

EFICIÊNCIA NUTRICIONAL DAS VARIEDADES DE CAFEIEIRO ADUBADAS COM SILÍCIO PARA OS MACRONUTRIENTES

Adélia A. A. Pozza¹ E-mail: alana@ufla.br, Paulo T. G. Guimarães², Janice G. de Carvalho¹, Marcelo Montanari¹, Marcelo M. Romaniello²

¹UFLA - Depto de Ciência do Solo, Lavras, MG, ²EPAMIG – Centro Tecnológico do Sul de Minas, Lavras, MG.

Resumo:

Embora não seja considerado nutriente essencial às plantas, o silício é classificado como elemento benéfico ou útil podendo alterar a dinâmica nutricional das variedades de cafeeiro cada vez mais produtivas. Objetivando comparar a eficiência nutricional de variedades de cafeeiro (Catuaí, Mundo Novo e Icatu) para os macronutrientes em resposta à adubação silicatada, implantou-se um experimento em DIC, com mudas de três variedades combinadas com seis doses de silicato de cálcio (T0=0, T1=0,0625, T2=0,125, T3=0,25, T4=0,5 e T5=1,0g de CaSiO₃/dm³ de substrato). A variedade Icatu teve maior eficiência de utilização (EU) de N, K e Ca não diferindo da Mundo Novo para os nutrientes N e Ca, e maior eficiência de translocação (ET) de N e S. A Catuaí teve maior eficiência de absorção (EA) de P e K, não diferindo da Mundo Novo para estes nutrientes, maior EU para Mg, S e Si, provavelmente devido à melhor eficiência de translocação destes nutrientes exceto para Si. A Mundo Novo foi mais eficiente na absorção de N, K, Ca, Mg, Mn e Si, teve maior EU de P e Mn e maior ET de K, Ca, B, Mn e Si. O silicato alterou a eficiência nutricional das variedades de cafeeiro

Palavras-chave: eficiência de translocação, eficiência de absorção e eficiência de utilização, *Coffea arabica*, adubação, nutrição.

NUTRITIONAL EFFICIENCY OF COFFEE CULTIVARS FERTILIZED WITH SILICON - MACRO

Abstract:

The silicon is classified as useful element, which can alter the nutritional dynamics of more productive coffee cultivars, although it is not considered an essential nutrient to plants. In this way, an experiment was conducted in a totally randomized design, with out plants of three cultivars combined with six doses of calcium silicate (T0=0, T1=0.0625, T2=0.125, T3=0.25, T4=0.5, and T5=1.0g of CaSiO₃/dm³ of substrate), aiming to compare the nutritional efficiency of coffee cultivars (Catuaí, Mundo Novo and Icatu) in terms of response to Si-fertilization. The Icatu cultivar had more efficiency of utilization (EU) of N, K and Ca, not differing from Mundo Novo cultivar for N and Ca and having more efficiency of translocation (ET) for N and S. The Catuaí had more EA of P and K, not differing from Mundo Novo for this nutrients, higher EU for Mg, S and Si, probably because of a better ET of these nutrients with exception Si. The Mundo Novo was more efficient in N, K, Ca, Mg and Si uptake, had higher EU of P, and higher ET of K, Ca and Si. The fertilization with silicate altered the nutritional efficiency of coffee cultivars.

Key words: translocation efficiency, uptake efficiency, utilization efficiency, *Coffea arabica*, nutrition, and fertilization.

Introdução

A crescente demanda de nutrientes por variedades de cafeeiro, cada vez mais produtivas, assim como a expansão de lavouras de café para solos de baixa fertilidade exige melhor compreensão da dinâmica dos nutrientes nessa cultura, evitando-se assim problemas de deficiência nutricional, altamente prejudiciais aos programas de adubação (Reis Jr. & Martinez, 2002).

Vários mecanismos relacionados às características morfológicas e fisiológicas da planta contribuem para o uso eficiente de nutrientes, tais como: sistema radicular extenso (que possibilita a exploração de maior volume de solo), alta relação entre raízes e parte aérea, habilidade do sistema radicular em modificar a rizosfera (possibilitando superar baixos níveis de nutrientes), maior eficiência de absorção ou de utilização de nutrientes, capacidade de manter o metabolismo normal com baixo teor de nutrientes nos tecidos e alta taxa fotossintética (Fageria & Baligar, 1993).

O silício é classificado por muitos autores como elemento benéfico ou útil devido aos efeitos positivos observados, como: favorecer uma melhor arquitetura das plantas, reduzir a suscetibilidade ao estresse hídrico, aumentar a taxa fotossintética, além de alterar o pH da rizosfera das plantas. Mesmo sem possuir função fisiológica e nutricional, trabalhos indicam que o Si afeta o estado nutricional das culturas, como o cafeeiro (Santos, 2002) e o arroz (Ma & Takahashi, 1990). Dessa forma, acredita-se que influencie a absorção de nutrientes essenciais e a eficiência nutricional das plantas.

Tendo em vista esses fatores, o objetivo deste trabalho foi comparar a eficiência de absorção, de translocação e de utilização dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg, S e do elemento Si entre variedades de cafeeiro e o efeito de doses de silício na eficiência nutricional destas variedades.

Material e Métodos

O experimento foi implantado no viveiro de produção de mudas em tubetes da Fazenda Experimental da EPAMIG, Centro Tecnológico do Sul de Minas, Lavras, MG. Foram avaliadas três variedades de café, Catuaí Vermelho - IAC 99, Mundo Novo - IAC 379/19 e Icatu - IAC 2942. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com três variedades combinadas com seis doses de Si ($T_0=0$, $T_1=0,0625$, $T_2=0,125$, $T_3=0,25$, $T_4=0,5$ e $T_5=1,0$ g de $\text{CaSiO}_3/\text{dm}^3$ de substrato) com quatro repetições. A fonte de Si utilizada foi silicato de cálcio puro para análise (p.a com 64% de SiO_2). As parcelas foram constituídas por 16 tubetes de 120 cm^3 , considerando-se como parcela útil os seis centrais. A composição do substrato base, 80% de esterco e 20% de terra de subsolo, foi realizada utilizando-se um recipiente graduado. Os constituintes do substrato foram colocados em saco plástico, com capacidade para 60 litros, que foi movimentado para homogeneizar a mistura. As doses de Si foram adicionadas aos tratamentos e homogeneizadas pelo mesmo processo, por cerca de 2 minutos. Após o enchimento dos recipientes e umedecimento do substrato por meio de uma irrigação, foi realizado o transplântio, utilizando-se plântulas das três variedades de cafeeiro, no estádio de "palito de fósforo". As plântulas foram obtidas da sementeira em bandejas plásticas contendo areia lavada e foram colocadas em casa de vegetação até atingirem o estádio desejado. Após o transplântio foi feita a adubação com 0,75 g de fertilizante de liberação lenta (formulação 15-10-10 de NPK + micronutrientes) por tubete.

Aos sete meses após o transplântio, as mudas foram colhidas, separadas em parte aérea e raízes, secas em estufa (70°C) até atingirem peso constante, quando se obteve a biomassa de cada uma das partes. Os tecidos vegetais foram triturados em moinho tipo Wiley e as amostras destinadas às análises. O silício nos tecidos vegetais foi analisado segundo os métodos proposto por Gallo & Furlani (1978). Para determinar os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Zn, Fe e Mn, seguiram-se os métodos descritos por Malavolta et al. (1997). Para o estudo da eficiência nutricional foram utilizados conceitos propostos por diversos autores. Siddiqi & Glass (1981) utilizaram o modelo $[(\text{matéria seca total})^2/\text{conteúdo na matéria seca total}]$ para avaliar a eficiência de utilização (EU). Swiader et al. (1994) utilizaram o modelo (conteúdo total absorvido/matéria seca da raiz) para avaliar a eficiência de absorção (EA) e Li et al. (1991) utilizaram o modelo (conteúdo na parte aérea/ conteúdo na planta toda) para avaliar a eficiência de translocação (ET).

Foi realizada a análise de variância dos resultados. Em relação às doses de silício foi empregada a análise de regressão para constatar a dose de silício que promoveu as melhores eficiências nutricionais. Foi realizado o teste de Scott & Knott para comparar as variedades. O processamento dos dados foi feito utilizando-se o programa SISVAR. Escolheu-se o modelo de regressão que pudesse ser explicado biologicamente e testaram-se os coeficientes das equações.

Resultados e Discussão

Observaram-se diferenças significativas entre as variedades quanto à produção de matéria seca e eficiência de utilização (EU), absorção (EA) e translocação (ET) de macronutrientes (Tabela 1).

A maior biomassa foi observada para a variedade Mundo Novo, conforme esperado, pois, geneticamente, esta variedade possui maior porte, folhas maiores e abundantes (Matiello et al., 2002) e, conseqüentemente, maior biomassa. O contrário foi observado na variedade Icatu, a qual apresentou as menores produções de matéria seca de raízes e também de parte aérea (Tabela 1).

A EU é definida como a capacidade de utilização de nutrientes para síntese de biomassa (Souza, 1994). A EU do nutriente absorvido pela planta é tão importante quanto a eficiência de absorção dos nutrientes, quando se avalia a produção de biomassa em relação ao suprimento de nutrientes.

De acordo com os contrastes entre médias para EU, observou-se que a variedade Icatu sobressaiu-se com maior EU de N ($58,64 \text{ g}^2.\text{mg}^{-1}$), K ($120,81 \text{ g}^2.\text{mg}^{-1}$) e Ca ($161,48 \text{ g}^2.\text{mg}^{-1}$), não diferindo da Mundo Novo para os nutrientes N ($54,12 \text{ g}^2.\text{mg}^{-1}$) e K ($114,29 \text{ g}^2.\text{mg}^{-1}$). Estes resultados concordam com estudo realizado por Correia et al. (1983), em que a variedade Mundo Novo foi mais eficiente na utilização do N do que a Catuaí. Tomaz et al. (2003) também obtiveram maior EU do Ca para a variedade Mundo Novo ($1,012 \text{ g}.\text{mg}^{-1}$) em relação à Catuaí ($0,756 \text{ g}.\text{mg}^{-1}$) e não observaram diferenças quanto à ET e de absorção deste nutriente entre as variedades estudadas.

A maior EU do N pode ser atribuída à maior produção de biomassa pela parte aérea da variedade Mundo Novo. Vários estudos em outras culturas mostram o comportamento diferencial entre espécies ou variedades da mesma espécie na absorção e utilização de N (Fageria & Baligar, 1993; Wuest & Cassman, 1992). Furlani et al. (1986), avaliando o comportamento diferencial de linhagens de arroz na absorção e utilização de nitrogênio em solução nutritiva, verificaram que a diferenciação entre as plantas deveu-se principalmente, à capacidade de uso do N, como variação nos pesos de matéria seca total.

A EU do P ($541,76 \text{ g}^2.\text{mg}^{-1}$) foi maior na variedade Mundo Novo. A maior EU do P pode ser um fator de grande importância em condições limitantes deste mineral, pois a planta poderia produzir mais com uma menor exigência deste nutriente. Para Gerloff & Galbelman (1983), a maior EU pode ser devido à menor necessidade de fósforo para reações bioquímicas da planta, à maior redistribuição do nutriente para os pontos de crescimento e à maior mobilização do fósforo armazenado nos vacúolos das células. Abichequer & Bohnen (1998), avaliando a eficiência nutricional de variedades de trigo quanto ao fósforo, demonstraram que as variedades eficientes e ineficientes no aproveitamento do P da solução nutritiva diferenciaram-se quanto à capacidade de translocar o P para a parte aérea e utilizá-lo na produção de matéria seca. Whiteaker et al. (1976), em estudo com linhagens de feijão na produção de matéria seca na EU do fósforo, observaram que

sob estresse de P, a taxa fotossintética foi maior nas plantas mais eficientes do que, nas ineficientes. Com isso mostrou-se que a eficiência em P pode estar associada ao metabolismo fotossintético.

Tabela 1 - Produção média de matéria seca da parte aérea, raízes e total e, eficiência de utilização (EU), absorção (EA) e translocação (ET) de macronutrientes por mudas de três variedades de cafeeiro produzidas em tubetes.

Características	Catuai	Mundo Novo	Icatu	C.V.%
Mat. seca da P.A. (g)	1,50b	1,83a	1,54b	15,00
Mat. seca das raízes (g)	0,58a	0,54a	0,47b	18,64
Mat. seca total (g)	2,08b	2,38a	2,01b	14,51
EU de N ($g^2.mg^{-1}$)	43,88b	54,12a	58,63a	17,52
EA de N ($\mu g.g^{-1}$)	0,173b	0,196a	0,153c	16,45
ET de N (%)	50,31b	50,96b	56,02a	8,52
EU de P ($g^2.mg^{-1}$)	369,4c	541,76a	500,95 b	14,59
EA de P ($\mu g.g^{-1}$)	0,020a	0,019a	0,017b	12,93
ET de P (%)	51,79b	61,45a	52,65b	3,70
EU de K ($g^2.mg^{-1}$)	81,87b	114,29a	120,81a	17,83
EA de K ($\mu g.g^{-1}$)	0,092 a	0,093a	0,073b	15,32
ET de K (%)	45,43c	61,59a	55,21b	8,30
EU de Ca ($g^2.mg^{-1}$)	113,79c	139,07b	161,48a	16,67
EA de Ca ($\mu g.g^{-1}$)	0,066b	0,075a	0,055c	13,75
ET de Ca (%)	49,60b	54,73a	47,98b	6,92
EU de Mg ($g^2.mg^{-1}$)	406,84a	320,54b	263,77c	14,78
EA de Mg ($\mu g.g^{-1}$)	0,018b	0,033a	0,033a	13,16
ET de Mg (%)	52,46a	34,99c	48,29b	6,01
EU de S ($g^2.mg^{-1}$)	783,13a	486,38b	291,37c	25,62
EA de S ($\mu g.g^{-1}$)	0,010c	0,022b	0,030a	19,52
ET de S (%)	50,87a	24,88b	50,44a	13,65
EU de Si ($g^2.mg^{-1}$)	460,74a	255,65b	224,87b	25,64
EA de Si ($mg.g^{-1}$)	0,017b	0,046a	0,042a	30,63
ET de Si (%)	54,33b	65,74a	44,96c	13,67

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si por Scott&Knott 5%

Todos os valores dos parâmetros foram significativos, a 1% de probabilidade, pelo teste F.

A variedade Catuai teve maior EU para o Mg e o S, provavelmente devido à melhor ET destes nutrientes. Entretanto, Tomaz et al. (2003), avaliando a eficiência nutricional de Ca e de Mg em mudas de *Coffea arabica* e *C. canephora*, não observaram diferença quanto à ET e as variedades Catuai 15 e Conilon M.1 tiveram as menores EU do Mg. Quanto ao enxofre, Souza (1999) atribuiu a maior EU do S da cultivar Rubi ao maior sistema radicular, relacionada com a maior aquisição do nutriente no solo, tendo o mesmo tendo sido verificado neste experimento para a variedade Catuai (0,58 g de raízes secas). Essa variedade, segundo Matiello et al. (2002), possui bom sistema radicular, às vezes superior ao da Mundo Novo.

Para eficiência de absorção (EA), a variedade Mundo Novo sobressaiu-se com maior EA de N, P, K, Ca e Mg, não diferindo da Catuai para os nutrientes P e K e nem da Icatu para o Mg. Já a variedade Icatu absorveu mais S do que as outras. A variedade mais vigorosa e, portanto, com perspectivas de maior produção, possui um sistema radicular mais extenso, explora maior volume de solo e intercepta maior quantidade de nutrientes, facilitando a absorção.

A variedade mais eficiente na translocação do N e do S foi a Icatu, não diferindo da Catuai para o S. A Mundo Novo destacou-se na translocação de P, K e Ca, sendo a Catuai mais eficiente na translocação de Mg e S. Um possível fator determinante nessa maior EA e de translocação do S pela variedade Icatu seria a sua capacidade desta de redistribuir as frações solúvel e insolúvel de S das folhas maduras para as folhas novas, dependendo do estado nutricional da planta (Sunarpi & Anderson, 1996).

Observou-se diferença significativa para eficiência de translocação (ET) de P na variedade Mundo Novo com as doses de silício, entretanto, nenhum dos modelos testados apresentou ajuste aos dados. Para essa variedade, observou-se redução na ET com o aumento das doses de silicato somente até 0,25 $g.kg^{-1}$, após esse valor houve novo aumento (Figura 1A). Em arroz, Méndez Baldeon (1995) testou o uso do termofosfato magnésiano, do superfosfato triplo e do superfosfato triplo mais calagem. O efeito favorável do termofosfato sobre o aproveitamento do P foi devido, provavelmente, à sua capacidade de elevar o pH do meio e não devido à competição entre o Si do termofosfato e o P pelos mesmos sítios de adsorção no solo. Nesse experimento, a competição do fosfato com o silicato reduziu a ET do P para a variedade Mundo Novo.

Não houve interação significativa para a EA de N, P, K, Ca, Mg e S e translocação de N, K, Ca, Mg e S, embora tenha havido diferença ($P = 0,05$) entre as doses de Si para ET de K, independentemente da variedade (Figura 1C). Para as variáveis ET de P da variedade Icatu (Figura 1B) e EU do Mg da Mundo Novo (Figura 1D), observaram-se diferenças significativas a 1% pelo teste de Scott & Knott, para ambas. Embora os modelos de regressão testados não tenham se ajustado aos dados para explicar estes fenômenos, pôde ser observada a diferença entre a testemunha sem silício e as outras doses. Ocorreu aumento da eficiência nutricional com o aumento das doses de Si em relação à dose zero de CaSiO_3 . Houve aumento de 12,44% de ET de P para a variedade Icatu, 13,01% de ET de K, independentemente da variedade e 43,02% de aumento da EU de Mg pela variedade Mundo Novo para a dose 0,125g de $\text{CaSiO}_3 \cdot \text{dm}^3$ de substrato (Figuras 2A, B e C, respectivamente).

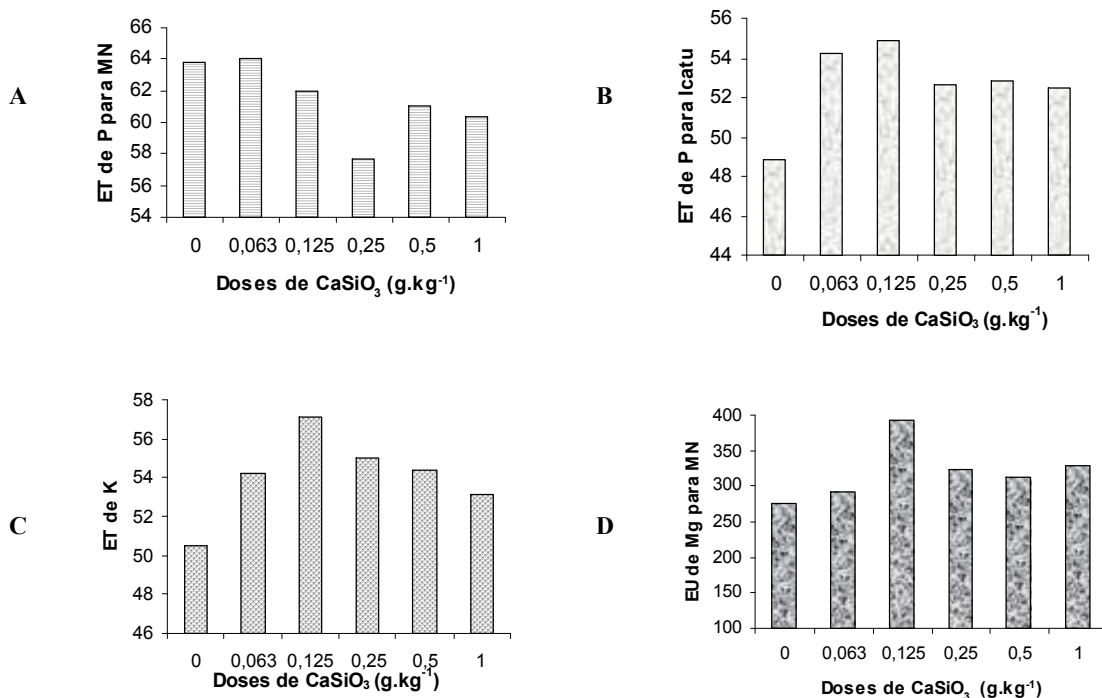


Figura 2 - (A) Eficiência de translocação (ET) de P para Mundo Novo, (B) Eficiência de translocação (ET) de P para Icatu, (C) ET média de K no cafeeiro e (D) eficiência de utilização (EU) do Mg pela variedade Mundo Novo (MN), em função das doses de silicato de cálcio (CaSiO_3) aplicadas ao substrato de plantio.

Conclusões

A Mundo Novo foi a variedade com maior peso da parte aérea e total. Além de ter sido a mais eficiente na absorção de N, P, K, Ca, Mg e Si, teve maior EU de N, P e K e maior translocação de P, K, Ca e Si, sendo considerada a mais eficiente nutricionalmente. A adubação com silicato alterou a eficiência nutricional das variedades de cafeeiro, principalmente das variedades Icatu e Mundo Novo e praticamente não alterou a eficiência nutricional da Catuaí.

Referências bibliográficas

Abichequer, A. D.; Bohnen, H. Eficiência de absorção, translocação e utilização de fósforo por variedades de trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n. 1, p. 21-26, jan./mar. 1998.

Correia, J. B.; Garcia, A. W. R.; Costa, P. C. Extração de nutrientes pelos cafeeiros Mundo Novo e Catuaí. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 10., 1983, Poços de Caldas. **Anais...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1983. p. 117-183.

Fageria, N. K.; Baligar, V. C. Screening crop genotypes for mineral stresses. In: WORKSHOP ON ADAPTATION OF PLANTS TO SOIL STRESSES, 1993, Lincoln. **Proceedings...** Lincoln: University of Nebraska, 1993. p. 142-159.

- Furlani, A. M. C.; Bataglia, O. C.; Azzini, L. E. Comportamento diferencial de linhagens de arroz na absorção e utilização de nitrogênio em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 10, n. 1, p. 51-59, jan./abr. 1986.
- Gallo, J. R.; Furlani, P. R. Determinação de silício em material vegetal pelo método colorimétrico do azul de molibdênio. **Bragantia**, Campinas, v. 37, n. 2, p. 5-11, jan. 1978.
- Gerloff, G. C.; Gabelman, W. H. Genetic basis of inorganic plant nutrition. In: LÄUCHLI, A.; BIELESKI, R. L. (Ed.). **Inorganic plant nutrition**. Berlin: Springer-Verlag, 1983. p. 453-480. (Encyclopedia of Plant Physiology, v. 15B)
- Li, B.; Mckeand, S. E.; Allen, H. L. Genetic variation in nitrogen use efficiency of loblolly pine seedlings. **Forest Science**, Bethesda, v. 37, n. 2, p. 613-626, June 1991
- Ma, J.; Takahashi, E. Effect of silicon on the growth and phosphorus uptake of rice. **Plant and Soil**, The Hague, v. 126, n. 1, p. 115-119, Aug. 1990.
- Malavolta, E.; Vitti, G. C.; Oliveira, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. revisada e atualizada. Piracicaba: POTAFOS, 1997.
- Matiello, J. B.; Santinato, R.; Garcia, A. W. R.; Almeida, S. R.; Fernández, D. R. **Cultura do café no Brasil – novo manual de recomendações**. Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2002. 386 p.
- Méndez Baldeon, J. R. **Efeito da ação alcalinizante e da competição entre silicato e fosfato na eficiência do termofosfato magnesiano em solos ácidos**. 1995. 88 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- Reis Jr, R. A.; Martinez, H. E. P. Adição de Zn e absorção, translocação e utilização de Zn e P por variedades de cafeeiro. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 59, n. 3, p. 537-542, 2002.
- Santos, D. M. dos. **Efeito do silício na intensidade da cercosporiose *Cercospora coffeicola* Berk. & Cooke) em mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. 2002. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- Siddiqi, M. Y.; Glass, A. D. M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. **Journal Plant Nutrition**, New York, v. 4, n. 3, p. 289-302, 1981.
- Souza, M. E. **Correlação adulto juvenil para eficiência nutricional e comportamento de clones de *Eucalyptus grandis* em dois níveis de fertilidade do solo**. 1994. 102 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- Souza, R. B. **Níveis críticos de enxofre em solos e em folhas de cultivares de café**. 1999. 88 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- Sunarpi & Anderson, J. W. Effect of sulfur nutrition on the redistribution of sulfur in vegetative soybean plants. **Plant Physiology**, Rockville, v. 112, n. 2, p. 623-631, Oct.
- Swiader, J. M.; Chyan, Y.; Freiji, F. G. Genotypic differences in nitrate uptake and utilization efficiency in pumpkin hybrids. **Journal Plant Nutrition**, New York, v. 17, n. 10, p. 1687-1699, 1994.
- Tomaz, M. A.; Silva, S. R.; Sakiyama, N. S.; Martinez, H. E. P. Eficiência de absorção, translocação e uso de cálcio, magnésio e enxofre por mudas enxertadas de *Coffea arabica*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 885-892, set./out. 2003.
- Whiteaker, G.; Gerloff, G. C.; Gabelman, W. H. et al. Intraspecific differences in growth of beans at stress levels of phosphorus. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 101, n. 4, p. 472-475, July 1976.
- Wuest, S. B.; Cassman, K. G. Fertilizer-nitrogen use efficiency of irrigated wheat. I uptake efficiency of preplant versus late-season application. **Agronomy Journal**, Madison, v. 84, n. 4, p. 682-688, July/Aug. 1992.