

ADUBAÇÃO SILICATADA E O CRESCIMENTO DE MUDAS DE CAFEIEIRO¹

Leandro da Silva^{2,4}; Rômulo Augusto Ramos²; Fernando César Bachiega Zambrosi³; Cristiano Alberto de Andrade³; Sérgio Parreiras Pereira³; Rafael Vasconcelos Ribeiro^{3,5}

¹Trabalho financiado pelo Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café - CBP&D/Café

²Pós-graduando, Instituto Agronômico, Campinas-SP

³Pesquisador, DSc., Instituto Agronômico, Campinas-SP, rafael@iac.sp.gov.br

⁴Bolsista de mestrado - Fapesp

⁵Bolsista de produtividade em pesquisa - CNPq

RESUMO: Alguns estudos têm indicado o papel benéfico do silício (Si) no crescimento de plantas cultivadas, promovendo maior acúmulo de fitomassa. O objetivo desse trabalho foi avaliar os efeitos de Si no crescimento inicial de mudas de cafeeiro arábica cv. Catuaí Vermelho submetidas a concentrações crescentes de Si no solo. O experimento foi conduzido em vasos e as plantas crescidas em condição de casa-de-vegetação. A partição de massa seca entre raízes, caule e folhas e a composição química dos tecidos vegetais e do solo foram avaliados em plantas submetidas ao equivalente a 750, 1500, 3000 e 6000 kg silicato de cálcio ha⁻¹. Avaliações biométricas foram realizadas no início do estudo, antes da imposição dos tratamentos, e aos 35, 85 e 130 dias após o início do experimento. Avaliações nutricionais nos tecidos vegetais foram realizadas após 130 dias, ao passo que a composição química do solo foi avaliada aos 35, 85 e 130 dias após o início do experimento. O tratamento controle não recebeu a aplicação do silicato de cálcio. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial, com três ou quatro repetições. O único nutriente que foi diferencialmente afetado pelos tratamentos foi o cálcio no solo e na planta, com teores superiores aos recomendados. Após 130 dias do início do experimento, as plantas tratadas com Si apresentaram restrição do crescimento, com menor acúmulo de massa seca nas raízes e no caule e menor altura. Em relação à altura, as plantas submetidas à adubação silicatada apresentaram desenvolvimento satisfatório embora inferior às plantas controle, com incremento diário na altura compatível com o esperado em cafeeiros bem nutridos. Já o acúmulo de fitomassa nas raízes e no caule foi reduzido e representa um efeito negativo da adubação silicatada. Esses efeitos ocorreram a partir da primeira concentração de silicato de cálcio e em geral foram intensificados com o aumento das doses. A provável causa reside no alto conteúdo de cálcio observado no solo e nos tecidos dos cafeeiros, o que poderia induzir maior resistência da parede celular à expansão e assim afetar o crescimento.

Palavras-chave: *Coffea arabica*, nutrição, silício

SILICATE FERTILIZATION AND GROWTH OF YOUNG COFFEE PLANTS

ABSTRACT: Some studies have indicated the beneficial role of silicon (Si) on crop growth, promoting higher phytomass production. The aim of this work was to evaluate the effects of Si on the initial growth of young coffee plants cv. Catuaí Vermelho subjected to increasing soil Si concentration. This study was carried out with potted-plants grown under greenhouse conditions. Dry mass partitioning in roots, stems and leaves as well as the chemical composition of plant tissues and soil were evaluated in plants subjected to 750, 1500, 3000 and 6000 kg calcium silicate ha⁻¹. Biometric evaluations were taken at the beginning, before treatments, and after 35, 85 and 130 days. Nutritional evaluations in plant tissues were done after 130 days, whereas chemical composition of soil was evaluated at 35, 85 and 130 days after the beginning of the experiment. The control treatment did not receive calcium silicate. The experimental design was in random blocks in a factorial scheme, with three or four replications. Only calcium concentration in both soil and plant was differentially affected by Si treatments, with values being higher than the general recommendation. After 130 days of the experiment beginning, plants treated with Si showed impairment of growth, with lower phytomass accumulation in roots and stems and lower plant height as compared to control plants. Regarding height, plants subjected to silicate fertilization showed satisfactory development even being lower than control plants, with daily increase of height similar to the expected for well fertilized coffee plants. The phytomass accumulation in roots and stems was reduced and represents a negative effect of the silicate fertilization. These effects were occurred from the first calcium silicate concentration and in general were intensified with increasing doses. A probable cause is the high calcium content noticed in soil and in coffee tissues, which could induce higher resistance of cell wall to elongation and than affects plant growth.

Key words: *Coffea arabica*, nutrition, silicon

INTRODUÇÃO

O efeito da nutrição mineral é quase sempre analisado em termos de aumento de produtividade, sendo o efeito benéfico do silício (Si) reconhecido em espécies cultivadas (Epstein, 1999). O Si é um elemento que confere resistência às plantas a múltiplos fatores de estresse e não causa danos às plantas quando acumulado nos tecidos (Epstein, 1999). Além disso, a utilização de Si tem importância prática no contexto agrícola, uma vez que o resíduo de siderurgia com

altos teores de Si pode ser utilizado para correção da acidez dos solos. Estudos têm indicado o papel benéfico de Si no crescimento de plantas cultivadas, tais como maior acúmulo de fitomassa e aumento da massa foliar específica (Marschner, 1995; Epstein, 1999). De modo geral, a utilização de Si resulta em aumentos significativos no crescimento e na produtividade de gramíneas e de plantas de feijão, alfafa, tomate, alface, pepino e repolho (Marschner, 1995).

O Si pode estimular o crescimento e a produção vegetal devido a variações na arquitetura das plantas, tornando as folhas mais eretas, reduzindo o auto-sombreamento, atrasando a senescência, reduzindo a suscetibilidade ao acamamento, aumentando a rigidez estrutural dos tecidos e conferindo proteção contra estresses bióticos e abióticos, como a redução da toxidez por Al, Mn, Fe, Cd, B e Na (Marschner, 1995). Santos Botelho (2002) reportou influência positiva da adubação silicatada na área foliar de mudas de cafeeiro em casa de vegetação. Entretanto, os efeitos do Si na cultura do cafeeiro ainda são pouco conhecidos, em especial quando consideradas plantas crescendo em condições ótimas de suprimento hídrico e sem pressão biótica.

O objetivo desse trabalho foi avaliar os efeitos de Si no crescimento inicial de mudas de cafeeiro submetidas a concentrações crescentes de silicato de cálcio no solo, conduzidas sob boa disponibilidade hídrica em condição de casa-de-vegetação.

MATERIAL E MÉTODOS

O solo utilizado nesse estudo foi coletado na camada de 0 a 20 cm em área de cerrado, localizada no Centro Experimental do Instituto Agronômico, Campinas/SP. Após a coleta, o solo foi peneirado e acondicionado em vasos plásticos para secagem. Os resultados da análise química do solo (Raij et al., 2001) são apresentados a seguir: pH (CaCl₂) 4,3; P 3,0 mg dm⁻³; S 14 mg dm⁻³; B 0,29 mg dm⁻³; Cu 2,3 mg dm⁻³; Fe 65 mg dm⁻³; Mn 3,3 mg dm⁻³; Zn 0,5 mg dm⁻³; Al 5,0 mmol_c dm⁻³; Ca 7,0 mmol_c dm⁻³; Mg 3,0 mmol_c dm⁻³; K 0,9 mmol_c dm⁻³; SB 10,9 mmol_c dm⁻³; CTC (pH 7,0) 49 mmol_c dm⁻³; V 22% e MO 28 g dm⁻³. Sessenta mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) cv. Catuaí Vermelho com aproximadamente seis meses foram transplantadas para vasos plásticos (20 L) contendo o solo descrito e mantidas em condição de casa-de-vegetação.

A adubação do solo correspondeu à aplicação dos nutrientes nas seguintes doses, em mg kg⁻¹ de solo: 60 de N, 200 de P e 100 de K, fornecidos na forma de fosfato monoamônico (MAP) e cloreto de potássio (KCl). No mesmo momento, calcário dolomítico foi aplicado com dose calculada para elevar a saturação por bases a 50%, utilizando 1 g kg⁻¹ de solo. Este procedimento foi realizado para todos os vasos, independentemente do fornecimento do silicato de cálcio, tendo em vista que o principal objetivo do uso do fertilizante silicatado foi o fornecimento de Si e não a correção da acidez do solo. Antes da adubação silicatada, procedeu-se um teste para determinar o efeito do silicato de cálcio na variação da acidez do solo. Após incubação de 20 dias com umidade do solo a 80% da capacidade de campo, verificou-se que a variação máxima de pH (CaCl₂) foi de 0,55, o que não interferia de forma significativa sobre outros aspectos de fertilidade do solo e nutrição das plantas, uma vez que os nutrientes foram fornecidos em quantidades suficientes. Os micronutrientes foram fornecidos via solução nutritiva após 30 dias do início do experimento.

Além do tratamento controle (sem adição de Si no solo), as plantas foram crescidas em solo contendo silicato de cálcio correspondendo a concentrações de 750, 1500, 3000 e 6000 kg ha⁻¹. Após o início do experimento, o solo foi mantido com umidade ao redor de 80% da capacidade de campo por um período de 130 dias. Três amostragens (35, 85 e 130 dias após o início dos tratamentos) foram realizadas para a análise do estado nutricional do solo e do desenvolvimento das plantas (massa seca de raiz, caule e folha, altura, diâmetro de caule, área foliar específica, área foliar e número de folhas). Na última amostragem aos 130 dias, realizou-se também a análise nutricional das plantas (raiz, caule e folha). A massa fresca das raízes, do caule e das folhas foi seca em estufa a 60 °C, sendo determinada posteriormente a massa seca. Esse material foi direcionado para a análise química de nutrientes e quantificação de silício após 130 dias. A altura das plantas, da base do caule até a base da gema apical, foi avaliada com régua simples. O diâmetro do caule foi medido na base do caule com paquímetro. A área foliar foi medida com um planímetro digital modelo LI-3100 (Licor, EUA). A área foliar específica foi calculada pela relação entre a área foliar e a massa seca das folhas. No caso do número de folhas, apenas as folhas com limbo foliar visível foram consideradas.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial, com três ou quatro repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A adubação silicatada causou elevação da soma de bases (SB) e da saturação de bases (V), em especial quando considerado o tratamento com 6000 kg ha⁻¹ de silicato de cálcio. Ainda, a adubação silicatada não causou alterações significativas nas disponibilidades de P, K e Mg no solo. Por outro lado, houve aumento do conteúdo de Ca no solo com a suplementação de silicato de cálcio (Figura 1b). As maiores diferenças entre os tratamentos foram observadas na primeira amostragem e o tratamento com 6000 kg ha⁻¹ de silicato de cálcio apresentou sempre o maior conteúdo de Ca no solo. Esse elemento foi o responsável pela elevação significativa de SB e V e pela redução de H+Al. Importante considerar que essas alterações no conteúdo de Ca no solo ocorreram sem variação significativa do pH.

O fornecimento de silicato de cálcio foi efetivo em elevar a disponibilidade de Si para as plantas com o solo do tratamento controle apresentando os menores teores desse elemento e o tratamento com 6000 kg ha⁻¹ os maiores teores (Figura 1d). Quando comparados esses dois tratamentos, houve um incremento de Si entre 2,1 (última amostragem) e

3,4 vezes (primeira amostragem). A análise nutricional das plantas após 130 dias não revelou alterações significativas no conteúdo de P, K e Mg devido à adubação silicatada. Os maiores níveis de P foram observados nas folhas, ao passo que as raízes apresentaram os maiores conteúdos de K e Mg. Os teores de P e K nas folhas estavam altos ou próximos do indicado para cafeeiros (Clemente et al., 2008). O teor foliar de Mg foi inferior ao recomendado por Clemente et al. (2008), entre 8,3 e 9,0 g kg⁻¹, todavia, superior ao indicado por Malavolta (1980). O conteúdo foliar de S não foi alterado pela adubação silicatada e permaneceu ao redor de 3,23 ± 0,03 g kg⁻¹, quando considerados todos os tratamentos. Esses valores estão acima do recomendado para cafeeiros, entre 1,5 e 2,0 g kg⁻¹ (Clemente et al., 2008).

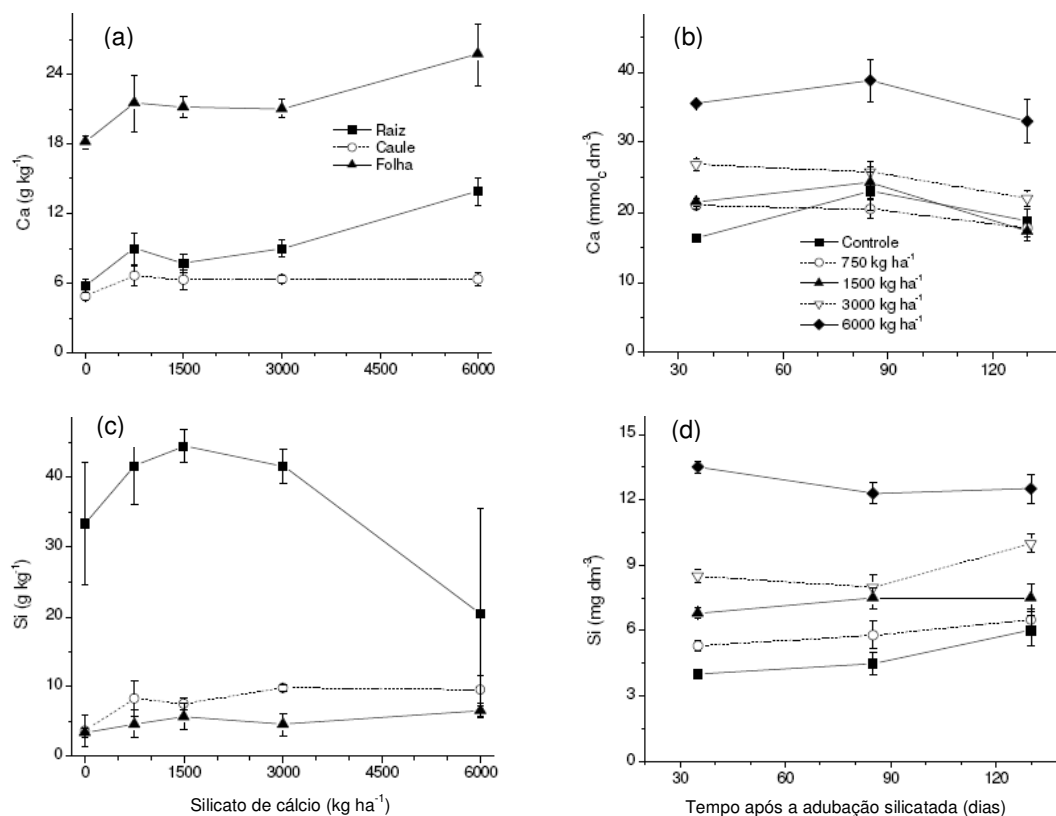


Figura 1 – Variação do teor de cálcio e silício em raízes, caules e folhas de cafeeiros (a,c) após 130 dias da adubação e no solo ao longo do período experimental (b,d) em função da adubação silicatada. Cada símbolo representa o valor médio de três repetições (± erro padrão).

O fornecimento de silicato de cálcio não causou variações significativas no conteúdo foliar de N, variando ao redor de 42 g kg⁻¹. O teor recomendado de N para cafeeiros varia entre 19,2 e 32,0 g kg⁻¹ (Clemente et al., 2008), sugerindo que as folhas continham entre 1,3 e 2,2 vezes mais N independentemente da disponibilidade de Si. Assim como em N, a adubação com silicato de cálcio não causou alterações significativas nos teores de micronutrientes e as plantas não apresentaram sintomas de toxidez, deficiência ou desvios no desenvolvimento. A suplementação com silicato de cálcio tendeu a elevar o teor de Si nas folhas e no caule das plantas, sendo observados incrementos de 1,9 e 2,7 vezes na folha e no caule, respectivamente, quando comparado o tratamento de 6000 kg ha⁻¹ com as plantas controle (Figura 1c). Os maiores teores de Si foram observados nas raízes, chegando a 45 g kg⁻¹ no tratamento com 1500 kg ha⁻¹ de silicato de cálcio.

O conteúdo de Ca nas plantas apresentou sensível incremento em função da adubação silicatada, em especial nas folhas e raízes (Figura 1a). Nas folhas, o tratamento com 6000 kg ha⁻¹ de silicato de cálcio induziu um aumento de 1,4 vez no teor de Ca quando comparado ao controle, ao passo que o teor desse nutriente nas raízes foi aumentado em 2,4 vezes. O teor de Ca nas folhas estava acima do recomendado para cafeeiros (entre 12,7 e 14,1 g kg⁻¹, Clemente et al., 2008). As plantas controle já apresentavam teor de Ca nas folhas acima do recomendado para cafeeiros (18 g kg⁻¹), sendo esse aspecto intensificado com a adubação silicatada. Comparando o teor foliar de Ca das plantas submetidas ao tratamento de 6000 kg ha⁻¹ de silicato de cálcio com o limite inferior recomendado por Clemente et al. (2008), nota-se um teor cerca de 2 vezes maior nas plantas tratadas.

Em relação ao crescimento das plantas, a adubação silicatada causou redução da massa seca do caule e das raízes após 130 dias de tratamento (Figura 2a,b). Essa redução foi detectada independente da dose de silicato utilizada. A massa seca total e de folhas não foram afetadas pelos tratamentos com Si. Da mesma forma, o número de folhas, a área foliar, a área foliar específica e o diâmetro do caule não sofreram variação significativa induzida pela aplicação de

silicato de cálcio. Por outro lado, a altura das plantas foi negativamente influenciada pela adubação silicatada (Figura 2c). O crescimento em altura das plantas foi de aproximadamente $2,8 \text{ mm d}^{-1}$ no tratamento com 6000 kg ha^{-1} . Esse valor foi superior ao encontrado por Silva et al. (2004) em cafeeiro arábica durante a fase de crescimento ativo, os quais apresentavam um crescimento de ramos de aproximadamente $1,5 \text{ mm d}^{-1}$. Logo, os cafeeiros submetidos à adubação silicatada apresentaram bom crescimento em altura, mesmo com os valores observados sendo inferiores aos das plantas controle.

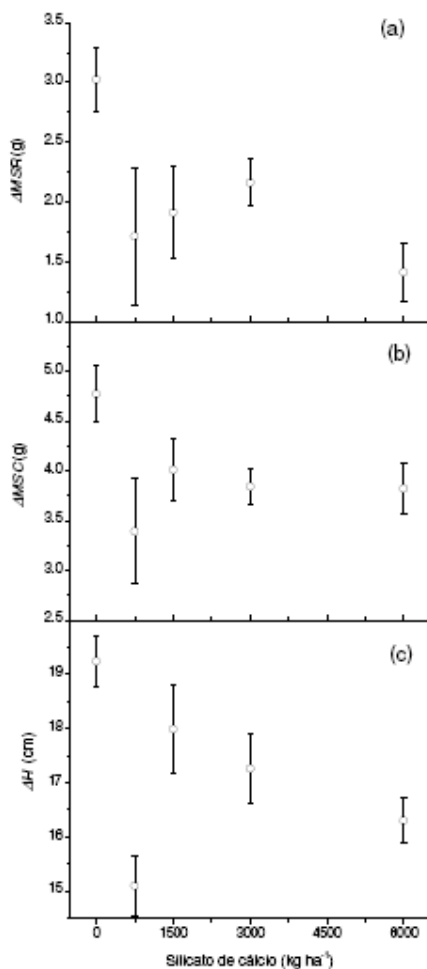


Figura 2 – Variação em 130 dias da massa seca das raízes (ΔMSR , em a) e do caule (ΔMSC , em b) e da altura (ΔH , em c) de cafeeiros jovens cultivados em condição controlada no solo em função da adubação silicatada. Cada símbolo representa o valor médio de quatro repetições (\pm erro padrão).

A variação da massa seca das raízes e do caule após 130 dias da adubação silicatada evidenciam o efeito negativo desta na produção de fitomassa das plantas (Figura 2a,b). Os efeitos negativos ocorreram a partir da primeira dose de silicato de cálcio e em geral foram intensificados com o aumento das doses quando considerada a massa seca da raiz e a altura das plantas. As plantas suplementadas com a maior dose de silicato de cálcio tiveram um incremento de massa seca da parte aérea de aproximadamente 98 mg d^{-1} , incremento que foi inferior a 147 mg d^{-1} conforme relatado por Nazareno et al. (2003) em cafeeiros jovens. Portanto, os resultados indicam menor produção de fitomassa na parte aérea de cafeeiros submetidos à adubação com silicato de cálcio, sendo essa resposta determinada pelo menor crescimento do caule.

Há relatos de que plantas suplementadas com Si são menos afetadas por estresses de origem biótica ou abiótica (Epstein, 1999). No entanto, nossos resultados indicam que a adubação com silicato de cálcio causou restrição no crescimento de plantas bem nutridas e em condição de boa disponibilidade hídrica. O único nutriente que foi diferencialmente afetado pelos tratamentos foi o Ca. Desde que esse elemento é constituinte da parede celular e afeta a resistência da mesma à extensão (Marschner, 1995), pode-se sugerir que os elevados conteúdos de Ca observados nas plantas tratadas com silicato de cálcio induziram maior resistência à deformação da parede celular e assim houve restrição no crescimento das plantas. Ainda, teores elevados de Ca no citossol podem levar a precipitação de proteínas, dentre as quais existem enzimas envolvidas no metabolismo de carbono (Marschner, 1995).

CONCLUSÕES

Plantas jovens de cafeeiro arábica cv. Catuaí Vermelho submetidas à adubação silicatada apresentaram menor incremento de fitomassa de raízes e de caule em condições de boa disponibilidade hídrica. Essa redução no crescimento foi associada ao maior teor de Ca nos tecidos vegetais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CLEMENTE, F.M.V.T.; CARVALHO, J.G.; GUIMARÃES, R.J.; MENDES, A.N.G. Faixas críticas de teores foliares de macronutrientes no cafeeiro em pós-plantio – primeiro ano. **Coffee Science**, Lavras, v.3, n.1, p.47-57, 2008.
- EPSTEIN, E. Silicon. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v.50, p.641-664, 1999.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 1980. 253p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 920p.
- NAZARENO, R.B.; OLIVEIRA C.A.S.; SANZONOWICZ C.; SAMPAIO J.B.R.; SILVA J.C.P.; GUERRA F.A. Crescimento inicial do cafeeiro Rubi em resposta a doses de nitrogênio, fósforo e potássio e a regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.8, p.903-910, 2003.
- RAIJ, B. VAN; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: IAC, 2001. 284p.
- SANTOS BOTELHO, D.M. **Efeito do silício na intensidade da cercosporiose (*Cercospora coffeicola* Berk. & Cooke) em mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. Universidade Federal de Lavras, Lavras/MG (Dissertação de Mestrado). 2002. 43p.
- SILVA, E.A.; DAMATTA F.M.; DUCATTI C, REGAZZI A.J.; BARROS R.S. Seasonal changes in vegetative growth and photosynthesis of Arabica coffee trees. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.89, n.2-3, p.349-357, 2004.