

EFICIÊNCIA NUTRICIONAL DAS VARIEDADES DE CAFEEIRO ADUBADAS COM SILÍCIO PARA OS MICRONUTRIENTES

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

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

Resumo:

Para comparar a eficiência nutricional de variedades de cafeeiro (Catuaí, Mundo Novo e Icatu) para micronutrientes, 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 absorção (EA) de Cu, Zn, Fe e Si, maior eficiência de utilização (EU) de B e Mn não diferindo da Mundo Novo para o Mn e maior eficiência de translocação de Zn e de Fe. A Catuaí teve maior EA de B e Mn, não diferindo da Mundo Novo para o Mn, maior EU para Cu, Zn, Fe e Si, provavelmente devido à melhor ET destes nutrientes, exceto para Fe e Si. A Mundo Novo foi mais eficiente na absorção de Mn e Si, teve maior EU de Mn e maior ET de B, Mn e Si. A adubação com silicato alterou a eficiência nutricional das variedades de cafeeiro.

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

NUTRITIONAL EFFICIENCY OF COFFEE CULTIVARS FERTILIZED WITH SILICON - MICRO

Abstract:

A 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 uptake (EA) of Cu, Zn, Fe, and Si, and more efficiency of utilization (EU) of B, and Mn, not differing from Mundo Novo cultivar for Mn, and having more efficiency of translocation (ET) for Zn, and Fe nutrients. The Catuaí had more EA of B, and Mn, not differing from Mundo Novo for Mn, higher EU for Cu, Zn, Fe, and Si, probably because of a better ET of these nutrients with exception of Fe and Si. The Mundo Novo was more efficient in Mn and Si uptake, had higher EU of Mn, and higher ET of B, Mn, and Si. The fertilization with silicate altered the nutritional efficiency of coffee cultivars.

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

Introdução

Um dos grandes desafios da agricultura moderna é a utilização de estratégia de adaptação de plantas a solos de baixa fertilidade. Nestes casos, existem duas alternativas: elevar a fertilidade dos solos pelo uso de corretivos e fertilizantes ou empregar variedades nutricionalmente eficientes. O conceito de eficiência de plantas na utilização de um nutriente engloba processos pelos quais elas absorvem, translocam, acumulam e utilizam melhor este nutriente para a produção de matéria seca ou grãos, em condições nutricionais normais ou adversas. A exigência nutricional e o crescimento das plantas variam de acordo com a espécie e a cultivar (Fageria, 1998; Martinez et al., 1993), dependendo da sua eficiência de absorção (Swiader et al., 1994; Sands & Mulligan, 1990), de translocação (Li et al., 1991) e de uso dos nutrientes (Siddiqi & Glass, 1981; Sands & Mulligan, 1990).

Embora não seja considerado nutriente essencial às plantas, 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 micronutrientes B, Cu, Zn, Fe, Mn e 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 (Catuaí, Mundo Novo e Icatu) 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 $CaSiO_3/dm^3$ 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 semeadura 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 [(matéria seca total)²/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 quanto à eficiência nutricional entre as variedades Catuaí, Mundo Novo e Icatu (Tabela 1) para os micronutrientes. Todas as variedades diferiram entre si a 1% de probabilidade pelo teste F e as médias foram comparadas pelo teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade.

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

Parâmetros	Catuaí	Mundo Novo	Icatu	C.V.%
EU de B ($mg^2 \cdot \mu g^{-1}$)	24,21c	37,08b	45,49a	18,66
EA de B ($\mu g \cdot g^{-1}$)	0,311a	0,287b	0,198c	15,49
ET de B (%)	51,39b	62,10a	52,87b	7,09
EU de Cu ($mg^2 \cdot \mu g^{-1}$)	404,16a	197,34b	118,51c	22,73
EA de Cu ($\mu g \cdot g^{-1}$)	0,0192c	0,0568b	0,075a	19,25
ET de Cu (%)	57,89a	19,34c	52,89b	16,67
EU de Zn ($mg^2 \cdot \mu g^{-1}$)	73,96a	20,31b	8,15c	30,07
EA de Zn ($\mu g \cdot g^{-1}$)	0,105c	0,537b	1,10a	18,71
ET de Zn (%)	49,06a	11,40b	50,56a	13,99
EU de Fe ($mg^2 \cdot \mu g^{-1}$)	1,50a	1,21b	0,88c	18,91
EA de Fe ($\mu g \cdot g^{-1}$)	5,09c	8,86b	10,47a	19,52
ET de Fe (%)	47,84b	45,87b	60,19a	12,13
EU de Mn ($mg^2 \cdot \mu g^{-1}$)	9,96b	14,34a	15,29a	18,86
EA de Mn ($\mu g \cdot g^{-1}$)	0,77a	0,75a	0,59b	19,60
ET de Mn (%)	52,08b	70,15a	54,79b	11,15
EU de Si ($g^2 \cdot mg^{-1}$)	460,74a	255,65b	224,87b	25,64
EA de Si ($mg \cdot g^{-1}$)	0,017b	0,046a	0,042a	30,63
ET de Si (%)	54,33b	65,74a	44,96c	13,67

A variedade Catuaí teve maior eficiência de uso dos micronutrientes Cu, Zn e Fe, e também do Si. A Icatu, por sua vez, teve maior eficiência de uso do B e do Mn. Trabalho com adição de zinco e absorção, translocação e utilização de Zn e P por variedades de cafeeiro indicou o Conilon como mais eficiente na utilização de Zn comparado ao Catuaí, isto é, o Conilon produziu, em média, 0,146g de matéria seca por mg de Zn absorvido, enquanto o Catuaí produziu 0,108g de matéria seca por μg de Zn absorvido (Reis Jr. & Martinez, 2002). Neste experimento, o Conilon não foi testado, mas a variedade Catuaí ($73,96 \text{ mg}^2 \cdot \mu\text{g}^{-1}$) foi superior às variedades Mundo Novo e Icatu (20,31 e os $8,15 \text{ mg}^2 \cdot \mu\text{g}^{-1}$, respectivamente), porém, teve menor EU, se comparado a EU de Zn obtida por Reis Jr. & Martinez (2002).

Quanto à EA, por outro lado, a variedade Icatu foi mais eficiente na absorção do Cu, do Zn, do Fe e do Si, enquanto a Catuaí absorveu mais B e Mn. Da mesma forma, Reis Jr. & Martinez (2002) encontraram maior eficiência de absorção de Zn para Catuaí ($52,5 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$) do que para Conilon ($29,8 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$).

Quanto à eficiência de translocação, a variedade Catuaí translocou mais Cu e Zn, a Mundo Novo o B, Mn e Si e a Icatu translocou mais Fe do que as outras e comportou-se de modo semelhante a Catuaí para o Zn (Tabela 1).

Não se observaram diferenças significativas das doses de silício sobre a eficiência nutricional das variedades para os parâmetros EU de B, Cu, Zn, Fe e Mn, EA de B e Mn, ET de B, Cu e Fe.

Observou-se diferença significativa para eficiência de absorção de cobre nas mudas da variedade Icatu com as doses de silício, tendo havido redução até a dose $0,48 \text{ g} \cdot \text{dm}^3$ de CaSiO_3 (Figura 1A). O aumento das doses de Si reduziu eficiência de absorção de cobre também para a variedade Mundo Novo (Figura 1B), exceto para a dose $0,25 \text{ g} \cdot \text{dm}^3$ de CaSiO_3 . Nessa dose, a EA de cobre foi 18,3% maior do que na testemunha e, para as outras doses, a EA foi menor.

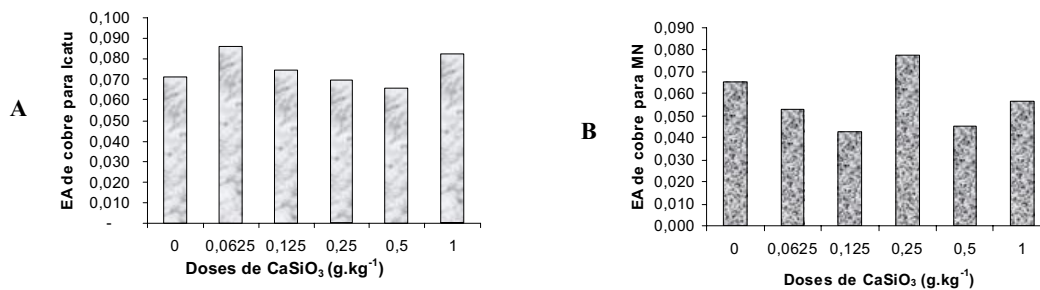


Figura 1 - (A) Eficiência de absorção (EA) de cobre para as variedades Icatu e (B) Mundo Novo, em função das doses de silicato de cálcio (CaSiO_3) aplicadas no substrato de plantio.

Observou-se diferença significativa para a eficiência de absorção de Zn pelas mudas com as doses de silício. A dose zero de Si, ou seja, a testemunha, comportou-se semelhante às plantas adubadas com a dose $0,5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ e foi inferior às demais doses (dados não apresentados).

Observaram-se diferenças significativas na eficiência de utilização (EU) de Fe pelas mudas de cafeeiro e na eficiência de absorção (EA) de Fe (Figura 2) e de Mn com interação significativa para a EA de Fe e para a eficiência de translocação (ET) de Mn (Figura 3).

Com o aumento das doses de Si observou-se redução da EU do Fe pelas mudas de cafeeiro até a dose $0,77 \text{ g} \cdot \text{dm}^3$ de CaSiO_3 , com tendência de aumento da EU a partir daí (Figura 2A). Na variedade Icatu, a EA de Fe reduziu até a dose $0,56 \text{ g} \cdot \text{dm}^3$ de CaSiO_3 , em seguida elevou-se consideravelmente. Independentemente da variedade, a EA de Mn foi 13% maior na dose $0,125 \text{ g} \cdot \text{dm}^3$ de CaSiO_3 do que na testemunha e 9,74% menor do que a mesma, na dose $0,5 \text{ g} \cdot \text{dm}^3$ (Figura 25A). A ET de Mn na variedade Icatu reduziu até a dose $0,631 \text{ g} \cdot \text{dm}^3$ de CaSiO_3 (Figura 3B), aumentando em seguida.

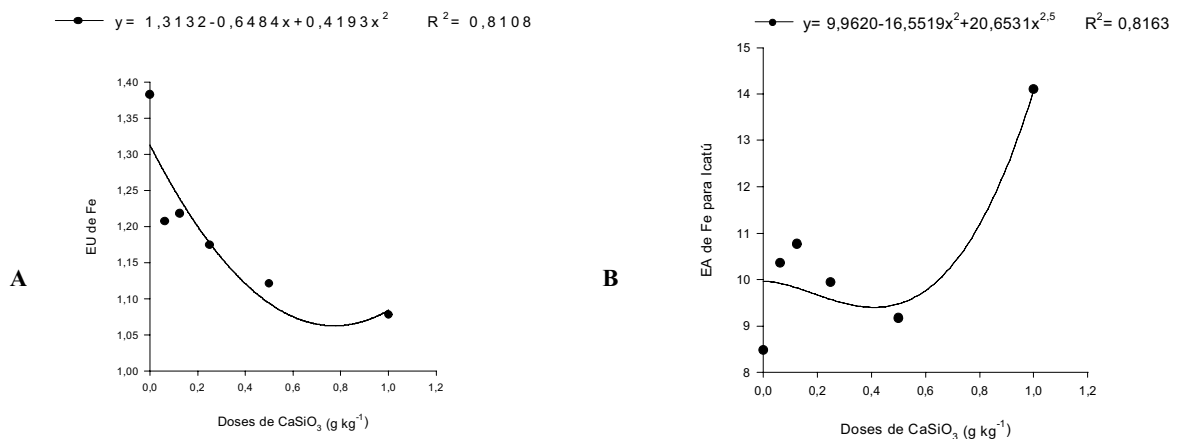


Figura 2 - Eficiência de utilização (EU) do íon ferro pelas mudas de cafeeiro (A) e eficiência de absorção (EA) do íon ferro pela variedade Icatu (B), em função das doses de silicato de cálcio (CaSiO_3) aplicadas ao substrato de plantio.

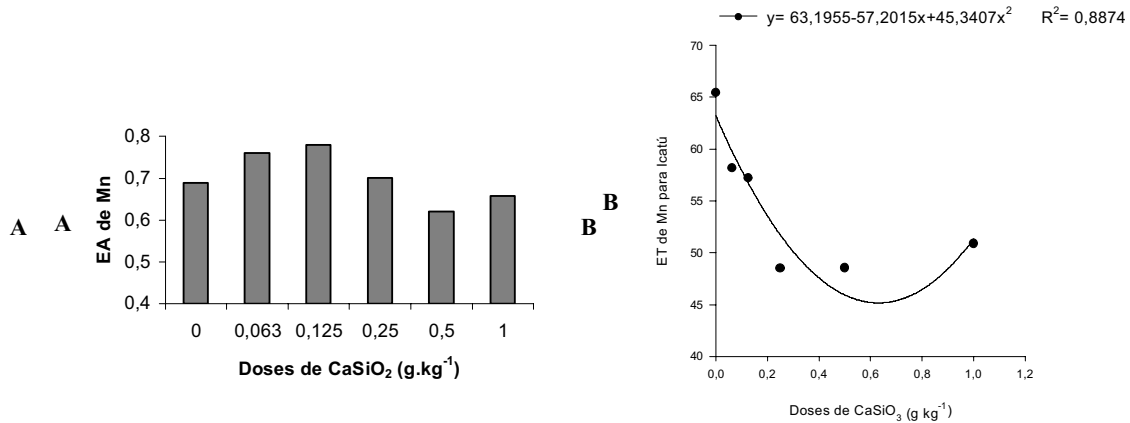


Figura 3 - Eficiência de absorção (EA) de Mn pelas mudas de cafeeiro (A) e eficiência de translocação (ET) de Mn pela variedade Icatu (B), em função das doses de silicato de cálcio (CaSiO_3) aplicadas no substrato de plantio.

Uma forma pela qual o silício pode proporcionar um melhor equilíbrio nutricional em plantas de arroz diz respeito à sua capacidade de reduzir a absorção de Mn e Fe (Okuda e Takahashi, 1964; Verma e Minhas, 1987; Ma e Takahashi, 1990). Quando plantas de arroz são adubadas com silício, ocorre um aumento do poder de oxidação das raízes, ocorrendo uma oxidação do Fe^{2+} e do Mn^{2+} na superfície das raízes e, como resultado, uma deposição desses nutrientes e menor absorção pela planta. Como existe uma forte afinidade entre P e Fe e Mn, a relação entre esses elementos pode afetar a nutrição de P. O fósforo pode precipitar-se com o Fe na planta e combinar-se com o Mn numa forma inativa.

A EU do Si pelas mudas ajustou-se à equação de regressão de forma quadrática e reduziu-se com o aumento das doses de silicato de cálcio aplicados ao substrato de plantio. Essa redução ocorreu até a dose 0,773 g.dm^3 de CaSiO_3 (Figura 4A). Não houve ajuste de um modelo de regressão para explicar o fenômeno biológico da EA do Si pelas mudas e a interação entre as variedades e as doses de CaSiO_3 para a EA não diferiu significativamente. Em trabalho com absorção e translocação de silício em mudas de eucalipto cultivadas em Latossolo e Cambissolo, Carvalho et al. (2003) indicaram a existência de um mecanismo de exclusão de Si para esta cultura, pois a EA aumentou enquanto a EU diminuiu. Os autores também observaram relação inversa entre o incremento das doses de Si no solo e a eficiência de utilização do Si pela planta em Latossolo. Houve interação significativa entre ET e variedades. A resposta da ET às doses de Si ajustou-se ao modelo quadrático. Para as variedades Catuaí e Icatu observou-se aumento da ET com o aumento das doses, não se observando redução no intervalo estudado. Para a Mundo Novo, a ET aumentou até a dose 0,515 g.dm^3 de CaSiO_3 e reduziu sua eficiência a seguir. Houve aumento significativo na ET do Si com o aumento das doses deste elemento aplicadas ao

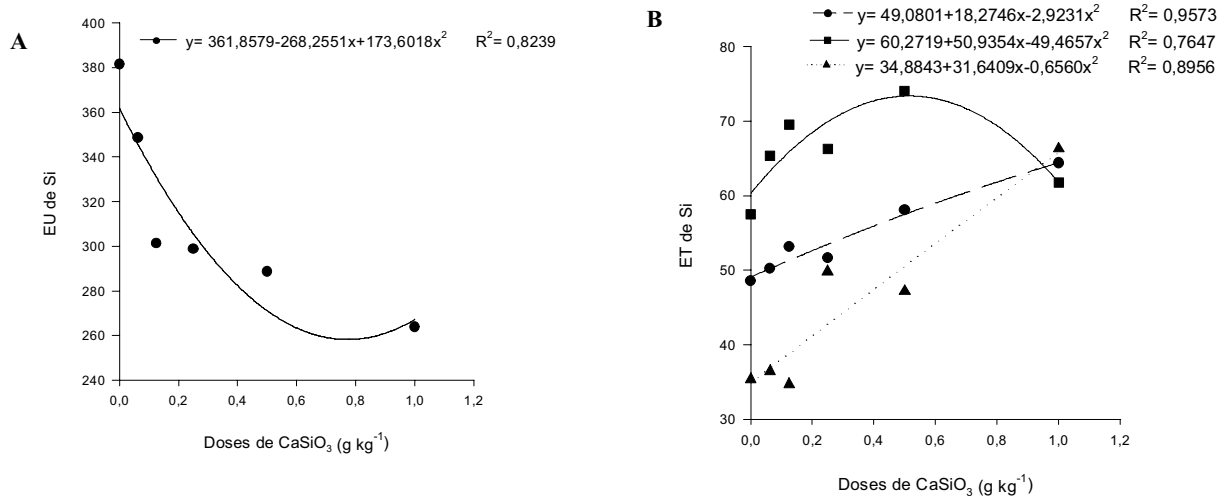


Figura 4 – (A) Eficiência de utilização (EU) de Si pelas mudas de cafeeiro (B) Eficiência de translocação (ET) de Si nas mudas de cafeeiro das variedades Catuaí, Mundo Novo e Icatu, em função das doses de silicato de cálcio (CaSiO_3) aplicadas ao substrato de plantio.

substrato, entretanto, a magnitude da resposta diferiu de variedade para variedade (Figura 4B).

De maneira geral, a adubação silicatada, neste experimento, reduziu absorção dos micronutrientes. Esse fato, entretanto, não prejudicou o crescimento e o desenvolvimento das mudas de cafeeiro, pois não afetou a matéria seca total das plantas. Portanto, conclui-se que o Si promoveu o equilíbrio nutricional nas mudas de cafeeiro.

Conclusão

A adubação com silício pode aumentar a taxa fotossintética das plantas, pois o acúmulo de Si nas células da epiderme mantém as folhas mais eretas aumentando a penetração da luz no dossel. Diminui a transpiração excessiva, evitando ou reduzindo o estresse hídrico nas folhas e com isso, estimula a fotossíntese e a atividade radicular. Dessa forma pode aumentar a absorção de água e, conseqüentemente, de nutrientes (Lima Filho, 2004).

Referências bibliográficas

CARVALHO, R.; FURTINI NETO, A. E.; CURTI, N.; RESENDE, A. V. Absorção e translocação de silício em mudas de eucalipto cultivadas em Latossolo e Cambissolo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 3, p. 491-500, maio/jun. 2003.

FAGERIA, N. K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 6-16, jan./abr. 1998.

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.

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

LIMA FILHO, O. F. O silício: desenvolvimento da agricultura. Disponível em: <http://www.plantearural.com.br/Artigos.asp?ID=75>. Acesso em: 30 ago. 2004.

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.

MARTINEZ, H. E. P.; NOVAIS, R. F.; SACRAMENTO, L. V. S. et al. Comportamento de variedades de soja cultivadas sob diferentes níveis de fósforo: II. Translocação do fósforo absorvido e eficiência nutricional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 17, n. 2, p. 239-244, maio/ago. 1993.

OKUDA, A.; TAKAHASHI, E. The role of silicon. In: HOPKINS, J. **The mineral nutrition of the rice plant: procedins of a Symposium at the International Rice Research Institute**. São Paulo: Kosmos, 1964. p. 123-146.

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.

SANDS, R.; MULLIGAN, D. R. Water and nutrient dynamics and tree growth. **Forest Ecology Management**, Amsterdam, v. 30, n. 1/4, p. 91-11, Feb. 1990.

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.

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.

VERMA, T. S.; MINHAS, R. S. Effect of iron and manganese interaction on paddy yield and iron and manganese nutrition in silicon-treated and untreated soils. **Soil Science**, Baltimore, v. 147, n. 2, p. 107-115, Feb. 1987.