drasticamente a fotossíntese das plantas jovens de *S. parayba*, enquanto que o ASC foi aumentado como um mecanismo de defesa da espécie para este tratamento.

Termos de indexação: extravasamento, antioxidante e fotossíntese.

INTRODUÇÃO

O Paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby), espécie amazônica de grande potencial econômico, tem conquistado cada vez mais destaque entre as espécies reflorestadas no Brasil (Almeida et al., 2013).

O boro é um micronutriente essencial para a planta, pois este está relacionado a diversos processos vitais, tais como estrutura e funcionamento das membranas, formação da parede celular, síntese e transporte de carboidratos e proteínas, fotossíntese, fixação do N₂, resistência a

doenças, crescimento e reprodução (Malavolta, 2006). O excesso de B pode diminuir a taxa de fotossíntese das plantas, devido ao fechamento dos estômatos (Landi et al., 2013)

O cálcio (Ca) também atua na estrutura da parede celular, sua falta restringe o crescimento das raízes assim como dos ramos, folhas e outras partes (Troeh & Thompson, 2007). É um macronutriente importante para espécie, mas apenas uma pequena parte do total que está na solução do solo encontra-se disponível para a planta (Blankenau, 2007). Plantas deficientes em B têm sido registradas quando ocorre aumento no suprimento de Ca, sendo observadas alterações nas características físicas e químicas da parede celular (Manfredini, 2008).

Portanto, a falta ou excesso de um destes nutrientes pode acabar interferindo no metabolismo do outro, pois ambos atuam juntos na estrutura da parede celular dentre outros, afetando consequentemente a fotossíntese e o metabolismo da planta.

Assim objetivou-se com esta pesquisa avaliar as trocas gasosas e o metabolismo de plantas jovens de *Schizolobium parayba* em função da disponibilidade de boro e cálcio.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em condições controladas de ambiente, na Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Campus de Paragominas. A temperatura média foi de 27°C e a umidade relativa, durante o experimento, variou de 60 a 90%, com fotoperíodo de 12 horas de luz. As sementes utilizadas no experimento foram da espécie (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*), conhecida como Paricá.

Tratamentos e amostragens

Os tratamentos consistiram na aplicação combinada de Cálcio (0,5 e 50 mmol L⁻¹), e Boro (25 e 250 µmol L⁻¹), aplicados em conjunto, descritos a seguir: B+Ca suficiente (Controle); B suficiente+Ca alto (BS+CaA); B alto+Ca suficiente (BA+CaS) e



B+Ca alto (BA+CaA). A solução nutritiva foi preparada com base na solução completa de Hoagland & Arnon (1950), modificada para atender os tratamentos aplicados. A mesma foi, composta por KNO_3 2,3 mol L^{-1} , CaNO_3 1,1 mol L^{-1} , $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 0,6 mol L^{-1} , MgSO_4 1,7 mol L^{-1} , KCl - 0,3 mol L^{-1} , KH_2PO_4 1,2 mol L^{-1} , Micronutrientes -1,1 mol L^{-1} , H_3BO_3 1,2 mol L^{-1} , Fe+EDTA 2,6 mol L^{-1} . O B e Ca foram fornecidos com H_3BO_3 e CaCl_2 respectivamente.

A solução nutritiva foi aplicada 15º dias após a germinação, com 50% da solução completa, para a adaptação das plântulas, ao 30º dia aplicou-se a solução completa e os tratamentos, permanecendo por mais 30 dias até a colheita das plantas. O delineamento foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos e cinco repetições.

A taxa fotossintética líquida de folhas individuais e transpiração foram mensuradas utilizando o medidor de fotossíntese portátil, modelo LI-6400 (LI-COR, Lincoln Nebraska, EUA), entre 8 e 11 horas da manhã. Para a extração do ácido ascórbico (ASC) foi utilizada a metodologia descrita por Wu et al. (2006) e a determinação utilizando o método de Cakmak & Marschner (1992). O Extravasamento de eletrólito (EL), foi realizado de acordo com Gong et al. (1998).

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análises de variância (ANOVA) e as diferenças significativas entre as médias foram determinadas utilizando o teste Skott-Knott. Os desvios padrão foram calculados para cada tratamento e as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SAS.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve alterações significativas no conteúdo de ASC nas folhas e raízes, bem como para EL na raiz pela combinação de B e Ca (**Figura 1A, B, C, D**).

Foram observados aumentos no conteúdo de ASC nas folhas de 89,90; 112,24 e 187,24%, com aplicação de BA+CaS; BS+CaA e BA+CaA, respectivamente, quando comparados ao controle (**Figura 1A**). Para o conteúdo de ASA nas raízes, observou-se o mesmo comportamento, incrementos de 28,14; 38,19 e 85,93%, para os mesmos tratamento citados acima (**Figura 1B**).

O aumento do ASC nas folhas e raízes pode estar relacionado ao estresse oxidativo sofrido pela planta, com a elevação do peróxido de hidrogênio, ocasionado pelo excesso de cálcio e boro, o que resultou na utilização do ASC como antioxidante, corroborando assim com as ideias de Wang et al. (2011), que descreveram o ASC como removedor de

ROS nas células vegetais. Resultados semelhantes foram observados no trabalho de Cervilla et al. (2007), estudando o estresse oxidativo e antioxidantes em plantas de *Solanum lycopersicum* submetidas a toxicidade de boro. No trabalho de Khan et al. (2010) eles observaram que a aplicação de CaCl_2 induziu a atividade antioxidante revertendo o efeito inibidor do estresse, o que se assemelha com esse estudo, pois o teor de ASC foi maior quando houve aplicação de Ca na alta concentração.

O EL nas folhas tiveram acréscimos de 3,24; 7,98 e 12,42%, e nas raízes 11,39; 13,17 e 22,79%, com aplicações de BA+CaS, BS+CaA e BA+CaA, respectivamente, comparado ao controle (**Figura 1 C e D**). Entretanto, somente o EL na raiz foi significativo.

Este aumento, também está relacionado com o estresse oxidativo, pois o mesmo induz um desacoplamento de alguns componentes da cadeia de transporte de elétrons, resultando na fuga dos elétrons (Arbona & Cadenas, 2012). Nas folhas, apesar de acréscimos ocorridos nos valores de EL, os mesmos não foram significativos, esse fato pode ser explicado pelo papel que o Ca exerce na membrana, onde, através das ligações fosfolípidos, estabiliza bicamadas de lipídios e, assim, fornece integridade na estrutura da membrana celular (Khan et al., 2010). Siddiqui et al. (2013) também observaram resultados semelhantes em excesso de B em rabanete (*Raphanus sativus* L.).

A taxa fotossintética reduziu significativamente com as aplicações combinadas de boro e cálcio. A maior redução foi de 44,14% com B e Ca em excesso, comparados ao controle (**Figura 1E**). No entanto, a taxa de transpiração aumentou com as aplicação dos tratamentos, sendo o maior aumento de 13,94%, porém não significativa (**Figura 1F**).

O decréscimo na taxa fotossintética líquida está associado aos danos causados nos cloroplastos, devido ao estresse oxidativo provocado pelo excesso de B e Ca. De acordo com Foyer & Noker (2005), os cloroplastos são os primeiros locais a serem atingidos pelas cargas oxidativas provocada pelos diversos estresses ambientais. Nos trabalhos de Landi et al. (2013) e Hossain et al. (2015), estudando o excesso de B em *Cucurbita pepo* L./*Cucumis sativus* L. e *Brassica napus* L., respectivamente, observaram resultados semelhantes ao deste estudo. Wang et al. (2010), observaram que o excesso de cálcio em *Camellia sinensis* L., pode causar a destruição da estrutura dos cloroplastos, danificar a membrana do fotossistema II, além de bloquear a taxa fotossintética e diminuir a eficiência do uso da luz.

A taxa de transpiração não foi afetada, discordando da pesquisa de Farhat et al. (2015), onde o excesso de CaCl_2 , reduziu a taxa de



transpiração, devido ao fechamento dos estômatos em plantas de *Sulla carnososa*.

CONCLUSÕES

A interação de altos níveis de B e Ca reduziram drasticamente a fotossíntese das plantas jovens de *S. parayba*.

O ASC foi aumentado como um mecanismo de defesa da espécie contra o excesso de B e Ca.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho nacional de pesquisa-CNPq, pelas bolsas de estudo e Fundação Amazônia Paraense pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, D. H. de; SCALIANTE, R. de M.; MACEDO, L. B. de. et al. Caracterização completa da madeira da espécie amazônica Paricá (*schizolobium amazonicum* herb) em peças de dimensões estruturais. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.37, n.6, p.1175-1181, 2013.

ARBONA, V. & CADENAS, A. G.; Antioxidant System in Citrus Under nutrient Stress Conditions: Latest Developments. A.K. Srivastava (ed.). Advances in Citrus Nutrition, 2012.

BLANKENAU, K. Cálcio nos solos e nas plantas. Informações agronômicas nº 117 – março, 2007.

CAKMAK I & MARSCHNER, H. Magnesium deficiency and high light intensity enhance activities of superoxide dismutase, ascorbate peroxidase, and glutathione reductase in bean leaves. Plant Physiol 98:1222-1227, 1992.

CERVILLA L.M.; BLASCO, B.; RÍOS, J.J. et al. Oxidative stress and antioxidants in tomato 253 (*Solanum lycopersicum*) plants subjected to boron toxicity. Ann Bot 100:747-756, 2007.

FARHAT, N.; SASSI, H.; ZORRIG, W. et al. Is excessive Ca the main factor responsible for Mg deficiency in *Sulla carnososa* on calcareous soils? J Soils Sediments, 2015.

FOYER, C. H. & NOCTOR, G. Oxidant and antioxidant signalling in plants: a re-evaluation of the concept of oxidative stress in a physiological context. Plant, Cell and Environment, 1056–1071, 2005.

GONG M.; LI, Y.J.; CHEN, S.Z. Abscisic acid-induced thermotolerance in maize seedlings is mediated by calcium and associated with antioxidant systems. J Plant Physiol 153:488-496, 1998.

HOAGLAND, D.R. & ARNON, D. I. The water culture method for growing plants without soils. Berkeley: California Agricultural Experimental Station. 1950. 347p.

HOSSAIN, MD.F.; SHENGGANG, P.; MEIYANG, D. et al. Photosynthesis and antioxidant response to winter rapeseed (*brassica napus* l.) as affected by boron. Pak. J. Bot., 47(2): 675-684, 2015.

KHAN, M. N.; SIDDIQUI, M. H.; MOHAMMAD, F.; NAEEM, M.; KHAN, M. M. A. Calcium chloride and gibberellic acid protect linseed (*Linum usitatissimum* L.) from NaCl stress by inducing antioxidative defence system and osmoprotectant accumulation. Acta Physiol Plant 32:121–132. DOI 10.1007/s11738-009-0387-z, 2010.

LANDI, M. REMORINI, D. PARDOSSI, A. GUIDI, L. Boron excess affects photosynthesis and antioxidant apparatus of greenhouse *Curcubita pepo* and *Cucumis sativus*. J Plant Res DOI:10.1007/s10265-013-0575-1, 2013.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p

MANFREDINI, D. Cálcio e boro para soja – perene: características anatômicas e agronômicas e concentração de nutrientes. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo: Escola superior de agricultura Luís de Queiroz, Piracicaba, 2008.

MARQUES, L. C. A evolução do conhecimento sobre o Paricá para o reflorestamento no Estado do Pará. Comunicado técnico 158. Belém, 2006.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. User's guide. Cary: SAS Institute, 2002. 525p.

SIDDIQUI, M. H.; AL-WHAIBI, M. H.; SAKRAN, A. M. et al. Calcium-Induced Amelioration of Boron Toxicity in Radish. J Plant Growth Regul. 32:61–71. DOI 10.1007/s00344-012-9276-6, 2013.

TROEH, R.F. & THOMPSON, L.M. Solos e fertilidade do solo. São Paulo: Andrei, 2007.p.63.

WANG, J. Z.; TAO, S. T.; QI, K. J. et al. Changes in photosynthetic properties and antioxidative system of pear leaves to boron toxicity. African Journal of Biotechnology Vol. 10(85), pp. 19693-19700, DOI: 10.5897/AJB11.2608, 2011.

WANG, Y.; ZHANG, L.; SUN, Q. Effects of excessive calcium fertilization on photosynthetic characteristics and chloroplast ultra -structure of tea tree. Plant Nutrition and fertilizer science, 432-438, 2010.

WU, Q.S.; XIA, R.X.; ZOU, Y.N. Reactive oxygen metabolism in mycorrhizal and non-mycorrhizal citrus (*Poncirus trifoliata*) seedlings subjected to water stress. J Plant Physiol 163:1101-1110, 2006.

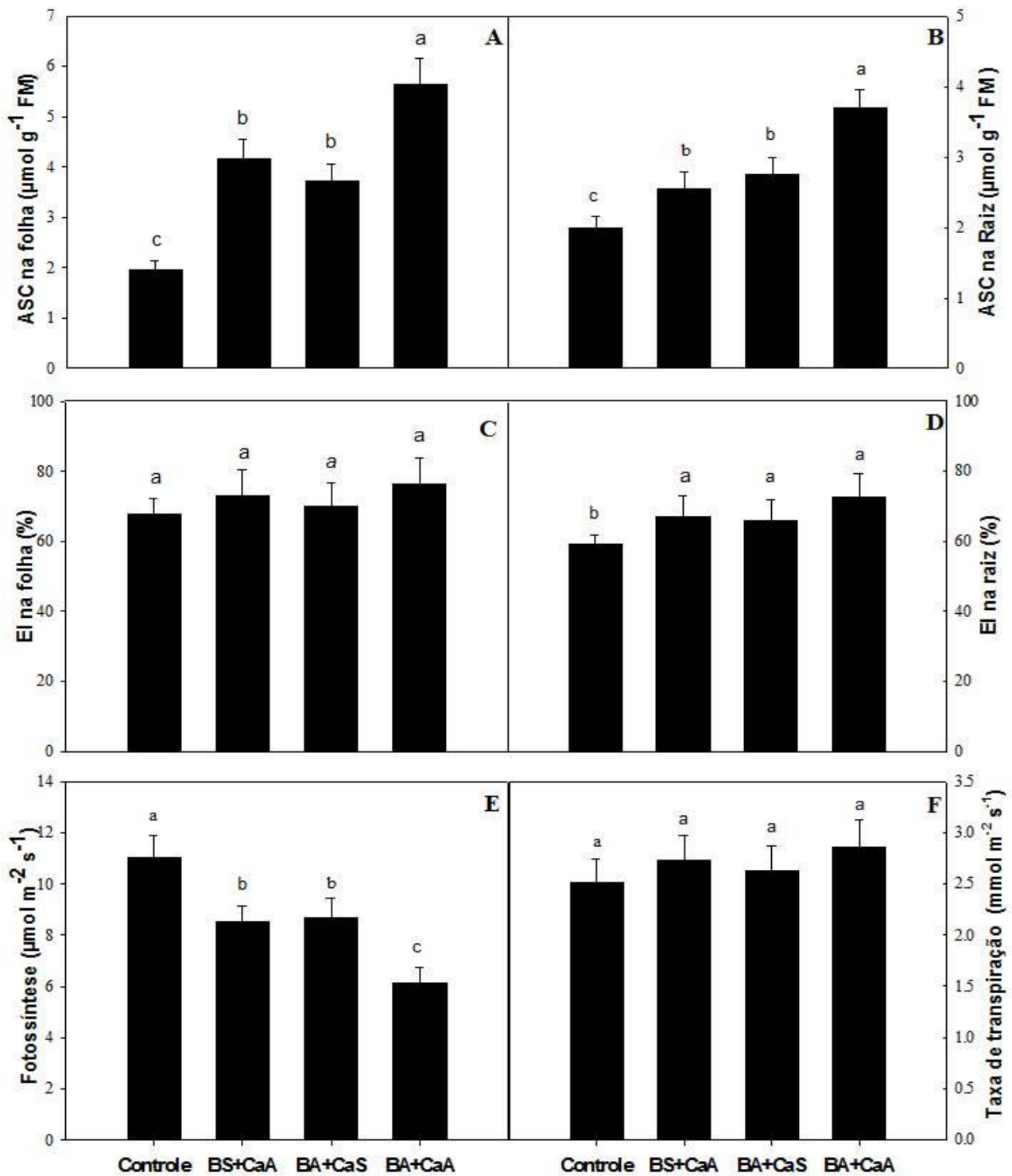


Figura 1: Conteúdo de Ácido ascórbico na folha (A); ácido ascórbico na raiz (B); extravasamento de eletrólito na folha (C); extravasamento de eletrólito na raiz (D); Fotossíntese (E); Taxa de transpiração (F), em plantas jovens de *S. parahyba* submetidas a níveis de B e Ca.