

DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO NO SOLO E ESTIMATIVA DE DOSES ADEQUADAS DE ADUBAÇÃO FOSFATADA PARA O TOMATEIRO NO SUB-MÉDIO SÃO FRANCISCO¹

CLEMENTINO MARCOS BATISTA DE FARIA², JOSÉ RIBAMAR PEREIRA³
e LUIZ BALBINO MORGADO²

RESUMO - Em Latossolo Vermelho-Amarelo textura arenosa, do sub-médio São Francisco, avaliou-se a disponibilidade de fósforo no solo extraído pelos extratores de Mehlich e Bray 1 e estimaram-se níveis adequados de adubação fosfatada para o tomateiro rasteiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) no período de 1982 a 1983. Diferentes níveis de fósforo no solo foram criados através da adição prévia de quantidades crescentes de fosfato sob a forma de superfosfato triplo. Obtiveram-se correlações significativas dos teores de fósforo no solo com os níveis de fosfato aplicado e a produtividade da cultura. Os teores de P no solo obtidos pelos extratores de Mehlich e Bray 1 foram classificados, respectivamente, nos seguintes níveis: muito baixo, inferiores a 5 ppm e 7 ppm; baixo, de 5 ppm a 10 ppm e 7 ppm a 12 ppm; médio, de 11 ppm a 16 ppm e 13 ppm a 18 ppm; alto, de 17 ppm a 29 ppm e 19 ppm a 31 ppm; e muito alto, superiores a 29 ppm e 31 ppm. As doses estimadas de fósforo a serem aplicadas ao solo em sulco para obter a produtividade ótima esperada seriam: 120, 100, 70, 30 e 0 kg/ha de P₂O₅ para os níveis muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto, respectivamente.

Termos para indexação: fertilização fosfatada, análise do fósforo do solo, aplicação de fósforo, cultivo irrigado.

SOIL PHOSPHORUS AVAILABILITY AND ESTIMATION OF OPTIMUM LEVELS OF APPLIED PHOSPHATE FOR TOMATO IN THE SUB-MIDDLE SÃO FRANCISCO RIVER VALLEY

ABSTRACT - Soil phosphorus availability was evaluated by Mehlich and Bray 1 methods in a sandy Red-Yellow Latosol of the São Francisco River Valley, from 1982 to 1983, to estimate optimum levels of phosphate fertilizer for tomato (*Lycopersicon esculentum*, Mill). Different levels of phosphorus in the soil were adjusted by application of different quantities of phosphate in the form of triple superphosphate in advance. Significant correlations of the amount of soil phosphorus were obtained with the levels of phosphate applied and the yield of tomato. The amounts of phosphorus in the soil estimated by Mehlich and Bray 1 methods were respectively classified as: very low - for less than 5 ppm and for less than 7 ppm; low - from 5 ppm to 10 ppm and from 7 ppm to 12 ppm; medium - from 11 ppm to 16 ppm and from 13 ppm to 18 ppm; high - from 17 ppm to 29 ppm and from 19 ppm to 31 ppm; and very high - for more than 29 ppm and for more than 31 ppm. Levels of estimated phosphate to be applied in the furrow to obtain the expected optimum productivity for very low, low, medium, high and very high amounts would be 120, 100, 70, 30 and 0 kg/ha of P₂O₅, respectively.

Index terms: phosphate fertilizer, soil phosphorus analysis, phosphate application, irrigated cropping.

INTRODUÇÃO

Os solos do sub-médio São Francisco são deficientes em fósforo disponível, o que constitui fator limitante da produção agrícola. Um grande número de experimentos já realizados demonstram esse fato (Richardson & Vugt s.d., Poultney 1968, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária 1977). Por outro lado, o uso de fertilizantes na

agricultura intensiva das áreas irrigadas da região, praticado muitas vezes sem orientação técnica, tem causado excesso de fósforo no solo, o que poderá provocar desequilíbrio de nutrientes e, conseqüentemente, diminuição da produtividade agrícola.

Esses problemas seriam minimizados se as adubações seguissem uma recomendação com base na análise de solo. Vários testes foram usados para avaliar a disponibilidade de fósforo no solo para as plantas. Resultados satisfatórios têm sido encontrados para o extrator de Mehlich (Muzilli et al. 1982, Galvão & Volkweiss 1981, Braga & Defelipe 1972, Pereira & Faria 1978, Delazari et al. 1980) e o extrator de Bray 1 (Mostaghimi & McLean

¹ Aceito para publicação em 19 de agosto de 1985.

² Eng. - Agr., M.Sc., EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA), Caixa Postal 23, CEP 56300 Petrolina, PE.

³ Eng. - Agr., Dr., EMBRAPA/CPATSA.

1983, Holford 1980, Galvão & Volkweiss 1981, Martens et al. 1969, Dhillon et al. 1977, Delazari et al. 1980, Braga & Defelipe 1972, Pereira & Faria 1978). Bahia Filho et al. (1983) consideraram esses dois extratores similares e apropriados para refletir a disponibilidade de fósforo no solo para as plantas, por extraírem uma quantidade de fosfato que se relacionou diretamente com o fósforo lábil (fator quantidade) e inversamente com a capacidade tampão. Segundo Raij (1978), o método Bray 1 é um dos extratores ácidos mais adequados para avaliar a disponibilidade de fósforo nos solos que receberam adubação fosfatada.

O estabelecimento de nível crítico e classes de teores do elemento no solo por esses métodos de análise torna-se necessário para auxiliar as recomendações de adubação. No entanto, os valores dos níveis de fósforo disponíveis no solo são influenciados, entre outros fatores, pelo teor de argila (Freire et al. 1979, Bahia Filho et al. 1983, Martens et al. 1969, Vitor & Freire 1971). Nos solos argilosos, os valores do nível crítico poderão ser menores que nos arenosos, uma vez que, para a mesma quantidade de fósforo absorvida pelo vegetal, haveria, proporcionalmente, maior redução do teor de fósforo disponível no solo arenoso do que no argiloso (Bahia Filho et al. 1983).

Esse trabalho teve como objetivo estabelecer as classes de teores de fósforo no solo pelos extratores de Mehlich e Bray 1 e estimar doses adequadas de adubação fosfatada para a cultura do tomateiro rasteiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no vale do sub-médio São Francisco, município de Petrolina, PE, em Latossolo Vermelho-Amarelo textura arenosa, com as seguintes características na camada arável: areia 85%; silte 5%; argila 10%; pH 5,7; $Ca^{++} + Mg^{++}$ 2,8 meq/100 ml; K^+ 0,3 meq/100 ml; Al^{+++} 0,05 meq/100 ml; CTC 4,6 meq/100 ml; V 67% e P 2,4 ppm, segundo os métodos analíticos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1979). Essas características são semelhantes àquelas da maioria dos solos irrigados da região.

Em março de 1982, foi feita a aplicação a lanço e a incorporação de fósforo ao solo sob a forma de superfosfato triplo, nos níveis 0, 60, 120, 180, 240 e 300 kg/ha de P_2O_5 , em quatro repetições, em parcelas com área de 144 m² (12 m x 12 m). Um mês após a adubação, reali-

zou-se o transplantio de cebola (*Allium cepa* L.) e, logo após a colheita, em agosto, foi determinado o teor de fósforo no solo de cada parcela pelo extrator de Mehlich (HCl 0,05 N + H_2SO_4 0,025 N), segundo Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1979). Ajustou-se uma regressão linear entre os níveis de fósforo aplicado e os teores extraídos do solo. Em dezembro desse mesmo ano, foi feita outra aplicação a lanço com os mesmos níveis de fósforo, em duas das quatro repetições.

Em julho de 1983, realizou-se o transplantio de tomate rasteiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) cv. Rossol, com espaçamento de 1,2 m x 0,5 m nas mesmas parcelas onde tinha sido cultivada a cebola. Toda área do experimento recebeu uma adubação uniforme com 90 kg/ha de N e 60 kg/ha de K_2O sob as formas de sulfato de amônio e cloreto de potássio. A cultura foi irrigada pelo sistema de irrigação em sulco com controle de lâmina d'água, pelo método gravimétrico.

Na época de formação dos primeiros frutos, foi feita uma amostragem de solo, em cada parcela, para determinação de fósforo, pelos extratores de Mehlich e Bray 1 (NH_4F 0,03 N + HCl 0,025 N), segundo Olsen & Dean (1965). Os dados de produtividade do tomateiro (t/ha de frutos) de cada parcela foram plotados como função dos teores de fósforo (ppm de P) extraídos do solo por esses dois métodos. Alguns pontos que estavam muito distantes das posições da maioria dos demais foram eliminados. Em seguida ajustaram-se a esses dados regressões do modelo da raiz quadrada em que a variável dependente foi a produtividade e a independente, o fósforo no solo. Através da primeira e da segunda derivada das equações, foram calculados os valores de fósforo no solo que proporcionariam a produtividade máxima esperada. Por intermédio das equações, e considerando-se a produtividade máxima esperada como 100%, estabeleceram-se as classes de teores de fósforo no solo da seguinte forma: a) nível muito baixo, quando correspondia a produções relativas abaixo de 50%; b) nível baixo, produções relativas entre 50% e 75%; c) nível médio, produções relativas entre 75% e 90%; d) nível alto, produções relativas entre 90% e 100%; e) nível muito alto, quando se referia aos teores de fósforo superiores ao necessário para atingir 100% da produção.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a análise de regressão dos dados referentes aos níveis de fósforo aplicados, kg/ha de P_2O_5 , ao solo (Y) e os teores desse nutriente, ppm de P, extraído pelo extrator de Mehlich (X) no primeiro experimento realizado com cebola, em 1982, obteve-se a seguinte equação:

$$Y = 2,66 + 0,075 X, r = 0,99^{**}$$

que demonstra a existência de uma correlação linear altamente significativa entre esses dados.

Pelas Fig. 1 e 2, observa-se que os teores de fósforo no solo exerceram influência altamente significativa na produtividade do tomateiro e que o modelo da raiz quadrada ajustou-se satisfatoriamente a esses dados com R^2 de 93% e 91% para os extratores de Mehlich e Bray 1, respectivamente. Através das correlações entre essas variáveis estabeleceram-se as classes dos teores de fósforo no solo. Para o extrator de Mehlich (Fig. 1), os valores dessas classes foram os seguintes: a) nível muito baixo, P até 5 ppm; b) nível baixo, P entre 5,1 ppm e 10 ppm; c) nível médio, P entre 10,1 ppm e 15,7 ppm; d) nível alto, P entre 15,8 ppm a 29,3 ppm; e) nível muito alto, P acima de 29,3 ppm.

Para o extrator de Bray 1 (Fig. 2), essas classes tomaram os seguintes valores: a) nível muito baixo, P até 6,6 ppm; b) nível baixo, P 6,7 ppm

e 12 ppm; c) nível médio, P entre 12,1 ppm e 18 ppm; d) nível alto, P entre 18,1 ppm e 31,3 ppm; e) nível muito alto, P acima de 31,3 ppm.

Observa-se que os valores das classes para ambos os extratores diferenciaram-se pouco, demonstrando semelhança entre esses extratores para avaliação da disponibilidade de fósforo no solo, concordando com os resultados obtidos por Bahia Filho et al. (1983). Observa-se, também, que os valores desses níveis foram maiores do que os encontrados por Muzilli et al. (1982) com o extrator de Mehlich, em solos de textura argilosa e média. A essa diferença se atribui, principalmente, o teor de argila dos solos. Os solos estudados por esses autores, como são mais argilosos do que o solo em estudo, oferecem maior resistência na variação dos teores de fósforo disponíveis (Bahia Filho et al. 1983).

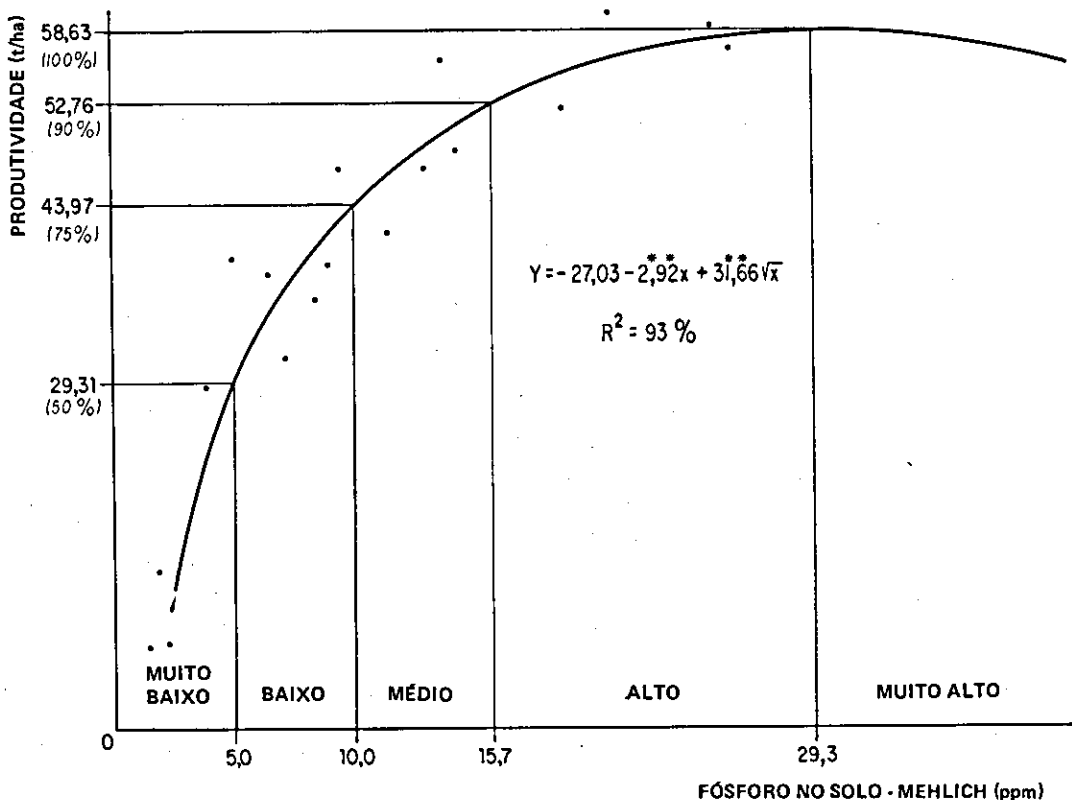


FIG. 1. Relação entre a produtividade do tomateiro e o fósforo do solo, e a classificação dos níveis desse nutriente, quando se usou o extrator Mehlich.

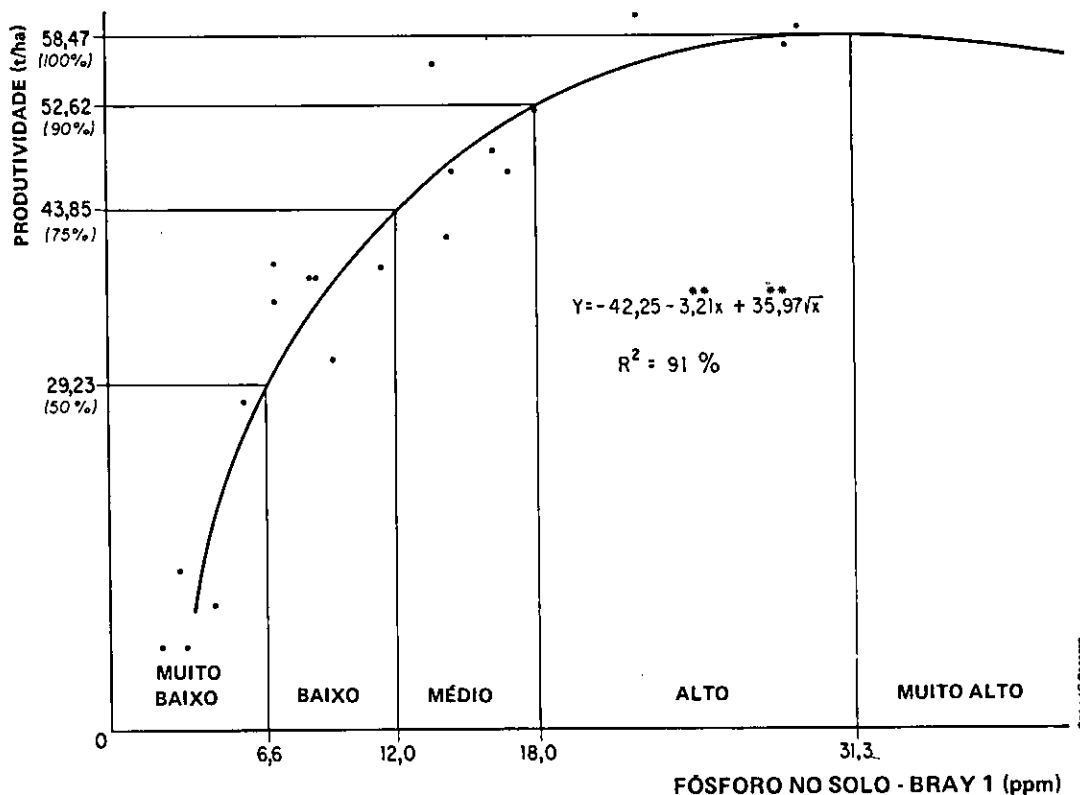


FIG. 2. Relação entre a produtividade do tomateiro e o fósforo do solo, e a classificação dos níveis desse nutriente, quando se usou o extrator Bray 1.

Espera-se que nos solos com nível de fósforo considerado alto, com teores correspondentes à produção relativa entre 90% e 100%, a probabilidade de a cultura responder à adubação fosfatada seja muito pequena, admitindo-se que o nível crítico de um nutriente no solo, segundo Cate Junior & Nelson (1965), corresponde à produção relativa de 80%. Raji & Mascarenhas (1976) encontraram resposta da soja à adubação fosfatada até a classe baixa, cuja produção relativa foi de 70% a 90%. Segundo Muzilli et al. (1982), o milho respondeu ao fósforo aplicado ao solo até na classe média, onde o rendimento relativo variou de 70% a 88%. Quanto à cultura do tomate rasteiro, Baumgartner et al. (1983) constataram que houve resposta positiva da cultivar Petomechi à aplicação de fósforo em Latossolo Roxo, com 8 ppm e 14 ppm de P extraído pelo extrator de Mehlich.

Utilizando a equação linear, antes descrita, que reflete a correlação entre o fósforo aplicado e o fósforo extraído do solo pelo extrator Mehlich, pode-se estimar a quantidade de fósforo que se deve aplicar para conseguir um teor desejado de fósforo no solo. Essa metodologia tem sido usada por outros autores, como Grimm & Fole (1972) e Freire et al. (1979). Nessa equação, substituindo-se Y por 29,3, valor de P- Mehlich que proporciona a produtividade máxima esperada, 58,63 t/ha de frutos de tomate (Fig. 1), e o coeficiente de interceção por valores que correspondam ao centro de cada uma das classes dos teores de fósforo no solo (Fig. 1), tem-se a quantidade de fósforo que se deve aplicar ao solo a lanço, para elevar os teores de fósforo que estejam incluídos em uma dessas classes, ao teor de 29,3 ppm de P.

A recomendação dessas quantidades (Tabela 1)

seria válida quando o fósforo fosse aplicado a lanço, o que não acontece nos cultivos do tomateiro dessa região onde esse nutriente é aplicado em sulco. Em um solo com 12% de argila e 2,5 ppm de P-Bray 1, Sobulo et al. (1978) encontraram, com os níveis 60 e 120 kg/ha de P_2O_5 aplicados em sulcos, produtividades de 27,7 e 27,5 t/ha de frutos de tomate e, com esses mesmos níveis, porém aplicados a lanço, produtividade de 21 e 23,4 t/ha, respectivamente. A aplicação em sulco aumentaria o contato fertilizante-raiz e, conseqüentemente, seria mais eficiente do que a aplicação a lanço, onde o contato fertilizante-solo é maior (Sleight et al. 1984). Yost et al. (1979) verificaram que houve aumento na disponibilidade de fósforo do solo quando o fósforo aplicado ficou concentrado em menor volume do solo do que quando diluído em volume maior. Quando apenas 12,5% do volume total de solo, 6 kg, foi fertilizado com a concentração de 56 $\mu\text{g P/g}$ deste volume, a absorção de fósforo pela planta foi de 15,3 mg P/vaso, praticamente o dobro do que foi absorvido, 8,3 mg P/vaso, quando 100% do volume do solo recebeu essa mesma concentração de fósforo. Em solo e sistema de irrigação semelhantes aos do presente trabalho, a produção do tomateiro rasteiro foi menor, 53,4 t/ha, onde os fertilizantes ficaram mais diluídos com o solo do que onde os fertilizantes ficaram mais concentrados, 63,7 t/ha (Soares & Faria 1983).

TABELA 1. Doses estimadas de fósforo a serem aplicadas ao solo para obter a produtividade ótima esperada do tomateiro rasteiro, nos diferentes níveis de fósforo no solo.

Teores de P no solo - Mehlich	Níveis	Fósforo a ser aplicado	
		a lanço	em sulco*
		kg/ha de P_2O_5	
0 - 5	muito baixo	357	120
5,1 - 10	baixo	290	100
10,1 - 15,7	médio	219	70
15,8 - 29,3	alto	90	30
29,3	muito alto	0	0

* Corresponde a 1/3 aproximado dos valores de P_2O_5 aplicado a lanço.

Considerando-se esses resultados mencionados, admitiu-se a hipótese de que para o tomateiro, as doses adequadas de fósforo aplicadas em sulco equivaleriam a 1/3 das quantidades recomendadas na aplicação a lanço (Tabela 1).

CONCLUSÕES

1. A disponibilidade de fósforo no solo para a cultura do tomateiro rasteiro, avaliada pelos extratores de Mehlich e Bray 1, foi classificada, respectivamente, nos seguintes níveis: muito baixo quando inferior a 5 ppm e 7 ppm de P; baixo, de 5 ppm a 10 ppm e 7 ppm a 12 ppm de P; médio, de 11 ppm a 16 ppm e 13 ppm a 18 ppm de P; alto, de 17 ppm a 29 ppm e 19 ppm a 31 ppm de P; muito alto, superiores a 29 ppm e 31 ppm de P.

2. Os dois extratores diferiram pouco na avaliação da disponibilidade de fósforo de solo.

3. As doses estimadas de fósforo a serem aplicadas ao solo, em sulco, para obter a produtividade ótima esperada, seriam: 120, 100, 70, 30 e 0 kg/ha de P_2O_5 /ha para os níveis muito baixo, baixo, alto e muito alto, respectivamente.

REFERÊNCIAS

- BAHIA FILHO, A.F.C.; BRAGA, J.M.; RIBEIRO, A.C. & NOVAIS, R.F. Sensibilidade de extratores químicos à capacidade tampão de fósforo. *R. bras. Ci. Solo*, 7(3):243-9, 1983.
- BAUMGARTNER, J.G.; LANDELL, M.G. de A.; MASCA, M.G.C.C.; HIROCE, R. & ARAÚJO, J.A.C. de. Efeitos de doses e de localização do fósforo na cultura do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill). *R. Ceres*, 30(171):330-44, 1983.
- BRAGA, J.M. & DEFELIPE, B.V. Relação entre formas de fósforo inorgânico, fósforo disponível e material em solos sob a vegetação de Cerrado. II. Trabalho em estufas. *R. Ceres*, 19(104):248-60, 1972.
- CATE JUNIOR, R.B. & NELSON, L.A. A rapid method for correlation of soil test analysis with plant response data. Washington, International Soil Testing, 1965. (International Soil Testing. Technical Bulletin, 1).
- DELAZARI, P.C.; BRAGA, J.M.; NOVAIS, R.F. & THIEBAUT, J.T.L. Disponibilidade de fósforo em solos do Estado do Espírito Santo. *R. bras. Ci. Solo*, 4(3):149-53, 1980.

- DHILLON, N.S.; SIDHU, A.S. & DEV, G. Evaluation of phosphorus availability indices and establishment of critical limit for available P in alkaline soils of Punjab. *Indian J. Agric. Res.*, 11(3):142-6, 1977.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido, Petrolina, PE. Resumo de atividades de pesquisa. Petrolina, 1977. v. 2.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro, RJ. Manual de métodos de análises de solo. Rio de Janeiro, 1979. v. 1.
- FREIRE, F.M.; NOVAIS, R.F.; BRAGA, J.M.; FRANCA, G.E.; SANTOS, H.L. & SANTOS, P.R.R.S. Adubação fosfatada para a cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) baseada no fósforo "disponível" em diferentes extratores químicos e no "fator capacidade". *R. bras. Ci. Solo*, 3(2):105-11, 1979.
- GALRÃO, E.Z. & VOLKWEISS, S.J. Disponibilidade de fósforo do solo para as plantas. *R. bras. Ci. Solo*, 5(2):114-8, 1981.
- GRIMM, S.S. & FOLE, D.A. Calibração de métodos químicos para fósforo em função da máxima eficiência econômica. *Agron. sulriogr.*, 8(2):195-206, 1972.
- HOLFORD, I.C.R. Greenhouse evaluation of four phosphorus soil tests in relation to phosphate buffering and labile phosphate in soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 44(3):555-9, 1980.
- MARTENS, D.C.; LUTZ, J.A. & JONES, G.D. Form and availability of P in selected Virginia soils as related to available P tests. *Agron. J.*, 61(4):616-21, 1969.
- MOSTAGHIMI, S. & MCLEAN, E.O. Improved corrective fertilizer recommendations based on a two-step alternative usage of soil test. III. The Bray 1 test on soil with concretions. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 47(5):966-71, 1983.
- MUZILLI, O.; OLIVEIRA, E.L. & TORNERO, M.T. Emprego da análise do solo e estimativa de doses econômicas para adubação fosfatada e potássica em cultura de milho no Estado do Paraná, Brasil. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 17(2):203-9, fev. 1982.
- OLSEN, S.R. & DEAN, L.A. Phosphorus. In: BLACK, C. A., ed. *Methods of soil analysis; chemical and microbiological properties*. Madison, Am. Soc. Agron., 1965. v. 2, cap. 7, p.1035-49. (Agronomy, 9).
- PEREIRA, J.R. & FARIA, C.M.B. de. Disponibilidade de fósforo aplicado em um vertissolo do Médio São Francisco, avaliada por métodos químicos. *R. bras. Ci. Solo*, 2(2):125-8, 1978.
- POULTNEY, R.G. Survey of the San Francisco river basin: Brazil; final report. s.l., FAO/SUDENE, 1968. 137p.
- RAIJ, B.V. Seleção de métodos de laboratório para avaliar a disponibilidade de fósforo em solos. *R. bras. Ci. Solo*, 2(1):1-9, 1978.
- RAIJ, B.V. & MASCARENHAS, H.A.A. Calibração de potássio e fósforo em solos para soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 15., Campinas, SP, 1975. Anais... Campinas, Soc. Bras. Ci. Solo, 1976. p.309-15.
- RICHARDSON, G.F. & VUGT, C.T.V. Survey of the São Francisco river basin (Brazil); final agronomic considerations. s.l., FAO/SUDENE, s.d. 1v.
- SLEIGHT, D.M.; SANDER, D.H. & PETERSON, G.A. Effect of fertilizer phosphorus placement on the availability of phosphorus. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 48(2):336-40, 1984.
- SOARES, J.M. & FARIA, C.M.B. de. Métodos de irrigação e adubação na cultura do tomate industrial. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 18(3):281-6, mar. 1983.
- SOBULO, R.A.; AGBOOLA, A.A. & FAYEMI, A.A. Effect of P placement on yield of tomatoes in Southwestern Nigeria. *Agron. J.*, 70(4):521-3, 1978.
- VITOR, C. & FREIRE, J.R.J. Calibração de análise de solo para a cultura da soja (*Glycine max* Merrill). *Agron. sulriogr.*, 7:63-72, 1971.
- YOST, R.S.; KAMPRATH, E.J.; LOBATO, E. & NADERMAN, G. Phosphorus response of corn on an oxisol as influenced by rates and placement. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 43(2):338-47, 1979.