

EFEITO DA LOCALIZAÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE FÓSFORO NO VASO SOBRE O COMPORTAMENTO DA SOJA^{1/}

Roberto Pereira Machado^{2/}
Roberto Ferreira de Novais^{3/}
Arnaldo Chaer Borges^{4/}
Carlos Sigueyuki Sediyama^{5/}

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é tida, hoje, como cultura de grande importância para a economia brasileira. O Brasil é um dos principais produtores dessa leguminosa: a safra do ano agrícola 80/81 atingiu 15 milhões de toneladas (10).

Atualmente, a expansão dessa cultura vem ocorrendo nos cerrados. A maioria dos solos do cerrado brasileiro é constituída de Latossolos que apresentam severas limitações ao crescimento das plantas, em consequência da baixa disponibili-

^{1/} Parte da tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa pelo primeiro autor, como uma das exigências para obtenção do grau de «Magister Scientiae» em Solos e Nutrição de Plantas.

Recebido para publicação em 28-04-1983.

^{2/} Departamento de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Acre. 69900 Rio Branco, AC.

^{3/} Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa. 36570 Viçosa, MG.

^{4/} Departamento de Biologia Geral da Universidade Federal de Viçosa. 36570 Viçosa, MG.

^{5/} Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa. 36570 Viçosa, MG.

dade de nutrientes, principalmente fósforo. Nesses solos, dados de pesquisa têm mostrado grandes respostas da soja à adubação fosfatada (4, 18, 19).

Entretanto, o suprimento de fósforo, para corrigir a deficiência e aumentar a produtividade, pode tornar dispendioso o plantio da soja nesses solos. Diante disso, a localização correta da fonte de fósforo no solo, em relação à planta, pode aumentar a eficiência do uso do fertilizante. Estudos relativos à localização de fósforo, conduzidos com milho, revelaram que maiores produções de matéria seca da parte aérea foram obtidas com a aplicação do fertilizante em maior volume de solo (17, 21). A falta de resposta das culturas à aplicação do fertilizante pode ser, entre outras razões, consequência da localização inadequada do adubo (6).

Este trabalho foi realizado com o objetivo de verificar o efeito da localização de doses de fósforo no solo sobre o comportamento da soja.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foi utilizada amostra de solo de cerrado, proveniente de Sete Lagoas, Minas Gerais, classificado como Latossolo Vermelho-Escuro (Quadro 1). A coleta foi realizada na camada arável, até 20 cm de profundidade, em área não cultivada. A

QUADRO 1 - Resultados de características químicas e físicas da amostra do solo utilizado (LE)^{1/}

CARACTERÍSTICAS	RESULTADOS*
pH em H ₂ O (1:2,5)	5,2 (5,6)
pH em KCl	4,5 (4,9)
Al ⁺⁺⁺ (eq.mg/100 g solo) ^{2/}	0,15 (0,00)
Ca ⁺⁺ (eq.mg/100 g solo) ^{2/}	4,23 (7,53)
Mg ⁺⁺ (eq.mg/100 g solo) ^{2/}	1,19 (1,73)
P (ppm) ^{3/}	4,4 (4,2)
K (ppm) ^{3/}	48 (53)
Matéria orgânica (%) ^{4/}	8,18 (8,12)
Areia grossa (%)	7
Areia fina (%)	16
Silte (%)	14
Argila (%)	63
"Capacidade de campo" (%)	38,5
Classificação textural	Argila pesada

1/ Análises realizadas nos Laboratórios do Departamento de Solos da U.F.V.

* Os valores entre parênteses representam resultados obtidos após calagem e incubação.

2/ Extrator: KCl 1 N.

3/ Extrator: Mehlich 1.

4/ Processo: Walkley-Black.

amostra recebeu uma calagem, usando-se CaCO_3 como corretivo. Depois de misturar o corretivo com o solo, adicionou-se água desmineralizada, até 90% da capacidade de campo. O material de solo foi, então, deixado em incubação, até a estabilização do pH.

Utilizou-se 1,7 kg de solo para cada vaso, de 25 cm de altura, constituído pela sobreposição de cinco anéis de tubo de PVC rígido, com 10 cm de diâmetro, o que permitiu a separação da coluna de solo no vaso em cinco camadas iguais. As doses de fósforo testadas foram de 85, 150 e 340 mg de P, em solução, na forma de $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, por vaso (1,7 kg de solo). A fonte de fósforo foi aplicada de modo que as profundidades de localização do fertilizante, em relação à superfície do solo no vaso, fossem de 2,5 cm («superfície»), 12,5 cm («meio») e 22,5 cm («base»). Um outro tratamento foi constituído pela distribuição homogênea das doses de fósforo em todo o volume de solo do vaso.

Os tratamentos, dispostos no delineamento inteiramente casualizado, foram constituídos pelo fatorial 4×3 , quatro modos de aplicação da fonte de fósforo combinados com três doses de fósforo, mais um tratamento adicional, sem P (testemunha), com cinco repetições.

Plantaram-se dez sementes de soja, variedade UFV-2, previamente inoculadas com *Rhizobium japonicum* — estirpe SEMIA 587, deixando-se, após o desbaste, duas plantas em cada vaso. O teor de umidade do solo foi mantido próximo de 90% da capacidade de campo, mediante adição de água desmineralizada e pesagens diárias dos vasos.

Cinquenta e seis dias depois do plantio, a parte aérea foi cortada rente ao solo, retirando-se amostras de solo de cada anel, para determinação do P disponível. Em cada anel, os nódulos foram destacados das raízes, secados, contados e pesados. As raízes de cada anel foram separadas do solo e lavadas com água desmineralizada. O material vegetal foi secado a 75°C, em estufa de ventilação forçada, e pesado. A parte aérea foi moída em moinho Wiley. Os extratos, para análise de fósforo, foram obtidos por mineralização nitroperclórica (13). Determinou-se o P colorimetricamente, pelo método da vitamina C, modificado por BRAGA e DEFE-LIPO (3). O teor de nitrogênio total foi determinado pelo método de Kjeldahl (5).

Fizeram-se análises da variância dos dados, considerando-se a testemunha tratamento adicional.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fonte de fósforo aplicada a 2,5 cm e a 12,5 cm da superfície do vaso propiciou maiores produções de matéria seca da parte aérea (Quadro 2). Esses tratamentos proporcionaram altas concentrações de fósforo nas proximidades das primeiras raízes da soja, o que pode ter favorecido o crescimento inicial da planta e contribuído para maior produção de matéria seca final. HAM *et alii* (12) também observaram maior crescimento inicial da soja com a aplicação de fósforo em faixa ou junto à semente.

A localização do fósforo na base do vaso resultou em menor acúmulo desse elemento na parte aérea das plantas (Quadro 3). Outro aspecto que talvez justifique, em parte, esses resultados foi o fato de as raízes localizadas na base do vaso, mais novas, não estarem completamente desenvolvidas na época da colheita do experimento. Desse modo, menos fósforo foi absorvido. ALLEN *et alii* (1) sugerem que as leguminosas levam mais tempo que as gramíneas para desenvolver um sistema radicular capaz de manter contato eficiente com o fertilizante aplicado. Como consequência, ocorre maior absorção de fósforo nas leguminosas mais tarde, quando as plantas se aproximam da maturidade.

QUADRO 2 - Produção de matéria seca da parte aérea da soja, aos 56 dias de idade, conforme a localização das doses de fósforo no vaso. Médias de cinco repetições^{1/}

Localização da fonte de P no vaso	Dose de P (mg/vaso)			Médias
	85	170	340	
g parte aérea seca/vaso				
Uniforme (U)	13,74	14,93	17,16	15,28 b
2,5 cm*	14,60	18,44	20,43	17,82 a
12,5 cm*	13,76	18,03	19,05	16,95 a
22,5 cm*	8,48	11,72	11,72	10,64 c
MÉDIAS	12,65 c	15,78 b	17,09 a	
TESTEMUNHA	4,53			

1/ As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, na coluna ou na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

(U) Fonte de fósforo misturada com todo o volume de solo no vaso.

* Fonte de fósforo aplicada a 2,5 cm ("superfície"), 12,5 cm ("meio") e 22,5 cm ("base") da superfície do solo no vaso.

Com a aplicação em todo o volume de solo, o teor disponível de fósforo na camada de solo de cada anel, na maioria dos casos, foi superior a 10 ppm (Quadro 4), valor considerado por FREIRE *et alii* (11) acima do crítico. O fato de o fósforo não ter sido limitante neste tratamento pode ser justificado pela significativa acumulação do elemento na parte aérea (Quadro 3). À medida que foram ocupando o solo, as raízes encontraram à disposição altos teores de fósforo disponível em todo o volume de solo (Quadro 4). Assim, a quantidade de fósforo acumulada na parte aérea com a aplicação das doses de 85 e 170 mg de fósforo a 2,5 cm e 12,5 cm da superfície do vaso foi semelhante à obtida com a aplicação uniforme do fertilizante (Quadro 3). Entretanto, maiores produções de matéria seca da parte aérea foram obtidas com a aplicação do fertilizante na superfície e no meio do vaso. Esses resultados sugerem uma ação indireta da localização para maior crescimento da parte aérea nesses tratamentos. Aparentemente, a maior acumulação de nitrogênio observada com a aplicação da dose de fósforo na superfície e no meio do vaso (Quadro 3) foi a causa do maior crescimento da parte aérea.

A aplicação de fósforo na superfície e no meio do vaso, além de propiciar a produção de maior quantidade de matéria seca da parte aérea (Quadro 2), estimulou também o crescimento total das raízes (Quadro 5). A absorção de elementos de menor mobilidade no solo, como o zinco, por exemplo, pode ter sido favorecida pelo maior crescimento das raízes, o que influiu, indiretamente, no crescimento da planta.

De modo geral, o estímulo da localização das doses de fósforo ao crescimento das raízes não foi claro ou consistente (Quadro 4). Assim, com a aplicação da fonte

QUADRO 3 - Fósforo e nitrogênio acumulados na parte aérea da soja, aos 56 dias de idade, conforme a localização das doses de fósforo no vaso. Médias de cinco repetições^{1/}

Localização da fonte de P no vaso	Dose de P (mg/vaso)				
	85	170	340	85	170
Uniforme (U)	13,38 Ac	18,71 Ab	24,84 Ba	203 Aa	183 Ba
2,5 cm*	11,45 ABC	17,60 Ab	28,83 Aa	215 Ab	277 Aa
12,5 cm*	11,13 ABC	17,12 Ab	22,51 Ba	188 ABb	242 Aa
22,5 dm*	10,00 Bb	13,59 Ba	13,28 Ca	165 Ba	171 Ba
Testemunha	3,71**			137**	

^{1/} As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula, na coluna, e minúscula, na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

(U) Fonte de fósforo misturada com todo o volume de solo no vaso.

* Fonte de fósforo aplicada a 2,5 cm ("superfície"), 12,5 cm ("meio") e 22,5 ("base") da superfície do solo no vaso.

** Significativamente diferente das demais médias, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de t.

QUADRO 4 - Concentração de fósforo no solo após a colheita e distribuição percentual de soja, aos 56 dias de idade, por anéis, conforme a localização das doses de fósforo no vaso. Médias de cinco repetições^{1/}

Localização da fonte de P no vaso	Anéis do vaso ^{2/}	Dose de P (mg/vaso)					
		85	170	340	85	170	340
Uniforme (U)	1	8 Ab (B ^{4/})	12 Ab (B)	26 Ca (B)	41,4 Aa (A)	36,8 Ab (A)	34,7 Ab (AB)
	2	8 Ab (A)	12 Ab (A)	28 BCa (A)	17,4 Ba (A)	18,3 BA (A)	18,8 Ba (A)
	3	8 Ab (B)	13 Ab (B)	29 BCa (B)	13,1 Ba (AB)	14,7 Ba (A)	15,2 Ba (A)
	4	10 Ab (A)	14 Ab (A)	36 Ba (A)	15,0 Ba (A)	13,8 Ba (A)	14,4 Ba (A)
	5	11 Ab (B)	18 Ab (B)	45 Aa (B)	13,1 Ba (B)	16,4 Ba (B)	16,9 Ba (B)
	1	33 Ac (A)	79 Ab (A)	168 Aa (A)	37,3 Aa (AB)	36,6 Aa (A)	35,0 Aa (A)
	2	5 Ba (A)	4 Ba (A)	11 Ba (B)	15,0 Ba (Ba)	14,4 Ca (A)	15,0 Ca (A)
	3	4 Ba (B)	4 Ba (BC)	4 Ba (C)	14,0 Ba (AB)	12,4 Ca (A)	13,0 Ca (A)
	4	4 Ba (A)	4 Ba (B)	4 Ba (B)	16,6 Ba (A)	14,1 Ca (A)	13,2 Ca (A)
	5	4 Ba (B)	5 Ba (C)	5 Ba (C)	17,1 Bb (B)	22,5 Ba (A)	23,8 Ba (A)
2,5 cm*	1	4 Ba (B)	4 Ba (B)	5 Ba (C)	35,1 Aa (A)	34,4 Aa (A)	30,0 Aa (B)
	2	3 Ba (A)	4 Ba (A)	5 Ba (B)	14,5 Ba (A)	16,1 Ca (A)	17,0 Ca (A)
	3	38 Ac (A)	79 Ab (A)	177 Ab (A)	17,1 Ba (A)	16,6 Ba (A)	15,6 Ca (A)
	4	6 Ba (A)	5 Ba (B)	5 Ba (B)	16,7 Ba (A)	15,4 Ba (A)	14,6 Ca (A)
	5	6 Ba (B)	5 Ba (C)	5 Ba (C)	16,6 Bb (B)	17,5 Bb (B)	23,7 Ba (A)
	1	5 Ba (B)	4 Ba (B)	4 Ba (C)	33,4 Aa (B)	35,7 Aa (B)	34,8 Aa (AB)
	2	4 Ba (A)	4 Ba (A)	4 Ba (B)	14,5 Ca (A)	15,3 Ca (A)	16,3 Ca (A)
	3	4 Ba (B)	3 Ba (C)	4 Ba (C)	11,2 Ca (B)	12,7 Ca (A)	11,5 Ca (A)
	4	5 Ba (A)	4 Ba (B)	4 Ba (B)	16,2 Ca (A)	15,7 Ca (A)	15,2 Ca (A)
	5	58 Ac (A)	122 Ab (A)	239 Aa (A)	24,7 Ba (A)	20,6 Ba (AB)	22,2 Ba (A)
12,5 cm*	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						

1/ As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula, na coluna, para o mesmo tratamento, e minúscula, na linha, para cada parâmetro, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

2/ Cada vaso foi constituído pela sobreposição de 5 anéis de 5 cm de altura cada um.

3/ Extrator: Mehlich 1 (VETTORI, 1969).

4/ As letras entre parênteses correspondem à aplicação do teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, para a localização de cada dose de fósforo, no mesmo anel e em vasos diferentes.

(U) Fonte de fósforo misturada com todo o volume de solo no vaso.

* Fonte de fósforo aplicada a 2,5 cm ("meio") , 12,5 cm ("superfície") , 22,5 ("base) da superfície do solo no vaso.

QUADRO 5 - Produção de matéria seca de raízes de soja, aos 56 dias de idade, conforme a localização das doses de fósforo no vaso. Médias de cinco repetições^{1/}

Localização da fonte de P no vaso	Dose de P (mg/vaso)		
	85	170	340
g de raízes/vaso			
Uniforme (U)	3,07 Bb	3,57 Bb	4,34 Ba
2,5 cm*	3,80 Ab	5,02 Aa	5,60 Aa
12,5 cm*	3,49 Ac	4,39 Ab	5,22 Aa
22,5 cm*	2,23 Cb	2,90 Ca	2,94 Ca
Testemunha	1,46		

^{1/} As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula, na coluna, e minúscula, na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

(U) Fonte de fósforo misturada com todo o volume de solo no vaso.

* Fonte de fósforo aplicada a 2,5 cm ("superfície"), 12,5 ("meio") e 22,5 cm ("base") da superfície do solo no vaso.

de fósforo no meio do vaso — 3.^º anel — não se observou maior número de raízes nesse local (Quadro 5). Maior número de raízes, em valores percentuais, foi observado no 1.^º anel, com todas as localizações e doses de fósforo testadas (Quadro 4). Mais da metade do sistema radicular concentrou-se nos três primeiros anéis. Esses resultados assemelham-se aos encontrados na literatura: maior percentagem de raízes da soja, aos cinqüenta dias de idade, concentra-se nos primeiros 15 cm de profundidade (2, 16, 20). Como a localização de fósforo não alterou o padrão de distribuição das raízes no vaso (Quadro 4), pode-se inferir que a partição de fotoassimilados no sistema radicular da soja deve ser governada por um fator inerente à planta. Entretanto, a localização influiu na produção de matéria seca da parte aérea (Quadro 2), na acumulação de fósforo (Quadro 3) e na produção total de raízes (Quadro 4).

O teor de fósforo originalmente presente na mostra do solo utilizado (Quadro 1) pode também ter concorrido para a não-resposta das raízes, em crescimento, à localização das doses de fósforo.

A maior percentagem de raízes no anel superficial do vaso (Quadro 4) e a aplicação do fertilizante nesse local poderiam sugerir que a acumulação de fósforo na parte aérea (Quadro 3) seria resultado da maior absorção de fósforo pelo maior volume de raízes. Entretanto, com menor percentagem de raízes no meio do vaso

(Quadro 4) e aplicação de fósforo nesse local, observaram-se altos valores de acumulação desse elemento na parte aérea da planta (Quadro 3). Esse resultado permite inferir que o suprimento de fósforo, mesmo com menor volume de raízes de soja, pode condicionar satisfatória absorção do elemento. Essa observação foi também considerada por EDWARDS e BARBER (9), que verificaram que, com a redução do volume de raízes expostas ao fósforo, o influxo desse elemento por unidade de raiz foi aumentado.

Observou-se que quantidades crescentes de fósforo recuperado pela análise química do solo foram obtidas a partir da superfície com distribuição uniforme das doses do fertilizante (Quadro 4). Esse resultado mostra o menor aproveitamento do fertilizante presente nas camadas de solo dos últimos anéis do vaso. A causa da maior exaustão de fósforo do solo nos primeiros anéis do vaso pode ser o maior tempo de contato das raízes com o fertilizante, nesses anéis, e, em consequência, o maior tempo de absorção de fósforo no local.

Pode-se concluir, com base nos resultados, que a localização de uma fonte de fósforo, em relação ao sistema radicular da planta, faz com que a soja apresente comportamento bastante distinto do que foi observado para gramíneas, como cevada, milho e trigo (7, 8, 14, 15). Além disso, os dados obtidos não permitem afirmar que deva haver uma fonte de fósforo externa à raiz para maior crescimento de alguma parte do sistema radicular da soja, como sugerido por DREW (7).

De modo geral, pouca ou nenhuma nodulação ocorreu além do 1.º anel do vaso. Os dados apresentados referem-se à nodulação observada em todo o vaso (Quadro 6).

A localização de fósforo influenciou significativamente a nodulação. Os melhores resultados de matéria seca de nódulos no vaso foram obtidos com a aplicação da fonte de fósforo a 2,5 cm e 12,5 cm da superfície do vaso (Quadro 6). Com a aplicação das doses de fósforo na superfície e no meio do vaso, as primeiras raízes foram bem supridas de fósforo. Em consequência, o crescimento inicial da parte aérea foi favorecido e a produção de fotoassimilados estimulada, favorecendo a nodulação.

A maior nodulação obtida com a aplicação das doses de 170 e 340 mg de fósforo a 2,5 cm e 12,5 cm da superfície do vaso resultou em maior acúmulo de nitrogênio na parte aérea da planta (Quadro 6). O menor acúmulo de nitrogênio obtido com a aplicação da fonte de fósforo na base do vaso (Quadro 3) foi atribuído à menor nodulação (Quadro 6).

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Com o objetivo de verificar o efeito da localização de doses de fósforo sobre o comportamento da soja (*Glycine max* (L.) Merrill), foi conduzido um experimento, em casa de vegetação, com a variedade UFV-2, utilizando-se uma amostra de solo de cerrado, caracterizado como Latossolo Vermelho-Escuro (LE).

Utilizou-se 1,7 kg de solo para cada vaso, de 25 cm de altura, constituído pela sobreposição de cinco anéis de tubo de PVC, de 10 cm de diâmetro. As doses de fósforo testadas foram de 85, 170 e 340 ppm de fósforo, aplicadas uniformemente em todo o solo ou a 2,5 cm, 12,5 e 22,5 cm da superfície do vaso. Os tratamentos, dispostos em delineamento inteiramente casualizado, foram constituídos pelo arranjo fatorial 4 x 3, mais um tratamento adicional, testemunha, sem fósforo, com cinco repetições.

As sementes foram inoculadas com *Rhizobium japonicum* — estirpe SEMIA 587 — e as plantas foram colhidas aos 56 dias de idade.

Maior crescimento das plantas, bem como maior nodulação e fixação de nitro-

QUADRO 6 - Número e peso de nódulos de soja, por vaso, aos 56 dias de idade, conforme a localização das doses de fósforo no vaso. Médias de cinco repetições^{1/}

Localização da fonte de P no vaso	Dose de P (mg/vaso)				
	85	170	340	85	170
número de nódulos					
Uniforme (U)	32 Aa	16 Ba	20 ABa	422 Aa	344 Ba
2,5 cm*	42 Aa	49 Aa	33 ABa	396 Ab	850 Aa
12,5 cm*	22 ABC	69 Aa	44 Ab	25 ABC	660 Aa
22,5 cm*	5 Ba	11 Ba	14 Ba	31 Ba	109 Ba
Testemunha	2			4	

1/ As médias seguidas de pelo menos uma letra maiúscula, na coluna, e minúscula, na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

(U) Fonte de fósforo misturada como todo o volume de solo no vaso.

* Fonte de fósforo aplicada a 2,5 cm ("superfície"), 12,5 cm ("meio") e 22,5 cm ("base") da superfície do solo no vaso.

gênio, foi obtido com a aplicação da fonte de fósforo próximo à semente. O padrão de distribuição de raízes da soja não foi alterado pela localização de fósforo em relação apenas a parte do sistema radicular.

5. SUMMARY

A greenhouse experiment was carried out to determine the effect of phosphorus placement on the behavior of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill), UFV-2 variety. A sample of a Dark Red Latosol, developed under «cerrado» vegetation, was utilized.

Special tall pots, 25 cm in height, and 10 cm in diameter, were prepared by the superpositioning of five rings of rigid plastic tube, each ring 5x10 cm («PVC»). Each pot received 1.7 kg of soil. Three rates of phosphorus (85, 170 and 340 mg P) were homogenized with all the soil volume in the pot or placed at 2.5, 12.5 or 22.5 cm from the soil surface. The experiment was conducted as a completely randomized design with 5 replications. The seeds were inoculate with *Rhysobium japonicum*, strain SEMIA 587. The experiment was harvested 56 days after seeding.

Taller plants, as well as higher nodulation rate and nitrogen fixation, were observed with the P source placed near the seeds. The root distribution pattern was not affected by the placement of the P source.

6. LITERATURA CITADA

1. ALLEN, S.E.; SPEER, R.J. & MALONEY, M. Phosphate fertilizers for the Texas Blacklands : II. Utilization of phosphate as influenced by plant species and by placement and time of application. *Soil Sci.* 77:65-73, 1954.
2. BARBER, S.A. Growth and nutrient uptake of soybean roots under field conditions. *Agron. J.*, 70:457-461, 1978.
3. BRAGA, J.M. & DEFELIPO, B.V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solo e material vegetal. *Rev. Ceres*, 21:73-85, 1974.
4. BRAGA, J.M.; DEFELIPO, B.V. & ANDRADE, D. Adubação da soja em solos sob vegetação de cerrado na região do Triângulo Mineiro. *Rev. Ceres*, 19:52-62, 1972.
5. BREMMER, J.M. Total nitrogen. In: BLACK, C.A. (ed.). *Methods of soil analysis*. Madison, Amer. Soc. of Agronomy. Part 2, p. 1149-1178, 1965.
6. COOKE, G.W. Recent advances in fertilizer placement. II Fertilizer placement in England. *J. Sci. Food Agric.*, 5:429-440, 1954.
7. DREW, M.C. Comparison of the effects of a localized supply of phosphate, nitrate, ammonium and potassium on the growth of the seminal root system, and the shoot, in barley. *New Phytol.*, 75:479-490, 1975.
8. DREW, M.C. & SAKER, L.R. Nutrient supply and the growth of the seminal root system in barley. III. Compensatory increases in growth of lateral roots, and in rates of phosphate uptake, in response to a localized supply of phosphate. *J. Exp. Bot.*, 29:435-451, 1978.

9. EDWARDS, J.H. & BARBER, S.A. Phosphorus uptake rate of soybean roots as influenced by plant age, root trimming, and solution P concentration. *Agron. J.*, 68:973-975, 1976.
10. FAO. Roma, *FAO Mon. Bull. Statist.*, 5:17, 1982.
11. FREIRE, F.M.; NOVAIS, R.F.; BRAGA, J.M.; FRANÇA, 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*, 3:105-111, 1979.
12. HAM, G.E.; NELSON, W.W.; EVANS, S.D. & FRAZIER, R.D. Influence of fertilizer placement on response of soybeans. *Agron. J.*, 65:81-84. 1973.
13. JOHNSON, C.M. & ULRICH, A. *Analytical methods for use in plant analysis*. University of California, California Agric. Exp. Station. 1959. p. 32-33 (Bulletin n.º 766).
14. McCLURE, G.W. Nutrient distribution in root zones. III. Further studies of the effects of phosphorus distribution on corn and wheat. *Can. J. Bot.*, 50:2275-2282, 1972.
15. McCLURE, G.W. & JACKSON, W.A. Nutrient distribution in root zones. II. The concept of external vs internal nutrient supply. *Agrochimica*, 12:353-364, 1968.
16. MITCHELL, R.L. & RUSSEL, W.J. Root development and rooting patterns of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) evaluated under field conditions. *Agron. J.*, 63:313-316, 1971.
17. NOVAIS, R.F., & FERREIRA, R.P. Crescimento e absorção de fósforo pelo milho (*Zea mays* L.) quando seu sistema radicular é parcialmente exposto a uma fonte de fósforo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, XVIII, Salvador, 1981. Resumos, Salvador, Governo do Estado da Bahia — Secretaria da Agricultura, 1981, Resumo n.º 190.
18. PEREIRA, J.; BRAGA, J.M. & NOVAIS, R.F. Efeito de fontes e doses de fósforo na adubação da soja. (*Glycine max* (L.) Merrill), em um solo sob campo cerrado. *Rev. Ceres*, 21:227-246. 1974.
19. ROLIM, R.B. *Comportamento de duas variedades e três linhagens de soja, em diferentes níveis de adubação fosfatada, em solo sob vegetação de cerrado de Ituiutaba-MG e Goiânia-GO*. Viçosa, U.F.V., Imprensa Universitária, 1977. 70 p. (Tese M.S.)
20. SANDERS, J.L. & BROWN, D.A. A new fiber optic technique for measuring root growth of soybean under field conditions. *Agron. J.*, 70:1073-1076, 1978.
21. STRYKER, R.B.; GILLIAM, J.W. & JACKSON, W.A. Nonuniform phosphorus distribution in the root zone of corn: growth and phosphorus uptake. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 38:334-340, 1974.