

RESPOSTA DO FEIJOEIRO À ADUBAÇÃO FOSFATADA NUM NEOSSOLO LITÓLICO DISTRÓFICO DA REGIÃO SUL DO RIO GRANDE DO SUL

RESPONSE OF COMMON BEAN TO PHOSPHORUS FERTILIZATION ON A DYSTROPHIC LITHOLIC SOIL

SILVA, Ricardo J.S.¹ & VAHL, Ledemar C.²

RESUMO

Para avaliar a resposta do feijoeiro a adubação fosfatada quanto ao rendimento e composição química das sementes produzidas, foi conduzido um experimento de campo no município de Pelotas (RS), onde sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) da cultivar BR-FEPAGRO 44 GUAPO BRILHANTE foram cultivadas em solo Litólico distrófico adubado com 6 dosagens de fósforo: 0; 58,5; 117; 175,5; 234; e 292,5 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato triplo. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com 4 repetições, sendo as parcelas constituídas por 6 linhas de 2,0 m de comprimento, espaçadas entre si de 0,50 m. Nessas, foram semeadas manualmente 10 sementes por metro linear, na profundidade de 0,04 m. Foram avaliados o estado nutricional das plantas na floração, a resposta do feijoeiro à adubação fosfatada e a composição química das sementes. Concluiu-se que: a) A adubação fosfatada do feijão em solo com teor limitante de fósforo aumenta o teor desse elemento na semente produzida de forma linear com a dose de adubo, pelo menos dentro da faixa econômica de adubação; b) A resposta do feijão à adubação fosfatada observada corrobora com a hipótese de que a disponibilidade de fósforo nos solos da região sul do Rio Grande do Sul é maior do que a esperada pelos critérios de interpretação atuais da Comissão de Fertilidade do Solo para o Rio Grande do Sul e Santa Catarina; c) A dosagem de adubo fosfatado para alcançar a máxima eficiência econômica desta adubação foi maior do que a esperada de acordo com os critérios de interpretação atuais da Comissão de Fertilidade do Solo adotados oficialmente para o Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

Palavras-chave: fósforo, feijão, calibração

INTRODUÇÃO

Uma das razões para a baixa produtividade do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) no Brasil é a carência generalizada de fósforo nos solos, cujos teores são extremamente baixos, insuficientes para o pleno desenvolvimento das culturas (RAIJ, 1991). Assim, o fósforo é o nutriente mineral ao qual a produção de sementes de feijão apresenta a maior resposta na adubação (ARAUJO, 1996).

Os solos da região sul do Rio Grande do Sul são, à semelhança dos demais solos do Brasil, carentes de P (MACHADO, 1992). A recomendação de adubação fosfatada para o feijão, assim como para as demais culturas no Rio Grande do Sul e Santa Catarina, é baseada nos resultados médios de ensaios de adubação realizados nesses Estados e sistematizados nas Tabelas de Recomendação de Adubação

e Calagem (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO, 1995). A grande maioria desses ensaios, entretanto, foi conduzida em latossolos argilosos derivados de basalto na região do Planalto do Estado, que possuem alta capacidade de adsorção de P, devido principalmente aos altos teores de óxidos de Fe e Al desses solos. Na região sul do RS predominam solos de textura arenosa, derivados do granito e sedimentos de granito e com baixos teores daqueles óxidos e, em consequência, possuem baixa capacidade de adsorção de fósforo (MACHADO, 1992). Assim, embora a textura seja levada em conta na interpretação das análises de solo para fósforo, a natureza química da fração argila, não. Tais diferenças químicas dos solos podem levar a respostas das culturas ao fósforo muito diferentes entre as regiões do Estado e, em consequência, a recomendações diferenciadas de adubação fosfatada.

Além do efeito na produção, a disponibilidade de nutrientes no solo em que a planta é cultivada pode alterar a composição química das sementes. DELOUCHE (1964) cita que a fertilidade do solo, adubação e práticas culturais têm grande influência na composição das sementes produzidas. Esse fato foi observado por vários autores em experimentos com diversas culturas, onde sementes originadas de plantas mal nutridas com fósforo possuíam menor teor desse elemento, quando comparadas com aquelas que tiveram um suprimento adequado de P através de adubação (AUSTIN & LOGDEN 1966; HANWAY & WEBER, 1971; VIEIRA, 1986; BOLLAND et al., 1989; TEIXEIRA, 1994).

Em função disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta do feijão à adubação fosfatada num solo típico da região sul do Rio Grande do Sul em que a cultura é cultivada quanto ao rendimento e composição química das sementes produzidas.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi conduzido um experimento no município de Pelotas (RS), em solo Litólico distrófico (BRASIL, 1973). A análise da amostra de solo da camada superficial (0-20 cm), coletada antes da instalação do experimento, apresentou os seguintes resultados: argila = 240 g L⁻¹ (classe 4); pH H₂O = 5,0; pH SMP = 6,0; M.O. = 30,6 g L⁻¹; P = 2,9 mg L⁻¹; K = 148 mg L⁻¹; Na = 9 mg L⁻¹; Al = 0,4 cmol_c L⁻¹; Ca = 3,2 cmol_c L⁻¹; Mg 1,1

¹ Eng. Agr. Dr. Prof. do Depto de Solos FAEM/UFPel – Caixa Postal 354, CEP 96010-900, Pelotas, RS

² Eng. Agr. Prof. Dr. em Ciência e Tec. de Sementes DFT/FAEM/UFPel. Cx. Postal 354, CEP 96010-900, Pelotas, RS

(Recebido para publicação em 20/05/2002)

cmol_c L⁻¹; obtidos segundo a metodologia descrita por TEDESCO et al. (1995).

Seis meses antes da semeadura, juntamente ao preparo do solo, foi incorporado calcário na camada arável na dosagem necessária para elevar o pH do solo a 6,0, estimado pelo índice SMP.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com 4 repetições, sendo os tratamentos constituídos por 6 dosagens de fósforo: 0; 58,5; 117; 175,5; 234; e 292,5 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato triplo.

As unidades experimentais foram parcelas de 2,0 x 3,0 m, semeando-se 6 linhas de 2,0 m de comprimento, espaçadas entre si de 0,50 m. Para as avaliações foi considerada a área útil de 3,0 m² constituída das 4 linhas centrais da parcela, desprezando-se 0,25 m de cada extremidade, como bordadura.

Os fertilizantes foram aplicados a lanço em cada parcela e incorporados ao solo na profundidade de 0-0,10 m. Foram aplicados 60 kg ha⁻¹ de K₂O na forma de cloreto de potássio, 20 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia e fósforo de acordo com os tratamentos. Em seguida foram semeadas manualmente 10 sementes por metro linear (200 mil plantas ha⁻¹) na profundidade de 0,04 m. Três semanas após a emergência, foi realizada adubação de cobertura com 60 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia. Foram usadas sementes básicas da cultivar de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) BR-FEPAGRO 44 GUAPO BRILHANTE.

As práticas culturais adotadas foram a capina manual, aplicações do inseticida Clorpirifos etil e do fungicida Tiofanato metílico, segundo as recomendações dos fabricantes e irrigação por aspersão, uniforme nas parcelas, sempre que ocorreu um intervalo de 5 dias sem chuvas.

No início do florescimento foram colhidas quatro folhas com desenvolvimento pleno próximas a extremidade dos ramos, de duas plantas por parcela, escolhidas aleatoriamente, para a determinação dos teores dos macro e micronutrientes. As folhas colhidas foram secas em estufa a 60 °C com ventilação forçada por 48h e moídas. Os teores de N, P, K, Mg, Ca, Zn, Cu, Fe e Mn, foram determinados através da metodologia descrita por TEDESCO et al. (1995).

Decorridos 100 dias da semeadura foi realizada a colheita manual das sementes. Essas foram secas ao sol até atingirem a umidade de 13% e pesadas para a determinação do rendimento.

As sementes colhidas em cada parcela foram classificadas pelo tamanho. Das sementes que ficaram retidas entre as peneiras de furos redondos, de 4,5 mm e 6,0 mm de diâmetro, foram separadas ao acaso 80 sementes, que foram secas em estufa a 45 °C por três dias. Neste material, após moído, foram determinados os teores de N, P, K, Mg, Ca, Zn, Cu, Fe e Mn, através da metodologia descrita por TEDESCO et al. (1995).

A análise estatística dos dados foi realizada usando o sistema de Análise Estatística para Microcomputadores SANEST (ZONTA & MACHADO, 1984).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estado nutricional das plantas

Os teores dos macronutrientes N, K e Mg e dos micronutrientes Fe e Mn não foram afetados pela adubação fosfatada, atingindo valores médios de 44, 27 e 14 g.kg⁻¹ e de 361 e 120 mg.kg⁻¹, respectivamente. Esses teores estão dentro das faixas consideradas adequadas para estes

nutrientes na cultura do feijão, segundo MALAVOLTA et al. (1989).

Os teores de P e Ca nas folhas aumentaram linearmente com a adubação fosfatada (Figura 1). O maior teor de P (3,39 g kg⁻¹) foi obtido com a maior dose de adubação e foi 66% superior ao teor de P (2,04 g kg⁻¹) obtido com a dose zero. Os maiores teores de Ca ultrapassam o limite superior da faixa adequada deste nutriente para a cultura, segundo MALAVOLTA et al. (1989), mas são compatíveis com a faixa citada por OLIVEIRA & THUNG (1988). Assim como no P, o aumento no teor de Ca em função da adubação fosfatada é decorrente do aumento da disponibilidade do nutriente no solo, pois o fertilizante superfosfato triplo possui na sua formulação cerca de 20% de Ca (RAIJ, 1991).

Os teores de Cu e Zn nas folhas diminuíram linearmente com a adubação fosfatada (Figura 1). Os teores de ambos, entretanto, situam-se dentro da faixa adequada para a cultura (MALAVOLTA et al. 1989). A redução no teor de zinco nas folhas ocasionada pelo aumento da concentração de fósforo no solo é um fenômeno bastante discutido. Em revisão sobre o assunto, OLSEN (1972) aponta três mecanismos distintos que podem explicar a interação entre estes nutrientes: i) diluição do Zn no tecido vegetal em virtude do aumento do crescimento das plantas decorrente da maior disponibilidade de fósforo no solo; ii) uma interação fisiológica antagônica entre os elementos, onde o P inibe a absorção do Zn; iii) efeito negativo do P no transporte do Zn das raízes para a parte aérea das plantas. O comportamento do Cu, tanto no solo como na planta, é bastante semelhante ao do Zn (BARBER, 1984). Portanto, as considerações citadas para o efeito negativo da adubação de P sobre teor foliar de Zn podem ser expandidas para explicar a redução no teor foliar de cobre.

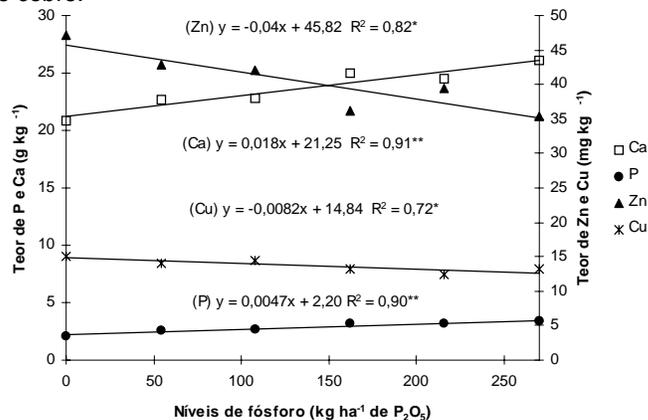


Figura 1 - Teores de fósforo, cálcio, zinco e cobre nas folhas de feijoeiro, cv. BR-FEPAGRO 44 GUAPO BRILHANTE, no início da floração, em função de níveis de adubação fosfatada num Neossolo Litólico distrófico.

Rendimento de sementes

Houve resposta significativa da cultura à adubação fosfatada em termos de rendimento de sementes. A relação entre o rendimento e os níveis de adubação foi quadrática (Figura 2), sendo representada pela equação $Y = 1711,6 + 17,23 x - 0,038 x^2$ ($r^2 = 0,97^{**}$). O máximo rendimento foi de 3682 kg ha⁻¹, obtido com a dosagem equivalente a 226 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (dose de máxima eficiência técnica - MET). Há dois aspectos importantes a considerar nessa resposta da cultura ao fósforo: a magnitude da resposta e a dosagem de adubo fosfatado necessária para atingir o máximo rendimento econômico.

A magnitude da resposta reflete o grau de carência do fósforo no solo, considerando que nenhum outro elemento tenha limitado o rendimento da cultura, como ficou evidenciado pela análise foliar feita no início do florescimento, discutida no item anterior. O máximo rendimento alcançado com a dosagem de 226 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (MET) representa, portanto, o potencial de rendimento da cultura para o solo e condições em que foi desenvolvido o experimento, alcançável quando não há limitações nutricionais. Dessa forma, o rendimento obtido com a dosagem zero de fósforo representa o máximo rendimento possível com o P nativo do solo (2,9 mg L⁻¹), avaliado através da análise química do solo. A fração que este rendimento representa em relação ao máximo é uma medida do grau de limitação do P no solo.

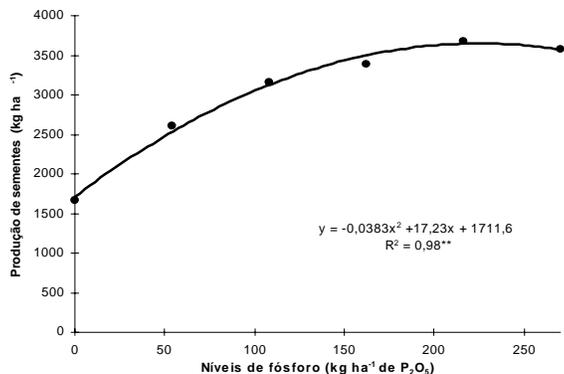


Figura 2 - Rendimento de sementes de feijão, cv. BR FEPAGRO-44 GUAPO BRILHANTE, cultivadas num Neossolo Litólico distrófico, em Pelotas - RS, em função dos níveis de adubação fosfatada.

No presente caso, o rendimento na ausência de adubação fosfatada foi de 1662 kg ha⁻¹, equivalente a 45% do rendimento máximo, representando um alto grau de limitação, mas não tão alto como seria esperado pelos critérios de interpretação das análises de solo estabelecidos pela COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO (1995) para os solos do RS e SC. Segundo tais critérios, num solo com teor de P na faixa limitante (0 - 6 mg L⁻¹, classe textural 4), como é o caso deste experimento, o rendimento relativo da cultura seria no máximo 25% do rendimento potencial alcançável com a correção plena da carência de P. O rendimento obtido sem adubação fosfatada, neste experimento foi, portanto, próximo ao dobro do esperado. Esses resultados corroboram com a hipótese de que a disponibilidade real do P nos solos da região sul do Estado é maior do que a dos solos das outras regiões do RS e SC, com o mesmo teor de P extraível pelo método de análise usado, levantada a partir de resultados obtidos por MACHADO (1992).

A dose de fósforo correspondente a máxima eficiência econômica (DMEE) é estabelecida igualando-se a derivada da curva de resposta da cultura à adubação fosfatada com a razão entre o preço comercial do produto (feijão) e do insumo (adubo fosfatado) e calculando a dosagem do adubo que satisfaz essa igualdade. Embora, tais preços não sejam fixos, para efeito de estimativas pode-se usar valores médios. No caso do feijão, pode-se considerá-lo como grão para consumo, semente fiscalizada ou semente certificada: para efeito de comparação, considerou-se os valores de R\$ 0,50, R\$ 1,80 e R\$ 2,30 por quilo, respectivamente. O valor do adubo foi considerado R\$ 0,90 / kg de P₂O₅. Os resultados desses cálculos são mostrados na Tabela 1.

Independente do destino, as DMEE obtidas (Tabela 2) são muito próximas da dose de máxima eficiência técnica (226 kg P₂O₅ ha⁻¹). As DMEE verificadas para diversas culturas situam-se em torno de 80% da dose necessária para atingir a MET (RAIJ, 1991; Comissão de Fertilidade do Solo - RS/SC, 1995). A proximidade das doses de MET e DMEE é justificada pelo alto valor do feijão, tanto para comercialização como grão quanto como semente. Independente disso, a DMEE em qualquer caso, foi muito maior do que a dosagem recomendada pela Comissão de fertilidade do Solo (1995) para os solos do RS e SC, com teor limitante de P, que é de 120 kg P₂O₅ ha⁻¹. Desta forma, a recomendação de adubação fosfatada, para o solo utilizado neste experimento é insuficiente para que sejam atingidos níveis de produtividade de feijão compatíveis com o potencial da cultivar utilizada

Tabela 1 - Doses de máxima eficiência econômica de adubação fosfatada obtidas em experimento de campo, para a cultura do feijoeiro, cultivar BR FEPAGRO-44 GUAPO BRILHANTE, cultivada num Neossolo Litólico distrófico com 2,9 mg L⁻¹ de P em função do destino da produção.

Destino da produção	Dose de Máxima Eficiência Econômica	
	kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹	
Grão	203	
Semente fiscalizada	220	
Semente Certificada	222	

Composição química da semente

Os teores dos macronutrientes N, K, Ca e Mg, e dos micronutrientes Cu, Fe, Mn e Zn nas sementes não foram afetados significativamente pela adubação fosfatada, atingindo valores médios de 28,6, 14,4, 0,6 e 3,8 g Kg⁻¹ e de 8, 45, 15 e 28 mg Kg⁻¹, respectivamente. Embora tenha ocorrido aumento nos teores de Ca e redução nos teores de Cu e Zn nas folhas da ordem de 10, 25 e 18%, respectivamente, esta variação não foi observada nas sementes. Os teores destes elementos nas sementes são compatíveis com a faixa citada por OLIVEIRA & THUNG (1988) e LAJOLO et al. (1996).

O teor de P nas sementes aumentou linearmente com a adubação fosfatada, segundo a equação $y = 2,59 + 0,0066x$ (Figura 3). Apesar da variação de 68% nos teores de P entre os tratamentos extremos, os valores alcançados são compatíveis com a faixa citada por OLIVEIRA & THUNG (1988) (Figura 3).

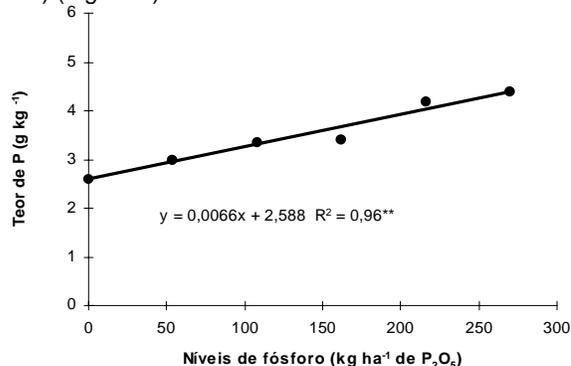


Figura 3 - Teor de fósforo nas sementes de feijão, cv. BR FEPAGRO-44 GUAPO BRILHANTE, cultivadas em solo Litólico distrófico, em Pelotas - RS, em função dos níveis de adubação fosfatada aplicados no solo.

Resultados semelhantes, concordando que a aplicação de fósforo à planta ocasiona aumento no teor deste elemento nas sementes produzidas, foram obtidos por AUSTIN & LOGDEN (1966), com ervilha, por GEORGE et al. (1978) com tomate, por BOLLAND et al. (1989) com tremoço e TEIXEIRA (1994) com 20 cultivares de feijão.

CONCLUSÕES

O teor de fósforo na semente do feijoeiro aumenta de forma linear com a dosagem de adubo fosfatado em solo com teor limitante de fósforo, pelo menos dentro da faixa econômica de adubação;

A resposta do feijoeiro a adubação fosfatada observada corrobora com a hipótese de que a disponibilidade de fósforo nos solos da região sul do Rio Grande do Sul é maior do que a esperada pelos critérios de interpretação atuais da Comissão de Fertilidade do Solo para o Rio Grande do Sul e Santa Catarina;

A dosagem de adubo fosfatado para alcançar a máxima eficiência econômica dessa adubação foi maior do que a recomendada usando os critérios de interpretação atuais da Comissão de Fertilidade do Solo adotados oficialmente para o Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

ABSTRACT

*In order to evaluate the response of common bean to phosphorus fertilization as to yield and chemical composition of the seeds produced, a field trial has been conducted in Pelotas (RS), in which bean seeds (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. BR-FEPAGRO 44 GUAPO BRILHANTE were cultivated on Dystrophic litholic soil, fertilized with six phosphorus doses: 0; 58.5; 117; 175.5; 234; and 292.5 kg ha⁻¹ P₂O₅ in a triplet superphosphate shape. The experimental outlining was a random block - one with four repetitions, the parcels being composed of six lines with 0.02 m each spaced 0.50 m from each other, in which 10 seeds per linear meter were hand sowed at the depth of 0.04 m. The nutritional status of the flowering plants, the response of the bean plant to phosphate-based fertilization and the chemical composition of the seeds have been analyzed. The conclusion is that: a) The phosphate-based fertilization of the bean plant in a soil with a limiting content of phosphorus increases this compound content in the seed, produced in a linear way with the fertilizer dose at least within the fertilization economical group; the response of the bean plant to the phosphate-based fertilization observed corroborates to the hypothesis that the phosphorus availability in southern Rio Grande do Sul is bigger than the expectation by the current interpretation criteria of the Soil Fertility Committee for Rio Grande do Sul and Santa Catarina; and c) the phosphate fertilizer dose to reach the maximum economical efficacy of this fertilization was bigger than the expectation according to the current interpretation criteria of the Soil Fertility Committee officially adopted in Rio Grande do Sul and Santa Catarina.*

Key words: Phosphorus, bean, calibration

REFERÊNCIAS

ARAUJO, R.S., **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba. POTAFOS, 1996. 786p.

AUSTIN, R.B., LOGDEN, P.C. The influence of the phosphorus and nitrogen nutrition of pea plants on the growth of the progeny. **Plant and Soil**, n. 24, p. 359-368, 1966.

BARBER, S.A. **Soil Nutrient Bioavailability; a Mechanistic Approach**. New York: J. Wiley, 1984. 398p.

BOLLAND, M.D.A.; PAYNTER, B.H.; BAKER, M.J.. Increasing phosphorus concentration in lupin seed increases grain yields on phosphorus deficient soil. **Austr. Journal Exp. Agric.** v.29, p. 797-801. 1989.

BRASIL, Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife, 1973. 431p. (Boletim Técnico; 30).

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Recomendações de Adubação e Calagem Para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 2.ed. Passo Fundo: SBRS-Núcleo Regional Sul/EMBRAPA-CNPT, 1995. 128p

DELOUCHE, J.C. **Seed Maturation**; prepared for international training course on seed improvement of Latin American on Caribbean Area, Campinas, (s.n.), 1964. 12p.

GEORGE, R.A.T.; STEPHENS, R.J.; VARIS, S. Efecto de los nutrientes minerales sobre el rendimiento y calidad de la semilla de tomate. In: **Producción Moderna de Semillas**. Montevideo: Hemisferio Sur, 1978. 798p.

HANWAY, J.J.; WEBER, C.R.; Accumulation of N, P, and K by Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) plants. **Agron. Journal**, v.63, p. 406-408, 1971.

LAJOLO, F.M.; GENOVESE, M.I.; MENEZES, E.W. Qualidade nutricional In: ARAUJO, R.S., **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFOS, 1996. P.169-216.

MACHADO, M.I.C.S. **O fósforo nos solos da região sul do Rio Grande do Sul - formas, capacidade máxima de adsorção, poder tampão recomendação de adubação**. Pelotas, 1992, 116p. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Solos) -Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; DE OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, Piracicaba - SP. 1989. 201p

OLIVEIRA, I.P. & THUNG, M.D.T. Nutrição mineral. In: ZIMMERMANN, M.J.O., ROCHA, J.A., YAMADA, T. **Cultura do feijoeiro**, fatores que afetam a produtividade. Piracicaba, POTAFOS, 1988. p 175-212.

OLSEN, S.R. Micronutriente interactions. In: MORTVEDT, J.J., GIORDANO, P.M., LINDSAY, W.L., ed. **Micronutrients in agriculture**. Madison: Soil Science Society of America, 1972. P. 243-264.

RAIJ, van, B. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Ceres, 1991, 344p.

TEDESCO, M. J., VOLKWEISS, S. J., BOHNEN, H. **Análises de solos, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Departamento de solos Faculdade de Agronomia, 1995.

TEIXEIRA, M.G. **Influência do conteúdo de fósforo da semente na nodulação do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Itaguaí, 1994. 200p. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

VIEIRA, R.F. Influência de teores de fósforo no solo sobre a composição química, qualidade fisiológica e desempenho no campo de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, v.33, n.186, p. 173-188. 1986.

ZONTA, E.P. & MACHADO, A.A. SANEST - Sistema de análise estatística para microcomputadores. Pelotas, 1984.