

RESPOSTA DE MUDAS DE CAFEIEIRO (*Coffea arabica*) A FONTES DE FÓSFORORafael Tadeu de Assis¹; José Laércio Favarin²; Ana Paula Neto³; Tiago Tezotto³; André Luis Garcia Alves⁴¹ Eng. Agr^o, Estudante de Mestrado – Fitotecnia – ESALQ/USP. Bolsista CNPq. E-mail: rtassis@esalq.usp.br² DSc. Eng. Agr^o. – Professor do Departamento de Produção Vegetal – ESALQ/USP. E-mail: jlfavari@esalq.usp.br³ Eng. Agr^o, Estudantes de Mestrado – Fitotecnia – ESALQ/USP. Bolsistas CNPq⁴ Estudante de Agronomia – ESALQ/USP

RESUMO: Esta pesquisa foi feita com o objetivo de se avaliar duas fontes de fósforo: uma de fósforo prontamente disponível (superfosfato simples) e uma com microrganismos solubilizadores de rochas fosfáticas. O experimento está sendo conduzido em casa de vegetação do departamento de Produção vegetal da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq/USP). Para a execução do experimento adotou-se o delineamento inteiramente casualizado, constituído de 11 tratamentos e 3 repetições, em que foi usado cinco doses de fósforo (25, 50, 100, 200 e 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅) na forma de superfosfato simples e de um produto formulado com microrganismos solubilizadores de fosfato de rocha natural, além de uma testemunha - sem aplicação de fósforo. As avaliações foram feitas aos 60 e 120 dias após a instalação do experimento, em que foram feitas as seguintes avaliações: altura de planta, número de folhas e diâmetro do caule. Os resultados mostram que as maiores doses de ambos os fertilizantes apresentaram os melhores resultados tanto para altura de planta como para número de folhas. Entretanto, o diâmetro do caule não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos, apesar da tendência de maiores diâmetros nas doses maiores de fósforo, independente da fonte de fósforo.

Palavras-chaves: Fósforo, microrganismos solubilizadores e cafeeiro arabica.

RESPONSE OF SEEDLINGS OF COFFEE (*Coffea arabica*) THE SOURCES OF PHOSPHORUS

ABSTRACT - In order to evaluate two forms of phosphate fertilizer, phosphorus is one of them readily available and the other using a product with phosphate solubilizing microorganisms. This experiment was set up in a greenhouse in the dependencies of the Plant Production Department of the Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ / USP) in pots containing five liters of soil. The experimental delineated was completely randomized consisting of 11 treatments with five doses of single superphosphate (25, 50, 100, 200 and 400 kg.ha⁻¹ P₂O₅) and five doses of the same product that contains phosphate solubilizing microorganism and one more treatment without any addition of phosphate fertilizer. The assessments were made 60 and 120 days after installation of the experiment where the variables were analyzed: plant height, number of leaves and stem diameter. The results show that higher doses of both fertilizers had the best results for both plant height and for number of leaves. However, the diameter of the stem showed no significant differences between treatments.

Key words: phosphorus, Solubilizing microorganisms and coffee.

INTRODUÇÃO

O fósforo (P) é um dos nutrientes essenciais importantes para os seres vivos, em vista das suas funções na planta, seja estrutural, funcional ou na transferência de energia (Nahas, 1991). Muitos trabalhos têm sido desenvolvidos no sentido de encontrar alternativas para suprir as necessidades de P para as plantas, que seja eficiente e possua um custo menor. O requerimento de grandes quantidades de fosfatos na correção da fertilidade dos solos e a ausência de reservas abundantes de rochas fosfatadas de boa qualidade no País, associados ao elevado custo dos fertilizantes, justificam estudos que objetivem aperfeiçoar a eficiência de uso de adubos fosfatados.

De um lado, têm-se variações quanto à natureza e à solubilidade de fosfatos naturais e industrializados e, de outro, a interação com os componentes edáficos, que influenciam fortemente a disponibilização do P às plantas (Horowitz & Meurer, 2003; Prochnow et al., 2003). Além disso, a forma de utilização dos fertilizantes, as características da planta cultivada e as condições climáticas exercem papel regulador das respostas em produtividade das culturas (Goedert et al., 1986; Coelho & Alves, 2004; Sousa & Lobato, 2003).

Os fosfatos solúveis, ao disponibilizarem prontamente o P apresentam bons resultados em diferentes formas de aplicação. Já os fosfatos naturais possuem, normalmente, menor eficiência, em especial no ano da aplicação e nas culturas anuais, as quais apresentam alta demanda do nutriente num curto espaço de tempo (Goedert & Lobato, 1984; Goedert et al., 1986; Goedert & Lopes, 1987; Rajj, 1991; Sousa & Lobato, 2003). O P no solo está sujeito a inúmeros processos biogeoquímicos que alteram sua disponibilidade, entre esses processos, destaca-se a dissolução de fosfatos, que os torna disponíveis para as plantas (Whitelaw, 2000). A utilização de produtos que contenham microrganismos solubilizadores de fosfatos ou o manejo de suas populações tem sido considerada como uma alternativa para substituir e/ou diminuir o uso de fertilizantes fosfáticos solúveis, mediante um melhor aproveitamento dos fosfatos naturais existentes ou adicionados ao solo (Goldstein, 1986; Kim et al., 1998).

Esta pesquisa foi realizada com o objetivo de avaliar a eficiência do uso de diferentes doses de fósforo, disponibilizado por microrganismos solubilizadores de rocha fosfática, em comparação a fonte prontamente disponível, na formação e desenvolvimento de mudas de cafeeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa está sendo conduzida em casa de vegetação, com mudas de café (*Coffea arabica*) cv. Catuaí Amarelo IAC 62, cultivadas em vasos de 5 litros de solo, os quais estão alocados de acordo com o delineamento inteiramente casualizado, com 11 tratamentos e 3 repetições. O solo possui baixo teor de P de acordo com a extração feita com resina de troca iônica (Raij et al., 1996) e alto teor de P total. Esse material foi coletado em Guaxupé, MG, após a calagem e aplicação de gesso para correção da acidez e alumínio em profundidade.

Os tratamentos foram formados a partir de 5 doses de P_2O_5 (Tabela 1) fornecido pelo superfosfato simples (SFS) e doses iguais fornecidas pelo produto formado pela mistura de rocha fosfática, material orgânico e uma seleção de microrganismos solubilizadores de rocha fosfática (MSRF) proveniente do trabalho Barroti & Nahas (2000), além de uma testemunha – sem aplicação de fósforo.

Tabela 1. Relação das fontes de fósforo utilizadas e suas respectivas dosagens.

Tratamentos	Fonte de fósforo	Dose - kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅
T1	Sem aplicação de fósforo	-
T2	MSRF	25
T3	SFS	25
T4	MSRF	50
T5	SFS	50
T6	MSRF	100
T7	SFS	100
T8	MSRF	200
T9	SFS	200
T10	MSRF	400
T11	SFS	400

Aos 60 e 120 dias a partir do transplântio das mudas foram avaliados os dados de altura de plantas (cm), diâmetro do caule (mm) e número de folhas. Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância e teste de médias de Tukey ($P < 0,05$) utilizando o software GENES (Cruz, 1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância evidenciam diferença significativa entre os tratamentos, exceto para a característica número de folhas aos 60 dias (Tabela 2). Esse resultado indica que há um contraste diferente de zero entre as médias avaliadas, ou seja, pode-se discriminar entre os tratamentos analisados, aquele que apresentou melhor resultado.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para as características altura de planta (H60 e H120), diâmetro do caule (DC60 e DC120) e número de folhas (NF60 e NF120) aos 60 e 120 dias, respectivamente.

FV	GL	Quadrado Médio					
		H60	H120	DC60	DC120	NF60	NF120
Tratamento	10,00	134,89**	147,82**	0,43**	2,97**	1,96 ^{ns}	1116,63**
Resíduo	22,00	446,67	14,42	0,09	0,41	0,97	11,03
Média		6,24	22,69	2,25	4,78	11,03	21,70
CV (%)		22,83	16,73	13,05	13,46	8,93	15,30

** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F e ns não significativo

Os tratamentos com as doses de 200 e 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅ proveniente do superfosfato simples (tratamentos 9 e 11) apresentaram maior altura de planta e de número de folhas (Tabela 3) sem diferir da dose 400 e 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅, (tratamentos 10 e 8) do fertilizante que contém microrganismos solubilizadores de rocha fosfática (MSRF). Esses

resultados sugerem que a pronta disponibilidade do fósforo nesse período foi determinante para o crescimento, visto que o fósforo é um nutriente cuja mobilidade no solo é baixa, comparativamente aos demais nutrientes. Franco & Mendes (1949), trabalhando com omissão de nutrientes em mudas de cafeeiro em solução nutritiva, constataram sintomas de deficiência desse nutriente. Na ausência de fósforo, as plantas tiveram seu crescimento reduzido, as folhas inferiores apresentaram-se com coloração amarelo-bronzeada, pontos necróticos evidenciados e posterior abscisão. Neste estudo foi observada apenas redução do crescimento no controle e nas menores doses de fosfato, evidenciando assim que o teor de fósforo no solo era baixo, mas não o suficiente para induzir sintomas mais agudos de deficiência.

Tratamento	H60	H120	DC 60	DC 120	NF 60	NF 120
T - 9	9,17 a	30,83 a	2,78 a	5,98a	12,67 a	30,67 a
T - 11	8,67 a	30,83 a	2,79 a	6,00a	10,67 a	28,67 a
T - 5	8,17 ab	29,17 a	2,53 ab	5,47a	12,00 a	26,67 ab
T - 10	7,50 abc	28,67 a	2,46 abc	5,92a	11,33 a	27,33 ab
T - 8	7,00 abcd	24,33 ab	2,15 abc	5,04a	10,00 a	22,00 abcd
T - 3	6,50 abcd	21,17 abc	2,45 abc	4,18a	11,33 a	18,67 bcd
T - 7	6,50 abcd	25,83 ab	2,09 abc	5,06a	10,67 a	24,67 abc
T - 6	4,33 bcd	15,67 bc	1,87 bc	3,97a	10,67 a	15,33 cd
T - 2	3,83 cd	15,33 bc	1,95 abc	3,79a	10,00 a	16,67 cd
T - 4	3,67 cd	16,17 bc	1,97 abc	3,91a	11,33 a	14,67 d
T - 1	3,33 c	11,67 c	1,66 c	3,25a	10,67 a	13,33 d
Média	6,24	22,70	2,25	4,78	11,03	21,70
DMS-tukey	4,16	11,09	0,86	1,88	2,87	9,63

Tabela 3. Comparação de médias pelo teste Tukey ($p < 0,05$) para as características altura de planta (H60 e H120), diâmetro do caule (DC60 e DC120) e número de folhas (NF60 e NF 120) aos 60 e 120 dias

Os tratamentos que receberam maiores doses de fósforo influenciou positivamente todos as variáveis estudadas mostrando assim a importância do elemento fósforo no desenvolvimento inicial das plantas de cafeeiro (Gráfico 1 e 2). A marcante resposta das plantas à nutrição fosfatada no estágio inicial da muda pode estar relacionada ao papel do P na síntese de proteínas, por constituir nucleoproteínas necessárias à divisão celular, atuar no processo de absorção iônica, além da sua influência no desenvolvimento do sistema radicular (Malavolta, 1980). O fósforo é importante na formação do ATP (trifosfato de adenosina) que é a principal fonte energética da planta, a qual, entre outros, é usada no transporte de assimilados, no armazenamento e transferência de energia, na divisão celular, no aumento das células e na transferência de informações genéticas (Novais et al., 1999; Novais et al., 2002).

Para altura da planta aos 120 dias observou-se efeito somente da dose. O tratamento 9 foi que apresentou maior altura (30,83 cm), embora não tenha sido diferente dos valores obtidos nos tratamentos 11, 5 e 10, sendo estes estatisticamente iguais ao tratamento 9. Para o diâmetro do caule e número de folhas novamente o tratamento 9, 11, 5 e 10 apresentaram os maiores valores. Para o número de folhas o tratamento 9 apresentou maior valor (30,67), sendo estatisticamente igual ao tratamento 11. O tratamento 9 aos 120 dias apresentou 41,3% e 230,0% a mais de folhas em relação a média e ao controle, respectivamente.

O fósforo é um nutriente essencial para o crescimento da planta (Malavolta, 1980), entretanto, para mudas de cafeeiro, as exigências de fósforo no crescimento e no desenvolvimento, quando comparadas a outros macronutrientes, são relativamente pequenas. Isso provavelmente explica o fato de que a despeito do alto poder de fixação do fósforo aos solos tropicais, raramente são encontrados sintomas de deficiência desse elemento no campo (Malavolta et al., 1974). Ambas fontes de fósforo utilizadas neste demonstraram resultados parecidos nas doses maiores, já que para os três parâmetros avaliados aos 120 dias não houve diferença significativa (Tabela 3). Portanto o fosfato de rocha orgânico inoculado com uma seleção de microrganismos solubilizadores foi capaz de fornecer fósforo para as plantas de café nos seus estágios iniciais igual ao fosfato prontamente solúvel.

CONCLUSÕES

Independente da fonte de fósforo utilizada, as maiores doses de P_2O_5 apresentaram os melhores resultados para altura de planta, número de folhas aos 120 dias. O diâmetro do caule não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos.

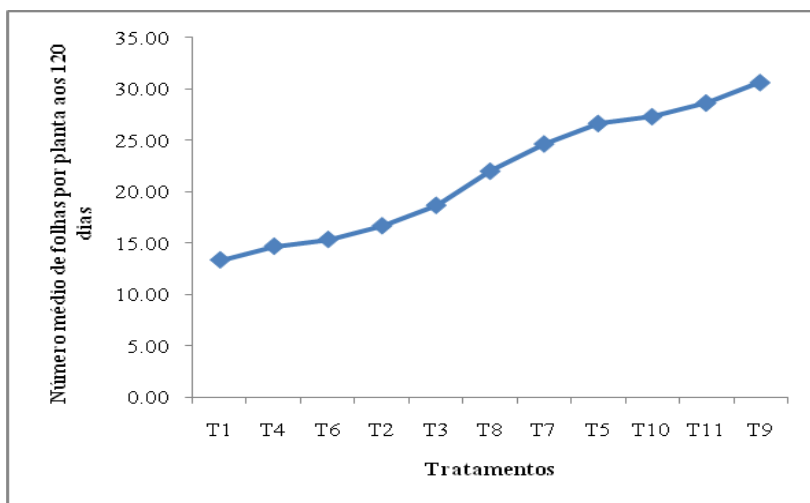


Gráfico 1. Número médio de folhas por planta aos 120 dias em função dos tratamentos

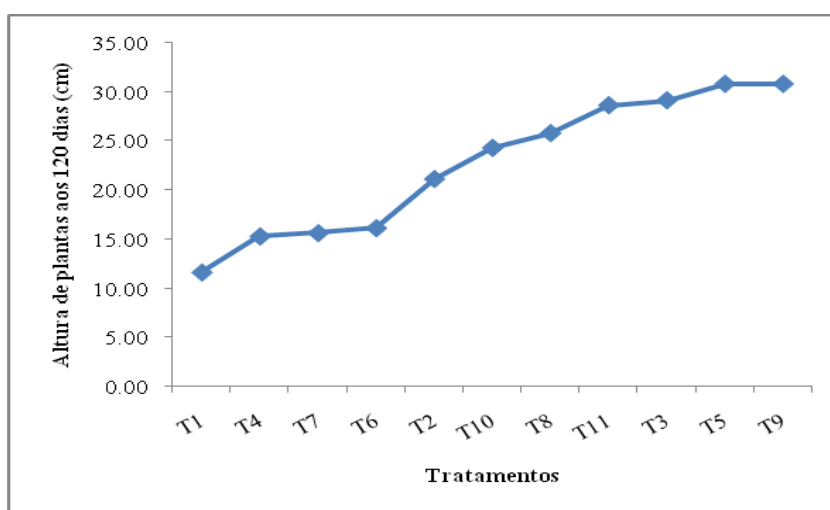


Gráfico 2. Altura média de plantas aos 120 dias em função dos tratamentos

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROTI, G & NAHAS, E. População microbiana total e solubilizadora de fosfato em solo submetido a diferentes sistemas de cultivo. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, vol.35, no.10. 2000

COELHO, A.M. & ALVES, V.M.C. Adubação fosfatada na cultura do milho. In: SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA, 2004

CRUZ, C.D. Programa genes: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: Editora UFV, 1997. 442p.

FRANCO, C. M.; MENDES, H. C. Sintomas de deficiências minerais no café. *Bragantia*, Campinas, v. 9, n. 9, p.165-173, set./dez. 1949.

GOEDERT, W.J. & LOBATO, E. Eficiência agrônômica de fosfatos em solo de cerrado. *R. Bras. Ci. Solo*, 8:97-102,1984.

GOEDERT, W.J. & LOPES, A.S. Eficiência agrônômica defertilizantes fosfatados para culturas anuais, perenes, pastagens e reflorestamento. In: SEMINÁRIO SOBRE RECUPERAÇÃO DE FÓSFORO, São Paulo, 1987. Anais. São Paulo, Ibrafos, 1987. p.24-49.

GOEDERT, W.J.; SOUSA, D.M.G. & LOBATO, E. Fósforo. In: GOEDERT, W.J., ed. Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo. São Paulo, Nobel, 1986. p.129- 166.

GOLDSTEIN, A. H. Bacterial solubilization of mineral phosphates: historical perspective and future prospects. *American Journal of Alternative Agriculture, Greenbelt*, v. 1, n. 2, p. 51-57, 1986.

HOROWITZ, N. & MEURER, E.J. Eficiência agrônômica de fosfatos naturais. In: SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Piracicaba, 2003. Anais. Piracicaba, Potafos/Anda, 2003. 24p. CD-ROM

KIM, K. Y.; JORDAN, D.; McDONALD, G. A. Effect of phosphate-solubilizing bacteria and vesicular-arbuscular mycorrhizae on tomato growth and soil microbial activity. *Biology and Fertility of Soils, Berlin*, v. 26, p. 79- 87, 1998.

MALAVOLTA, E., HAAG, H. P., MELLO, F. A. F., BRASIL SOBRINHO, M. O. C. Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas. São Paulo: Pioneira, 1974. 752 p

MALAVOLTA E (1980) Elementos de nutrição mineral de plantas. Ceres, São Paulo.

NAHAS, E.; ASSIS, L.C. Efeito da adição ao solo de fosfato solúvel obtido por via microbiológica a partir de fluorapatita. *Revista Latinoamericana de Microbiologia, México*, v.33, n.2/3, p.225-229, 1991.

NOVAIS, R.F. & SMYTH, T.J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.

NOVAIS, R.F.; PREZOTTI, L.C.; ALVAREZ V., V.H.; CANTARUTTI, R.B. & BARROS, N.F. FERTICALC - Sistema para recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura do café arábica. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2002. CD-ROM

PROCHNOW, L.I.; ALCARDE, J.C. & CHIEN, S.H. Eficiência agrônômica dos fosfatos totalmente acidulados. In: SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Piracicaba, 2003. Anais. Piracicaba, Potafos/Anda, 2003. 67p. CD-ROM

SOUSA, D.M.G. & LOBATO, E. Adubação fosfatada em solos da região do Cerrado. Piracicaba, Potafos, 2003. 16p. (Informações Agrônômicas, 102)

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H. & ABREU, C.A. Interpretação de resultados de análise de solo. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C., eds. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agrônômico, 1996. p.8-13.

RAIJ, Bernardo Van. Fertilidade do Solo e adubação. São Paulo: Agronomica Ceres Ltda, 1991. 343p.;

WHITELAW, M. A. Growth promotion of plant inoculated with phosphate-solubilizing fungi. *Advances in Agronomy, New York*, v. 69, p. 99-151, nov. 2000.