

## RELAÇÃO ENTRE A CAPACIDADE TAMPÃO DE FÓSFORO DE TRÊS LATOSSOLOS DE MINAS GERAIS E A ABSORÇÃO DIFERENCIAL DE FÓSFORO EM TRÊS CULTIVARES DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.)<sup>1/</sup>

Jaime de Cerqueira Gomes<sup>2/</sup>  
José Mário Braga<sup>3/</sup>

### 1. INTRODUÇÃO

Muitas pesquisas sobre o fósforo em solos têm relacionado os teores «disponíveis» desse elemento com o crescimento vegetal (7, 8, 11, 20, 23). Entretanto, os resultados obtidos não são consistentes; apenas em alguns casos, com o uso de diferentes extratores químicos, há correlação significativa entre os dados de crescimento do vegetal e os teores de fósforo (1, 5, 9, 15, 21). Explicam-se esses insucessos, dentre outras causas, pelas características dos extratores e pela diferença de solubilidade dos compostos de fósforo existentes no solo (2, 3, 15).

Além das características dos extratores, outras, baseadas no potencial de fosfato, na capacidade tampão de fosfato e na difusão do elemento, são necessárias para que se possa equacionar, com maior racionalidade, a interação fósforo x solo x vegetal (3, 12, 13, 15, 17).

Apesar de já terem sido publicados muitos trabalhos sobre os parâmetros intensidade e capacidade tampão de fosfato, poucos têm sido feitos no sentido de re-

---

<sup>1/</sup> Parte da tese apresentada à U.F.V., pelo primeiro autor, como um dos requisitos para o título de «Magister Scientiae» em Fitotecnia.

Recebido para publicação em 24-09-1979. Projeto de Pesquisa n.º 4.1278 do Conselho de Pesquisa da U.F.V.

<sup>2/</sup> Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Fruticultura e Mandioca — 44380 — Cruz das Almas — BA.

<sup>3/</sup> Departamento de Solos — Universidade Federal de Viçosa — 36570 — Viçosa — MG.

lacionar essas características com a absorção diferencial de fósforo por cultivares da mesma espécie.

Este trabalho teve o objetivo de obter dados que permitissem relacionar a capacidade diferencial de absorção de fósforo de três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) com os valores da intensidade e do poder de fósforo de três solos.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Dos solos estudados e caracterizados por BAHIA FILHO (1), foram selecionados três que apresentavam grande amplitude de valores de capacidade tampão de fósforo. As amostras desses solos vieram dos municípios de Ituiutaba, Lavras e Sete Lagoas. Neste trabalho, citam-se essas amostras por locais, e algumas de suas características encontram-se nos Quadros 1 e 2.

QUADRO 1 - Características químicas e físicas das amostras dos solos

Características	Locais		
	Ituiutaba	Lavras	Sete Lagoas
pH H <sub>2</sub> O (1:2,5)	4,7	4,5	4,9
pH KCl (1:2,5)	4,1	4,2	4,2
H <sup>+</sup> (eq.mg/100g)	1,99	5,27	8,27
Al <sup>+++</sup> (eq.mg/100g)	0,44	0,52	1,26
Ca <sup>++</sup> (eq.mg/100g)	0,27	0,32	1,10
Mg <sup>++</sup> (eq.mg/100g)	0,65	0,72	0,58
K <sup>+</sup> (eq.mg/100g)	0,08	0,12	0,09
Na (eq.mg/100g)	0,04	0,19	0,06
S (soma das bases)	1,04	1,35	1,83
T (CTC)	3,47	2,14	11,36
V (%)	29,97	18,90	16,11
M.O. (%)	1,32	4,29	4,81
Capacidade máxima de adsorção de fósforo (mg P/g solo)	0,304	0,489	0,558
Energia de retenção de fósforo (PPM - 1)	1,903	6,8744	4,5587
Potencial de fosfato em CaCl <sub>2</sub>	7,50	7,43	7,36
Poder tampão de fósforo em CaCl <sub>2</sub> (1)	237,51 (Baixa)	768,13 (Média)	983,36 (Alta)
Fósforo "disponível" Mehlich	0,90	1,22	4,19
Ácido sulfúrico 0,5 N	2,25	3,04	10,00
Olsen	2,75	3,07	10,81
Bray 1	2,28	3,16	14,62
Bray 2	2,89	3,71	19,64

(1) Expresso em moles de P.  $10^{-8}$ /g de solo.

QUADRO 2 - Composição granulométrica, classificação textural e equivalente de umidade das amostras dos solos<sup>(1)</sup>

Características	Locais		
	Ituiutaba	Lavras	Sete Lagoas
Areia grossa (%)	27	18	13
Areia fina (%)	51	14	36
Silte (%)	6	14	17
Argila (%)	16	54	34
Umidade equivalente (% em peso)	8	22	20
Classificação textural	F.-arenoso	Argila	F.-arg.-arenoso

(1) Análises efetuadas no Laboratório de Análises Físicas de Solos.

Quantidades suficientes de solo, para o ensaio em casa-de-vegetação, foram incubadas com quantidades de corretivo, estas calculadas pelo método de SMP. O corretivo consistiu numa mistura de  $\text{Ca(OH)}_2$  e  $\text{Mg(OH)}_2$ , na proporção de 4:1 (Ca:Mg). A mistura solo e corretivo foi incubada até que o pH atingisse o valor desejado (pH = 6).

O esquema fatorial usado foi 4 x 3 x 3, tendo o fósforo, como  $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , sido aplicado nos níveis de zero, um quarto, meia e uma vez a capacidade máxima de adsorção de fósforo, calculada pela Isoterma de Langmuir, conforme procedimento de FASSBENDER (10) e OLSEN e WATANABE (19), em três tipos de solos e com três cultivares de feijão. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com 4 repetições.

Além do corretivo e do fósforo, outros elementos foram aplicados, em solução nutritiva, isenta de fósforo, segundo WAUGH e FITTS (22). Foram feitas quatro aplicações, adicionando-se a cada uma 100 ml de solução nutritiva por 2 kg de solo. As quantidades totais usadas foram 840 mg de N, 780 mg de K, 160 mg de B, 0,88 mg de Mn, 0,26 mg de Zn, 0,04 mg de Cu, 0,02 mg de Mo e 1,25 mg de Fe.

No plantio, utilizaram-se os cultivares 'Preto Liso 677', 'Venezuela 510' e 'Sacavém 672', selecionados de acordo com as suas capacidades de absorção de fósforo (alta, média e baixa, respectivamente), segundo JUNQUEIRA NETO (16).

A colheita do material foi feita vinte e sete dias após o plantio, quando teve início a queda das primeiras folhas e a emissão de brotos florais. A parte aérea e as raízes foram colhidas em separado: a primeira foi cortada na base do coleto, e as raízes foram separadas do solo com o auxílio de peneira e jato de água. Ambas as partes foram lavadas com água destilada, postas em sacos de papel e secadas à temperatura de 70°C. Também separadamente, o material vegetal foi pesado e passado em



moinho tipo Wiley, fazendo-se, a seguir, a mineralização, por via seca. Verificou-se no extrato a existência de fósforo (6).

Obtidos esses dados, executaram-se as análises de variância, regressão e correlação, segundo GOMES (14).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados relativos às produções médias de matéria seca das plantas, expressas em grama/vaso, e a quantidade de P absorvido, em miligramas de P/vaso, encontram-se sintetizados no Quadro 3. Realizada a análise estatística dos dados, encontraram-se efeitos significativos para solos, níveis de fósforo de cultivares e interações dupla e tripla (Quadro 4).

Os dados relativos à matéria seca foram relacionados com os níveis de fósforo, como mostra a análise de regressão para cada cultivar. O melhor ajustamento ocorreu quando se usou a equação do segundo grau, exceto no solo de Lavras, no qual os cultivares 'Venezuela' e 'Preto Liso' tiveram valores significativamente ajustados à equação do primeiro grau (Figura 1). Pelas curvas de regressão, verifica-se que, aparentemente, os solos apresentam diferentes gradientes de fertilidade natural.

Os resultados evidenciam que os cultivares empregados apresentaram comportamentos diferentes, podendo observar variação nas produções, de acordo com as doses de P aplicadas e os solos empregados. Entre os cultivares testados, o 'Sacavém' se destacou como sendo o de maior capacidade de produção, e o 'Venezuela' como o de menor, ocupando o cultivar 'Preto Liso' posição intermediária. À exceção dos dois últimos cultivares, no solo de Lavras, observa-se que a partir de determinada quantidade de fósforo adicionada a produção de matéria seca diminui.

A máxima eficiência física para cada cultivar, em cada solo, variou de 0,58 (solo de Ituiutaba) a 1,18 (solo de Lavras) vez a capacidade máxima de adsorção. Essa amplitude assemelha-se à encontrada por BRAGA e DEFELIPO (4) e BAHIA FILHO (1) em Latossolos cultivados com painço e aveia, respectivamente.

A relação linear entre a produção de matéria seca e a quantidade de fósforo absorvida pelos cultivares 'Preto Liso' e 'Venezuela' no solo de Lavras se deve à menor capacidade de adsorção do fósforo nesse solo. Considerando sua elevada percentagem de argila, admite-se que a superfície específica dessas partículas tenha sido o fator que exerceu maior influência, dentre os demais, sobre o fenômeno de adsorção. Por outro lado, aquele solo apresentou maior energia de retenção do fósforo, o que dificultou a liberação do elemento. Ao contrário dos dois cultivares citados, o 'Sacavém' apresentou alta capacidade de extração e talvez tenha extraído a maior parte do fósforo adsorvido, atingindo o ponto máximo. Observa-se que, para igual produção de matéria seca (Figura 1), esses cultivares requerem doses mais elevadas do elemento. Isso indica que maior poder de absorção implica atingir o máximo de produção com menor dose de fósforo, fato observado em outras pesquisas, executadas por FOOT e HOWELL (12), com cultivares de soja.

As quantidades de fósforo absorvidas pelos vegetais, que mantiveram diferentes comportamentos na extração, à exceção do 'Preto Liso' e do 'Venezuela', no solo de Sete Lagoas, aumentaram acentuadamente, de acordo com as doses aplicadas. Para igual quantidade de fósforo acumulado, o cultivar 'Sacavém' requer menor quantidade do elemento e, com a mesma dose, apresenta maior quantidade acumulada, evidenciando maior capacidade de extração de fósforo do solo. Partindo desse princípio, é admissível supor (Figura 2) que no solo de Sete Lagoas (alta capacidade tampão) tenha havido contínua liberação de fósforo da fase sólida para a solução, durante o cultivo, satisfazendo as necessidades dos cultivares 'Preto Liso' e 'Venezuela', o mesmo não acontecendo para o cultivar 'Sacavém'.

QUADRO 3 - Produção de matéria seca e quantidade de fósforo absorvido pelas cultivares de feijão, com a aplicação de doses de fósforo (médias de 4 repetições)

Cultivares	Doses de Fósforo (1)	Produção de Matéria Seca			Fósforo Absorvido		
		Ituiutaba	Lavras	Sete Lagoas	Ituiutaba	Lavras	Sete Lagoas
		g/vaso			mg/vaso		
Venezuela	0,00 b	2,36	2,58	2,73	2,14	2,37	2,52
	0,25 b	3,28	2,95	7,22	4,14	3,73	10,21
	0,50 b	4,94	3,77	12,24	9,50	7,41	25,13
	1,00 b	3,77	5,97	14,83	13,30	15,61	50,65
Preto Liso	0,00 b	2,64	3,07	3,37	2,41	2,80	2,86
	0,25 b	3,79	3,89	6,83	4,62	4,92	9,74
	0,50 b	5,44	6,00	13,26	10,47	10,84	26,73
	1,00 b	4,91	7,47	16,02	16,70	19,01	48,61
Sacavém	0,00 b	4,91	4,85	6,36	4,28	4,30	5,89
	0,25 b	6,39	7,16	10,72	6,93	8,57	15,72
	0,50 b	7,77	11,13	15,74	13,69	16,73	28,92
	1,00 b	7,12	13,22	17,28	21,10	30,19	52,74

(1) b - significa capacidade máxima de adsorção - mg P/g de solo.

A eficiência de utilização do fósforo absorvido (grama de matéria seca/grama de fósforo absorvido/dia de cultivo) está inversamente relacionada com as doses aplicadas. Assim, admite-se que a utilização decresça até determinado valor, no qual o fósforo absorvido deixa de ser ou é lentamente convertido em massa (consumo de lixo).

Ainda mais, os aumentos das quantidades de fósforo absorvido, conforme as doses de P que foram aplicadas, refletem a existência de maior intensidade de fósforo na solução do solo. Considerando os efeitos dos solos, verificam-se respostas crescentes, de acordo com a capacidade tampão. As diferenças ocorridas na absorção de P são explicadas pelas diferenças de poder tampão dos solos estudados. Quando há alto valor de poder tampão de fósforo (PTF), o restabelecimento do teor de fósforo em solução, que é removido pelas plantas, é constante durante o cultivo; ao mesmo tempo, admite-se haver mais difusão do elemento da solução do solo até as raízes (efeito de concentração, além de outros fatores). Nos solos de Lavras e de

QUADRO 4 - Quadrados médios da análise de variância dos dados de matéria seca e fósforo absorvido

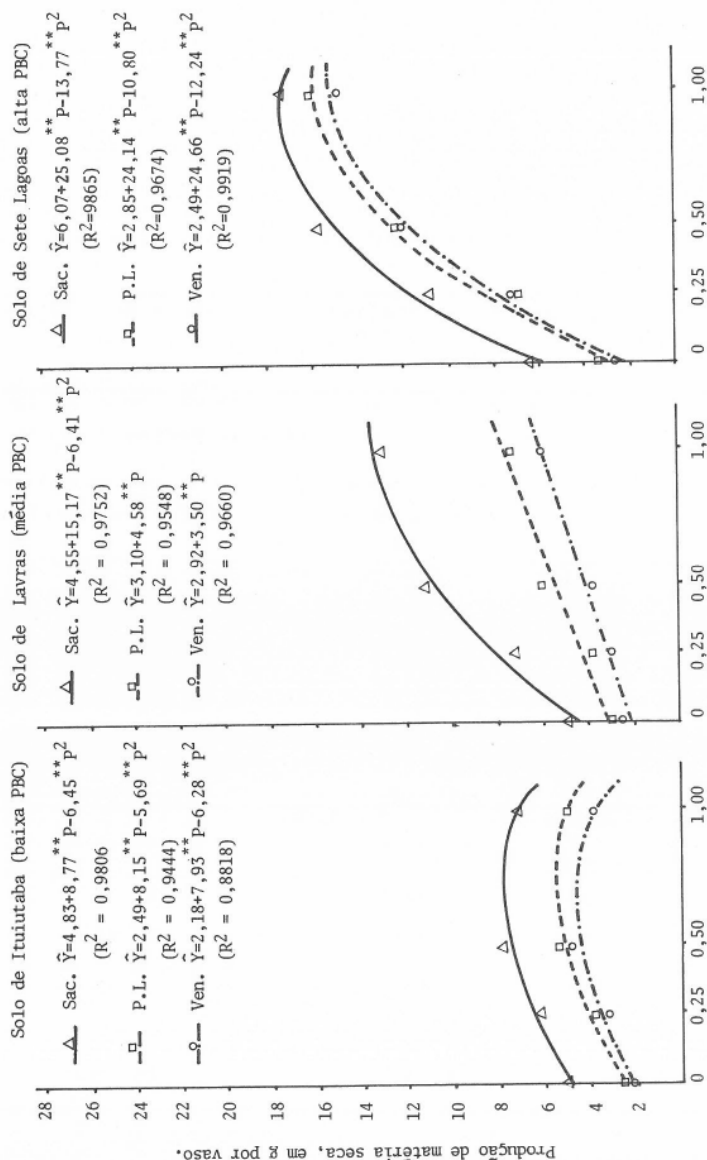
F.V.	GL	Quadrados Médios	
		Matéria seca	Fósforo absorvido
Blocos	3	3,15**	23,46**
Fósforo (P)	3	308,17**	4929,98**
Cultivares (C)	2	195,26**	351,38**
P x C	6	2,15**	20,03**
Solos (S)	2	444,30**	2920,63**
S x P	6	61,94**	735,86**
S x C	4	6,63**	20,51**
S x P x C	12	3,00**	11,75**
Resíduo	105	0,48	4,65
CV		9,73	15,08

\*\* - Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Ituiutaba, essas características diminuíram com a capacidade tampão, implicando menores quantidades totais de fósforo absorvido. Os resultados obtidos por OLSEN e WATANABE (19) NYE (18) e BARROW (3) são coerentes com esses dados.

No solo de Sete Lagoas (alto PTF), os cultivares 'Preto Liso' e 'Venezuela'





Doses de fósforo, em capacidade máxima de adsorção de fosfatos.

FIGURA 1. Produção de matéria seca por diferentes cultivares, de acordo com as doses de fósforo e a capacidade tampão dos solos.

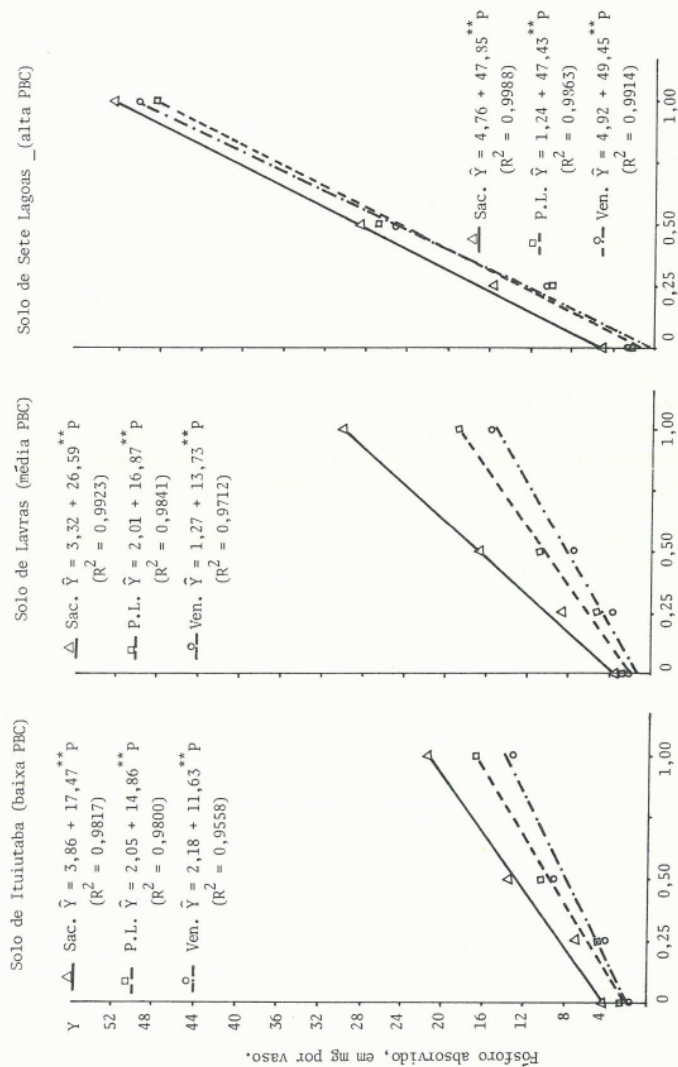


FIGURA 2. Fósforo absorvido por diferentes cultivares, de acordo com as doses de fósforo e a capacidade de tampão dos solos.



absorveram quantidades praticamente iguais. Isso se justifica pela alta difusão e manutenção da intensidade do fósforo suficiente para atender à demanda dos vegetais, com o que concorda NYE (18), que relata aumento de absorção com o poder de extração das raízes apenas quando a difusão é limitante. Com doses elevadas, as variedades testadas não diferiram, havendo diferença considerável na ausência do elemento.

#### 4. RESUMO E CONCLUSÕES

Com o objetivo de estudar algumas características dos solos, com relação ao poder de adsorção de fósforo pelo vegetal, utilizaram-se três Latossolos Vermelho-Escuro e três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), com diferentes capacidades de adsorção de fósforo.

O ensaio foi conduzido em casa-de-vegetação, utilizando-se quatro doses de fósforo, 0,0, 0,25, 0,5, e 1,0 vez a capacidade máxima de adsorção de fósforo de cada solo. A aplicação foi efetuada sob a forma líquida, usando  $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  como fonte do elemento.

Os tratamentos consistiram no esquema fatorial  $3 \times 3 \times 4$  (três solos, três cultivares e quatro doses de fósforo), com 4 repetições, no delineamento de blocos ao acaso. Vinte e sete dias após o plantio o material vegetal foi colhido, secado, pesado e analisado, determinando-se o teor de fósforo. Relacionou-se a produção de matéria seca com as doses aplicadas, com o fósforo absorvido pelos vegetais e com a capacidade tampão de fósforo dos três solos escolhidos para o ensaio. Com base nos dados obtidos, chegou-se às seguintes conclusões:

1 — Os cultivares apresentaram comportamentos diferentes quanto ao poder de absorção de fósforo do solo, sendo que o cultivar 'Sacavém' se destacou com maior capacidade de absorção.

2 — Verificou-se um aumento da produção de matéria seca e da quantidade de fósforo absorvido com o aumento dos níveis de fósforo e da capacidade tampão dos solos.

3 — O efeito linear das doses de fósforo sobre a produção de matéria seca dos cultivares 'Preto Liso' e 'Venezuela', no solo de Lavras, evidencia a possível influência da energia de retenção de fosfato sobre o poder de absorção desses cultivares.

4 — Verificou-se que parte do fósforo absorvido pelos cultivares não foi convertida em matéria seca, havendo eficiência de conversão com a aplicação de doses maiores.

#### 5. SUMMARY

The objectives of this study were to relate some characteristics of three soils with the phosphorus uptake by three cultivars of snap-beans.

The data obtained permitted the following conclusions:

1 — The cultivars were different in phosphorus uptake;

2 — There were increases in dry matter yield and in phosphorus uptake when the rates of phosphorus and the buffer capacity increased;

3 — In two cultivars and in one soil type, the weight of dry matter was correlated with rates of phosphorus. This shows the effect of the bonding energy of phosphorus on the absorption power of the cultivars; and,

4 — Part of the phosphorus uptake did not convert into dry matter. At higher rates the efficiency of conversion was greater.

## 6. LITERATURA CITADA

1. BAHIA FILHO, A.F.C. *Fósforo em latossolo do Estado de Minas Gerais: Intensidade, capacidade tampão e quantidade de fósforo, fósforo «disponível» e crescimento vegetal*. Viçosa, U.F.V., Imprensa Universitária, 1974. 69 p. (Tese M.S.).
2. BALDOVINOS, F. & THOMAS, G.W. The effect of soil clay content on phosphorus uptake. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 31(5):680-682. 1967.
3. BARROW, N.J. Relationship between uptake of phosphorus by plants and the phosphorus potential and buffering capacity of the soil-An attempt to test, Schofield's hypothesis. *Soil Sci.*, 104(2):99-106. 1967.
4. BRAGA, J.M. & DEFELIPO, B.V. Relação entre formas de fósforo inorgânico, fósforo disponível e material em solos sob vegetação de cerrado: I. Trabalhos de laboratório. *Rev. Ceres*, 19(102):124-136. 1972.
5. BRAGA, J.M. & DEFELIPO, B.V. Relação entre formas de fósforo inorgânico, fósforo disponível e material em solos sob vegetação de cerrado: II. Trabalhos em estufa. *Rev. Ceres*, 19(104):248-260. 1972.
6. BRAGA, J.M. & DEFELIPO, B.V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solo e material vegetal. *Rev. Ceres*, 21(113):73-85. 1974.
7. BRAY, T.H. Correlation of soil tests with crop response to added fertilizers and with fertilizer requirements. In: KITCHEN, H.B. *Diagnostic techniques for soils and crops*. Washington, The American Potash Institute, 1948. p. 53-86.
8. CATANI, R.A.; GALLO, J.R. & GARGANTINI, H. *Amostragem de solo, métodos de análise, interpretação e indicações gerais para fins de fertilidade*. Campinas, Instituto Agrônômico, 195. 28 p. (Bol. Téc. 69).
9. CHANG, S.C. & JUO, S.R. Available phosphorus in relation to forms of phosphate in soils. *Soil Sci.*, 95(2):91-96. 1963.
10. FASSBENDER, H.W. La adsorción de fosfatos en suelos fuertemente ácidos y su evaluación usando la Isoterma de Langmuir. *Fitotecnia Latino-Americana*, 3(1-2):203-216. 1966.
11. FASSBENDER, H.W.; MULLER, L. & BALERDI, F. Estudio del fósforo en suelos de América Central. II: Formas y su relación con las plants. *Turrialba*, 3(1-2):203-216. 1966.
12. FOOTE, B.D. & HOWELL, R.W. Phosphorus tolerance and sensitivity of soybeans as related to uptake and translocation. *Plant Physiol*, 39(4):610-613. 1964.
13. FRIED, M. & SPHAPIRO, R.E. Soil-plant relations in phosphorus uptake. *Soil Sci.*, 90(1):69-76. 1960.
14. GOMES, F.P. *Curso de Estatística Experimental*. 3.<sup>a</sup> ed. São Paulo, ESALQ, 1966. 404 p.

15. GUNARY, D. & SUTTON, C.D. Soil factors affecting plant uptake of phosphate. *J. Soil Sci.*, 18(1):167-173, 1967.
16. JUNQUEIRA NETO, A. *Resposta diferencial de variedade de feijão (Phaseolus vulgaris L.) à adubação nitrogenada e fosfatada*. Viçosa, UFV, 1977. 99 p. (Tese de «Doctor Scientiae»).
17. KOYAMA, T. & CHAMMEK, C. Soil-plant nutrition studies on tropical rice. I. Studies on the varietal differences in absorbing phosphorus from soil low in available phosphorus. *Soil Sci. Plant. Nutr.*, 17(3):115-126, 1971.
18. NYE, P.H. The effect of the nutrient intensity and buffering power of a soil, and the absorbing power, size and root hairs of a root, on nutrient absorption, by diffusion. *Plant and Soil*, 25(1):81-105, 1966.
19. OLSEN, S.R. & WATANABE, F.S. A method to determine a phosphorus adsorption maximum of soils as measured by the Langmuir Isotherm. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 21(2):144-149, 1957.
20. SINGH, R.N., MARTENS, D.C. & OBENSHAIN, S.S. Plant availability and form of residual phosphorus in Davidson clay loam. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 30(5):617-620, 1966.
21. SUSUKI, A., LAWTON, K. & DOLL, E.C. Phosphorus uptake and soil tests as related to form of phosphorus in some Michigan soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 27(4):401-403, 1963.
22. WAUGH, D.L. & FITTS, J.M. *Soil test interpretation studies: Laboratory and potted plant*. Raleigh, North Carolina State University, 1966. 33 p. (Bulletin 3).
23. WOODRUFF, J.R. & KAMPRATH, E.J. Phosphorus adsorption maximum as measured by the Langmuir Isotherm and its relationship to phosphorus availability. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 29(2):148-150, 1965.