

RELAÇÃO ENTRE FORMAS DE FÓSFORO INORGÂNICO, FÓSFORO DISPONÍVEL
E MATERIAL EM SOLOS SOB A VEGETAÇÃO DE CERRADO: II - TRABALHOS
EM ESTUFA*

José Mário Braga
Braz Vítor Defelipo**

1. INTRODUÇÃO

No estudo das relações entre fósforo e o vegetal, variáveis diversas podem alterar não só o comportamento do vegetal no solo, como modificar as interpretações que normalmente são feitas sobre estas relações. Uma das variáveis é a quantidade de fósforo que deve ser adicionada para que o vegetal possa desenvolver-se, sem limitação, por deficiência do elemento testado. A capacidade máxima de adsorção, calculada pela isoterma de Langmuir, tem sido usada para determinar a quantidade de fósforo a ser adicionada em ensaios de estufa (14,23).

A adição de fósforo ao solo altera as formas que ficam em equilíbrio natural e, assim, muda a forma preferencial de absorção de fósforo, pelo vegetal (7,18,21).

Alguns trabalhos têm mostrado que a forma P-Al é absorvida preferencialmente às demais (10,15), enquanto outros têm mostrado que é a forma P-Fe a mais intensamente absorvida (2,18). BRAGA e DEFELIPO (3) encontraram que a forma de fósforo disponível, obtida com o extrator Bray 1 e com o Bray 2, correlaciona com a forma P-Fe, enquanto o extrator de Norte Carolina correlacionou com a forma P-Al.

Este trabalho foi instalado com o objetivo de estudar as

* Esta pesquisa foi, em parte, financiada pelo Conselho Nacional de Pesquisas.

Aceito para publicação em 15-5-1972.

** Respectivamente, Professor Adjunto e Professor Assistente da Universidade Federal de Viçosa.

relações entre as formas de fósforo inorgânico, fósforo disponível e o vegetal, em estufa, em amostras de solos sob a vegetação de cerrado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

As amostras utilizadas neste ensaio foram as mesmas usadas por BRAGA e DEFELIPO (3). As principais características físicas e químicas, assim como as formas de fósforo inorgânico e as formas disponíveis usando os extratores Norte Carolina 1:10, Bray 1, Bray 2, H_2SO_4 0,05 N e Olsen das amostras de solo, estão naquele trabalho.

As amostras de solo, depois de sofrerem calagem, foram colocadas em vasos de plástico, com capacidade de 1 kg. Em todos os vasos aplicaram-se, inicialmente, nitrogênio e potássio na forma, respectivamente, de sulfato de amônio e de cloreto de potássio. O fósforo foi aplicado nos níveis de 0x - 0,5x - 1,0x - 2,0x, como KH_2PO_4 , onde x é a capacidade máxima de adsorção calculada pela isoterma de Langmuir (9,14).

Em cada vaso de plástico foram plantadas 25 sementes de painço (*Setaria italica* Beauv), tendo sido desbastadas, após uma semana de germinadas, 10 plântulas. Semanalmente, aplicou-se uma solução nutritiva contendo todos os elementos, menos o fósforo, conforme recomenda WAUGH e FITTS (22).

Após quarenta dias, o vegetal foi cortado rente ao solo, colocado em sacos de papel e secado em estufa a 67°C, durante dois dias. O material foi pesado, moído e determinado o teor de fósforo no material, usando a técnica de BRAGA e DEFELIPO (3).

Colhido o vegetal dos vasos de plástico, foram tiradas amostras de solos e determinaram-se as frações de fósforo inorgânico, segundo o método de CHANG e JACKSON (8), e de fósforo disponível, usando-se os extratores de Norte Carolina (20), Bray 1 e 2 (13), H_2SO_4 0,05N (6) e Olsen (11).

Foi considerado como crescimento relativo a percentagem do peso do apinho na testemunha (que recebeu apenas NK) em relação ao peso máximo obtido no tratamento NPK (4).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os pesos médios da parte aérea do material do ensaio de estufa estão no quadro 1.

Estes dados foram analisados estatisticamente e encontrou-se resposta altamente significativa para o solo, nível de fósforo e para a interação solo x nível de fósforo. Os dados ainda foram ajustados à base equação do 2º grau e à de Mitscherlich.

As equações ajustadas forneceram valores que não diferem

QUADRO 1 - Pesos médios (g/vaso) da parte aérea do material vegetal

| Amostras de solos | Nível de fósforo aplicado (*) | | | |
|----------------------|-------------------------------|-------|------|------|
| | 0 x | 1/2 x | 1x | 2x |
| 1 | 4,9 | 22,2 | 26,3 | 29,2 |
| 2 | 3,3 | 24,5 | 26,9 | 33,1 |
| 3 | 1,4 | 14,9 | 21,4 | 26,4 |
| 4 | 14,4 | 27,5 | 34,8 | 33,8 |
| 5 | 2,9 | 21,3 | 25,1 | 33,7 |
| 6 | 1,4 | 14,8 | 18,3 | 17,7 |
| 7 | 2,3 | 17,2 | 19,8 | 25,3 |
| 8 | 7,0 | 13,5 | 15,9 | 17,8 |
| 9 | 2,0 | 18,2 | 24,6 | 28,9 |

(*) x é a capacidade máxima de adsorção

que não diferem estatisticamente para o mesmo solo, tanto para a produção máxima como para a quantidade de fósforo aplicada. A quantidade de fósforo para atingir a produção máxima vai de 0,4x a 1,3x, com média de 0,63x. WOODRUFF e KAMPRATH (23), utilizando submúltiplos da capacidade máxima de adsorção, calculada pela isoterma de Langmuir, obtiveram resultados semelhantes aos que foram aqui apresentados.

O material vegetal foi analisado quimicamente, determinando-se a percentagem de fósforo e quantidade de fósforo absorvido, além do crescimento relativo do vegetal. Os dados obtidos estão no quadro 2.

A análise estatística dos dados de fósforo absorvido e da percentagem de fósforo do material vegetal mostrou valores significativos para solos, níveis de fósforo aplicado e quantidade de fósforo absorvido. A equação que melhor se ajustou aos dados de percentagem de fósforo, no material vegetal absorvido, foi a da linha reta.

A recuperação das quantidades de fósforo pelo material vegetal foi, no máximo, de 18% (amostra 4) e, no mínimo, 8% (amostra 8). Esta amplitude está dentro da faixa constante na literatura, conforme citação de SEATZ e STAMBERY (17).

O peso do material vegetal (quadro 1), quando não foi aplicado o fósforo (nível zero), e os dados do quadro 2 foram relacionados com frações do fósforo inorgânico. Os resultados estão no quadro 3.

QUADRO 2 - Percentagem de fósforo no material vegetal, fósforo absorvido pelo vegetal (mg de P/ vaso) e crescimento relativo (%)

| Amostra de solo | Nível de fósforo aplicado (*) | | | | | | | | Crescimento Relativo |
|--------------------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------------------|
| | 0 x | | 1/2 x | | 1 x | | 2 x | | |
| | % P | Pabs. | % P | Pabs. | % P | Pabs. | % P | Pabs. | |
| | | | | | | | | | |
| 1 | 0,057 | 2,8 | 0,126 | 27,9 | 0,178 | 46,8 | 0,305 | 89,1 | 18,7 |
| 2 | 0,091 | 3,0 | 0,105 | 25,7 | 0,197 | 52,9 | 0,318 | 105,2 | 14,2 |
| 3 | 0,047 | 0,6 | 0,150 | 22,3 | 0,221 | 47,3 | 0,270 | 71,3 | 6,6 |
| 4 | 0,066 | 9,5 | 0,158 | 43,4 | 0,201 | 73,1 | 0,349 | 117,9 | 38,9 |
| 5 | 0,098 | 2,8 | 0,116 | 24,7 | 0,212 | 53,2 | 0,298 | 99,7 | 12,3 |
| 6 | 0,042 | 0,6 | 0,097 | 14,4 | 0,162 | 29,6 | 0,192 | 33,9 | 9,4 |
| 7 | 0,62 | 1,4 | 0,146 | 25,1 | 0,204 | 40,4 | 0,224 | 56,7 | 12,9 |
| 8 | 0,076 | 5,3 | 0,112 | 16,5 | 0,231 | 37,1 | 0,304 | 54,0 | 40,1 |
| 9 | 0,096 | 1,9 | 0,115 | 20,9 | 0,186 | 45,7 | 0,321 | 92,7 | 8,5 |

(*) x é a capacidade máxima de adsorção de fósforo.

QUADRO 3 - Relações entre formas de fósforo inorgânico em solos sem calagem, antes do plantio, como peso da testemunha, crescimento relativo, percentagem de fósforo na parte aérea e fósforo recuperado.

| 1. Correlação linear | | | | |
|----------------------------|-----------------------------|----------|--|-----------|
| | P - Al | P - Fe | P - Ca | P - sol |
| Peso da testemunha | 0,5358 NS | 0,8259** | 0,6709* | 0,8710** |
| % de P na parte aérea | 0,2675 NS | 0,4574NS | 0,4834 NS | 0,2322 NS |
| P recuperado | 0,5370 NS | 0,8978** | 0,7368* | 0,9014** |
| Cresc. relativo | 0,2989 NS | 0,6148NS | 0,5758 NS | 0,6946* |
| 2. Regressão múltipla | | | | |
| Fração de fósforo incluída | Coeficiente de determinação | | Equação de regressão | |
| 2.1. Peso da testemunha | | | | |
| P-Al | 0,2871 NS | | $Y = -2,99+0,0113 X_{P-Al} + 0,1106* X_{P-Fe}$ | |
| P-Al+P-Fe | 0,6843* | | | |
| P-Al+P-Fe+P-Ca | 0,689 NS | | | |
| 2.2. % de P na parte aérea | | | | |
| P-Alq | 0,071 NS | | | |
| P-Al+P-Fe | 0,2093 NS | | | |
| P-Al+P-Fe+P-Ca | 0,3391 NS | | | |
| 2.3. P recuperado | | | | |
| P-Al | 0,2884 NS | | $Y = -2,28 - 0,001 X_{P-Al} + 0,085* X_{P-Fe}$ | |
| P-Al+P-Fe | 0,8161 ** | | | |
| P-Al+P-Fe+P-Ca | 0,8072 * | | | |
| 2.4. Crescimento relativo | | | | |
| P-Al | 0,089 NS | | | |
| P-Al+P-Fe | 0,3912 NS | | | |
| P-Al+P-Fe+P-Ca | 0,524 NS | | | |

NS - não significativo
 * - significativo a 5%
 ** - significativo a 1%

Os dados do quadro 3 mostram que das frações de fósforo inorgânico do solo, apenas a fração P-Fe altera o peso da testemunha e do fósforo absorvido. As outras frações não alteram significativamente os parâmetros considerados.

Da quantidade de fósforo ativo (soma das frações P-Al, P-Fe e P-Ca) a maior quantidade de fósforo está sob a forma ligada a ferro, o que justifica a absorção preferencial verificada neste ensaio. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por SINGH *et alii* (18).

Correlacionando os dados do quadro 2 com os teores de fósforo disponível obtido com os extratores Norte Carolina 1:10, Bray 1, Bray 2, H_2SO_4 0,05N e o extrator de Olsen, encontraram-se coeficientes de correlação linear entre o crescimento relativo e teores de fósforo disponível, quando o extrator foi o Norte Carolina 1:10 e entre as quantidades de fósforo absorvidas com os teores de fósforo disponível obtido com os extratores Bray 1 e Olsen. De acordo com os dados já obtidos por BRAGA e DEFELIPO (3), com estes solos, os teores de fósforo disponível correlacionaram com a fração P-Fe, o que explica a absorção, pelo material vegetal, do fósforo, na forma P-Fe. O coeficiente de correlação linear entre os teores de fósforo com Bray 1 e crescimento relativo é relativamente alto ($r = 0,527$), embora não seja significativo a 5%. Como são poucos os dados e os valores de crescimento relativo são baixos, não é possível tentar fazer maior relacionamento entre crescimento relativo e fósforo disponível pelos diversos extratores.

Os teores de fósforo das frações inorgânicas e o disponível foram determinados, e os resultados obtidos estão no quadro 4.

Os dados do quadro 4 mostram que a quantidade de fósforo disponível correlaciona estreitamente com as quantidades de fósforo aplicadas para cada solo, entretanto, diferença na declividade das retas, o que sugere uma diferença no poder de extração de fósforo. O ácido sulfúrico extrai mais fósforo do que os demais extratores em qualquer dos níveis de fósforo usados. O Norte Carolina 1:10 extrai mais fósforo do que Bray 1, em alguns solos, quando o nível de fósforo aplicado foi a metade da capacidade máxima de adsorção. Quando se aplicou fósforo em quantidade igual, ou ao dobro da capacidade máxima de adsorção, a quantidade extraída pelo Norte Carolina 1:10 foi maior que a obtida pelo Bray 1, em todos os solos. Pelo quadro 5, nota-se que com a aplicação da metade da capacidade máxima de adsorção, a maior variação, comparada com a testemunha, é da forma P-Al e a menor variação como o P-Ca. Assim, neste caso, o Bray 1 obterá mais fósforo disponível do que o Norte Carolina. Com a aplicação da quantidade igual ou o dobro da capacidade de adsorção, a maior variação foi devido à forma P-Ca e, neste caso, o Bray 1 é menos eficiente do que o Norte Carolina.

QUADRO 4 - Teores de fósforo disponível (ppm), conforme o extrator usado e em amostras de solos, após a colheita de painço

Nível de fósforo aplicado (*)

| Solo | 0 x | | | | 0,5 x | | | | 1,0 x | | | | 2,0 x | | | |
|------|------------------------|-----------|----------------|------------------------|-----------|----------------|------------------------|-----------|----------------|------------------------|-----------|----------------|------------------------|-----------|----------------|------------------------|
| | Norte Caro- lina | Bray 1 | H2S04 0,05H | Norte Caro- lina | Bray 1 | H2S04 0,05N | Norte Caro- lina | Bray 1 | H2S04 0,05N | Norte Caro- lina | Bray 1 | H2S04 0,05N | Norte Caro- lina | Bray 1 | H2S04 0,05N | Norte Caro- lina |
| 1 | 30 | 26 | 56 | 60 | 87 | 112 | 150 | 148 | 201 | 330 | 304 | 412 | | | | |
| 2 | 7 | 22 | 60 | 70 | 70 | 107 | 127 | 122 | 206 | 367 | 278 | 459 | | | | |
| 3 | 4 | 9 | 33 | 47 | 61 | 85 | 141 | 122 | 206 | 532 | 296 | 511 | | | | |
| 4 | 15 | 35 | 47 | 52 | 78 | 122 | 135 | 156 | 216 | 375 | 330 | 441 | | | | |
| 5 | 11 | 30 | 28 | 60 | 78 | 112 | 142 | 130 | 192 | 285 | 261 | 375 | | | | |
| 6 | 6 | 9 | 19 | 39 | 26 | 56 | 105 | 87 | 141 | 277 | 174 | 291 | | | | |
| 7 | 11 | 9 | 28 | 120 | 78 | 141 | 296 | 252 | 356 | 555 | 400 | 497 | | | | |
| 8 | 19 | 17 | 56 | 94 | 87 | 112 | 169 | 182 | 281 | 405 | 339 | 534 | | | | |
| 9 | 22 | 17 | 28 | 62 | 70 | 103 | 142 | 139 | 215 | 480 | 278 | 478 | | | | |

(*) x é a capacidade máxima de adsorção

QUADRO 5 - Formas de fósforo inorgânico, obtidas após o corte de painço

| Solo | Nível (%) | Fração de fósforo (ppm) | | | | | |
|------|-----------|--------------------------------------|-------|-------|-------|--------|------------------------|
| | | P-solú- vel NH ₄ Cl | P-Al | P-Fe | P-Ca | Soma | P-Sol. redu- tor |
| 1 | 0x | 1,1 | 74,8 | 44,0 | 22,0 | 141,9 | 35,1 |
| | 0,5x | 6,6 | 158,4 | 66,0 | 30,8 | 261,8 | 43,8 |
| | 1,0x | 17,5 | 253,0 | 145,2 | 44,0 | 459,7 | 87,7 |
| | 2,0x | 21,9 | 528,0 | 176,0 | 110,0 | 835,9 | 96,5 |
| 2 | 0x | 1,0 | 61,6 | 91,5 | 30,8 | 184,9 | 61,4 |
| | 0,5x | 2,2 | 145,2 | 156,6 | 44,0 | 348,0 | 78,9 |
| | 1,0x | 8,8 | 242,0 | 178,2 | 88,0 | 517,0 | 96,5 |
| | 2,0x | 43,8 | 505,0 | 264,0 | 220,0 | 1032,0 | 122,8 |
| 3 | 0x | 0,1 | 30,8 | 22,8 | 21,7 | 75,3 | 35,0 |
| | 0,5x | 6,6 | 114,4 | 88,0 | 32,5 | 241,5 | 87,7 |
| | 1,0x | 17,5 | 220,0 | 132,0 | 88,0 | 457,5 | 105,2 |
| | 2,0x | 65,8 | 506,0 | 182,8 | 176,0 | 930,6 | 122,8 |
| 4 | 0x | 2,2 | 61,6 | 98,5 | 52,2 | 214,5 | 70,2 |
| | 0,5x | 4,4 | 123,2 | 132,0 | 52,8 | 312,4 | 105,2 |
| | 1,0x | 8,8 | 220,0 | 176,0 | 121,0 | 535,8 | 140,3 |
| | 2,0x | 43,8 | 440,0 | 264,0 | 242,0 | 989,8 | 157,8 |
| 5 | 0x | - | 74,8 | 93,9 | 48,4 | 217,1 | 70,2 |
| | 0,5x | - | 149,8 | 123,2 | 52,8 | 325,8 | 70,2 |
| | 1,0x | 4,4 | 253,0 | 154,0 | 132,8 | 544,2 | 96,6 |
| | 2,0x | 21,9 | 440,0 | 176,0 | 154,0 | 991,9 | 131,5 |
| 6 | 0x | - | 30,8 | 24,8 | 17,6 | 73,2 | 47,4 |
| | 0,5x | 4,4 | 61,6 | 33,0 | 17,6 | 116,6 | 87,7 |
| | 1,0x | 13,1 | 121,0 | 72,6 | 22,0 | 228,7 | 87,7 |
| | 2,0x | 43,8 | 125,4 | 158,4 | 44,0 | 371,6 | 87,7 |
| 7 | 0x | - | 35,2 | 26,9 | 8,8 | 70,9 | 52,6 |
| | 0,5x | 6,6 | 118,8 | 61,6 | 13,0 | 200,0 | 78,9 |
| | 1,0x | 61,3 | 242,0 | 105,8 | 22,0 | 431,1 | 52,6 |
| | 2,0x | 131,4 | 352,0 | 176,0 | 88,0 | 747,4 | 61,4 |
| 8 | 0x | - | 35,2 | 74,8 | 26,4 | 136,4 | 70,2 |
| | 0,5x | 4,4 | 118,8 | 113,8 | 35,2 | 272,2 | 122,8 |
| | 1,0x | 26,3 | 297,0 | 151,8 | 88,0 | 563,1 | 87,7 |
| | 2,0x | 43,8 | 484,0 | 255,2 | 264,0 | 1047,0 | 105,2 |
| 9 | 0x | 1,1 | 66,0 | 86,2 | 30,8 | 184,1 | 52,6 |
| | 0,5x | - | 127,6 | 117,4 | 30,8 | 275,6 | 52,6 |
| | 1,0x | 8,8 | 242,0 | 178,2 | 88,0 | 517,0 | 87,7 |
| | 2,0x | 43,8 | 462,0 | 264,0 | 264,0 | 1033,8 | 70,2 |

(*) x é a capacidade máxima de absorção.

Comparando os valores de fósforo disponível (quadro 4) da testemunha (nível 0x) com os do fósforo, antes de instalar o ensaio, há um aumento do fósforo disponível obtido com H_2SO_4 em todas as amostras do solo. Possivelmente, este aumento seja causado pelo maior período de contato do calcário com o solo, alterando, no sentido P-Al para P-Ca, o equilíbrio entre as formas de fósforo, o que concorda com os dados de CABALA e FASSBENDER (5), FASSENDER *et alii* (10) e BRAGA e DEFELIPO (3). Outro fator a considerar é a permanência das amostras de solo em nível elevado de umidade, favorecendo o potencial de redução do solo e, desta maneira, possibilitando a liberação de forma P menos solúvel (13,18) e a maior solubilização das formas ligadas a alumínio e a ferro.

As formas de fósforo alteram-se significativamente com a adição das quantidades de fósforo (quadro 5). Nota-se que os acréscimos de fósforo sob as diferentes formas são mais pronunciadas, em especial para a forma solúvel P-Fe e P-Ca, após aplicação da quantidade correspondente à metade da capacidade máxima de adsorção.

Estes dados não sugerem que o complexo adsorvente do solo tenha sido saturado. Com a adição de fósforo, os dados das frações de fósforo (quadro 5) mostraram-se correlacionados com os níveis de fósforo usados. Possivelmente, com o maior tempo de contato do fósforo com o solo, tenha havido adsorção plurimolecular (9, 12, 16, 19).

Os dados de percentagem de fósforo no material vegetal, fósforo absorvido e crescimento relativo, foram correlacionados com os dados de fósforo disponível e formas de fósforo nas amostras de solos, após colhido o material vegetal. Em relação ao peso do material vegetal, verificou-se que a inclusão de forma P-Al, na equação de regressão, o coeficiente de determinação foi de 55,8%. Este coeficiente passou para 70,8% quando se incluiu, além da fração P-Al, também as formas P-Fe e P-Ca, mas somente os coeficientes das P-Al e P-Fe foram significativos.

Para a percentagem de fósforo no material vegetal, a forma P-Al mostrou coeficiente de determinação altamente significativamente, com a inclusão das formas P-Fe e P-Ca ($r^2 = 91,6$).

Correlacionado o fósforo absorvido pelo vegetal com as formas de fósforo, o coeficiente de determinação passa de 27,91%, quando só se inclui a forma de fósforo solúvel, para 82,8%, quando da inclusão de P-Al, porém, pouco altera, quando outras formas são incluídas. Outros trabalhos têm mostrado a mesma relação (1, 2, 10, 15).

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Com a finalidade de permitir o estudo das relações entre

fósforo, forma da fração inorgânica e disponível, com o vegetal, o ensaio foi instalado em estufa, a fim de obterem-se os dados sobre o crescimento vegetal, fósforo absorvido e crescimento relativo. Estes parâmetros foram correlacionados com os teores de fósforo, antes e após o corte de painço (*Setaria italica* Beauv). O ensaio teve a duração de um mês e foram utilizadas amostras de Latossolo Vermelho Escuro, textura média do Triângulo Mineiro.

Os dados obtidos conduziram às seguintes conclusões:

1. O peso máximo de material vegetal foi obtido quando se adicionou a quantidade de fósforo correspondente à capacidade máxima de adsorção.

2. O vegetal recuperou de 8 a 18% da quantidade de fósforo adicionada.

3. Os valores do crescimento relativo do painço correlacionaram com os teores de fósforo disponível obtido com Norte Carolina; o fósforo absorvido correlacionou com os teores de fósforo disponível quando se usou os extratores de Bray 1 e Olsen.

4. O peso do apinço correlacionou com a fração P-Fe de antes do plantio, mas foi a fração P-Al que melhor correlacionou com o peso do material, percentagem de fósforo no material vegetal e fósforo absorvido, após colhido o material vegetal.

5. SUMMARY

An experiment was installed in a greenhouse with the objective of studying the relationship phosphorus (inorganic and available fraction form) and the plant, in order to obtain data about plant growth, absorbed phosphorus and relative yield. These parameters were correlated with phosphorus levels before and after the millet (*Setaria italica* Beauv) harvest. The experiment lasted one month. Samples of Dark Red Latossolo soil of medium texture, from the Triangulo Mineiro, were used.

The data obtained led to the following conclusions:

1. The maximum weight of the vegetative material was obtained when the quantity of phosphorus corresponding to the capacity of absorption was used.

2. Plant recovered 8 to 18% of the added phosphorus.

3. The relative yield of millet correlated well with rates of available phosphorus obtained with North Carolina extractor; the absorbed phosphorus was highly correlated with the available phosphorus obtained with Bray 1 and Olsen extractors.

4. The weight the millet correlated with the P-Fe e fraction as measuvel before the planting, but it was the P-Al fraction that correlated best with the weight of the harvested material, its percentage of phosphorus and the absorbed phosphorus.

6. LITERATURA CITADA

1. ALBAN, L.A., VACHAROTAYAN, S. & JACKSON, M.L. Proosphorus availability in reddish brown lateritic soils. I. Labora-tory studies. *Agron. J.*, Madison, 56: 555-558. 1964.
2. AL-BRAS, A.H. & BARBER, S.A. A soil test for phosphorus based upon fractionation of soil phosphorus. I. Core-lation of soil phosphorus fractions with plant available phosphorus. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, 28: 218-221. 1964.
3. BRAGA, J.M. & DEFELIPO, B.V. Relação entre as formas de fósforo inorgânico, disponível e material vegetal em so-los sob vegetação de cerrado. I. Trabalhos de Laborató-rio. *Rev. Ceres*, Viçosa, 19(102):124-136. 1972.
4. BRAY, R.H. Correlation of soil tests with crop response to added fertilizers and with fertilizer requeriments. In KITCHEN, H.B. *Diagnostic techniques for soils and crops*. Washington, The American Potash Institute, 1947. pp. 53-85.
5. CABALA, R.P. & FASSBENDER, H.W. Efecto del encalado en las formas y disponibilidad de fosforo en suelos de la region cacaotera, Bahia; Brasil. Turrialba, Costa Rica, 21:38-46. 1971.
6. CATANI, R.A., GALLO, J.R. & GARGANTINI, H. *Amostragem do solo, métodos de análises, interpretação e indicações ge-rais para fins de fertilidade*. Campinas, Inst. Agronômi-co, 1955 28 p. (Bol. nº 69).
7. CHANG, S.C. & CHU, W.K. The fate of soluble phosphate ap-plied to soils. *Soil Sci.*, Inglaterra, 12: 286-293. 1961.
8. CHANG, S.C. & JACKSON, M.L. Fractionation of soil phospho-rus *Soil Sci.*, Baltimore, 84: 133-144. 1957.

9. FASSBENDER, H.W. La adsorción de fosfatos en suelos fuertemente ácidos y su evaluación usando la isoterma de Langmuir. *Fitotecnia Latino-americana*, Turrialba. 3: 203-216. 1966.
10. FASSBENDER, H.W., MULLER, L. & BALERDI, F. Estudio del fósforo en suelos de América Central. II. Formas y su relación con las plantas. *Turrialba*, Costa Rica, 18: 333-347. 1968.
11. JACKSON, M.L. *Soil chemical analysis*. New Jersey, Prentice Hall, 1968. 498 p.
12. HSU Pa Ho. Adsorption of phosphate by aluminum and iron in soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, 28: 474-478. 1964.
13. MANDALL, L.N. & DAS, R.K. Transformation of applied water soluble phosphate in acidic lowland rice soils. *Soil Sci.*, Baltimore, 110: 263-267. 1970.
14. OLSEN, S.R. & WATANABE, F.S. A method to determine a phosphorus adsorption maximum of soils as measured by the Langmuir isotherm. *Soil Sci. Amer. Proc.*, Madison, 21: 144-149. 1957.
15. PAYNE, H. & HANNA, W.J. Correlations among soil phosphorus fractions, extractable phosphorus and plant content of phosphorus. *J. Agric. Ed. Chem.*, Washington, 13: 322-326. 1965.
16. PRATT, P.F. *Química do solo*. Rio de Janeiro. Min. Agric., 1966. 88 p.
17. SEATZ, L.F. & STANBERRY, C.O. Advances in phosphate fertilization. In McVIKAR et alied. *Fertilizer technology and usage*. Soil Sci. Soc. Amer., Madison, 1963. pp.155-187.
18. 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.*, Madison 30: 617-620. 1966.
19. SHELTON, J. E. & COLEMAN, N. T. Inorganic phosphorus fractions and their relationship to residual value of large applications of phosphorus on high phosphorus fixing soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, 32: 91-94. 1968.

20. VETTORI, L. *Métodos de análise de solo* EPE, Rio de Janeiro, 1969. 24 p. (Bol. Tec. nº 7).
21. YUAN, T.L., ROBERTSON, N.K. & NELLER, J.R. Forms of newly fixed phosphorus in acid sandy soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, 24: 447-450. 1960.
22. WAUGH, D. L. & FITTS, J. W. Soil test interpretation studies: *Laboratory and potted plant*. North Carolina State. University. 1966. 33p. (Bull. nº 5).
23. WOODRUFF, J. R. & KAMPRATH, E. J. Phosphorus adsorption maximum as measured isotherm and its relationship availability. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, 29: 148-150. 1965.