

EFEITO DA LOCALIZAÇÃO DE DOSES DE FÓSFORO, EM RELAÇÃO AO SISTEMA RADICULAR, SOBRE O COMPORTAMENTO DA SOJA, COM A UTILIZAÇÃO DA TÉCNICA DE RAÍZES SUBDIVIDIDAS^{1/}

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

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a grande expansão da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) vem ocorrendo em solos de cerrado. Esses solos apresentam severas limitações ao crescimento e desenvolvimento das plantas, em consequência da baixa disponibili-

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

Recebido para publicação em 28-4-1983.

^{2/} Centro 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 Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa. 36570 Viçosa, MG.

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

lidade de nutrientes, principalmente fósforo. Conseqüentemente, o emprego de fertilizantes fosfatados tornou-se prática rotineira no plantio e manutenção da cultura da soja no cerrado brasileiro. Os efeitos benéficos dessa prática são apresentados por vários pesquisadores (3, 11, 15, 17).

Entretanto, a distribuição de um nutriente no volume do solo ocupado pelas raízes, normalmente, não é uniforme, em conseqüência do manejo do solo e das práticas de fertilização. Com fósforo, esse problema é aumentado, uma vez que o elemento é praticamente imóvel no solo (4), e sua aplicação tem sido freqüentemente localizada. Desse modo, parte do sistema radicular pode estar numa zona de alta concentração de fósforo e parte numa de baixa concentração (1, 9). A aplicação localizada do fósforo pode ser vantajosa, evitando-se, parcialmente, que o elemento solúvel seja precipitado ou adsorvido pelo solo (1, 5, 8). Entretanto, a «imobilidade» do fósforo no solo faz com que ele seja absorvido depois do transporte de uma região bem próxima à superfície das raízes (4). Portanto, para o fósforo, a zona de absorção da superfície das raízes representa pequena parte do volume do solo, e sua aplicação localizada, conseqüentemente, deverá resultar numa zona efetiva de absorção desse nutriente ainda menor.

Resultados obtidos por diversos pesquisadores (9, 14, 18) mostraram que o fósforo deve estar em contato com maior volume de raízes para que haja adequado suprimento do nutriente e maior crescimento do milho. BARBER (2) e EDWARDS e BARBER (6), com base em estudos sobre cinética de absorção de fósforo pela soja, sugeriram que essa leguminosa poderia não responder à aplicação localizada de fósforo em faixa próxima à semente, na época do plantio, mas poderia requerer alto nível de fósforo junto a todo o volume de raízes, a partir do início da floração. Entretanto, HAM *et alii* (7) e MACHADO *et alii* (10) observaram grande resposta da soja à aplicação de fósforo próximo à semente.

Este trabalho foi conduzido para verificar o comportamento da soja relativamente à aplicação do fósforo próxima apenas de parte do seu sistema radicular.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foi utilizada amostra de um solo de cerrado, caracterizado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVd), coletada entre Uberaba e Araxá, Estado de Minas Gerais (Quadro 1). O material do solo recebeu calagem, usando-se, como corretivo, uma mistura de CaCO_3 e MgCO_3 , na relação estequiométrica de 4:1.

Sementes das variedades UFV-1 e IAC-2 foram colocadas para germinar em areia lavada, como substrato. No oitavo dia após o semeio, as plantinhas foram retiradas da areia (a raiz principal foi cortada a 2 cm do coletor, para propiciar o enraizamento lateral) e levadas para uma solução arejada, que continha 15 ppm de Ca, na forma de $\text{CaCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$. Depois de uma semana as plantas foram selecionadas, quanto à uniformidade, e suas raízes imersas numa suspensão de *Rhizobium japonicum* — estirpe SEMIA 587. As plantas foram, então, transferidas para vasos geminados, que continham, em cada lado, 1,35 kg de solo, de modo que a metade do sistema radicular ficasse em cada vaso. Cada conjunto de vasos geminados foi formado por dois tubos de PVC rígido, com 10 cm de diâmetro e 17 cm de altura, presos um ao outro com fita adesiva. Na superfície do solo, colocou-se uma porção de areia lavada, para cobrir parte das raízes que ficavam expostas na região do coletor. Os vasos foram irrigados diariamente com água desmineralizada.

As doses de P aplicadas em cada conjunto de vasos geminados foram de 100 e 200 ppm de P, na forma de $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, em solução, tomando-se por base o peso do solo de cada vaso. Foram aplicadas de dois modos diferentes: num único vaso do conjunto e dividida igualmente entre os dois vasos. A fonte de P foi unifor-

QUADRO 1 - Resultados de análises químicas e físicas da amostra de solo (LVD) utilizado^{1/}

CARACTERÍSTICAS	RESULTADOS*
pH em H ₂ O (1:2,5)	4,7 (5,3)
pH em KCl	4,2 (4,5)
A1 ⁺⁺⁺ (eq.mg/100 g solo) ^{2/}	0,26 (0,00)
Ca ⁺⁺ (eq.mg/100 g solo) ^{2/}	0,04 (0,71)
Mg ⁺⁺ (eq.mg/100 g solo) ^{2/}	0,05 (0,33)
P (ppm) ^{3/}	0,8 (0,7)
K (ppm) ^{3/}	27 (27)
Matéria orgânica (%) ^{4/}	4,79 (4,42)
Areia grossa (%)	10
Areia fina (%)	5
Silte (%)	26
Argila (%)	59
"Capacidade de campo" (%)	30,2
Classificação textural	Argila

^{1/}Análises realizadas no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo da U.F.V.

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

^{2/}Extrator: KCl 1 N

^{3/}Extrator: Mehlich 1

^{4/}Processo: Walkley-Black

memente misturada com o solo. Foi aplicada também uma solução de micronutrientes, que enriquecia uniformemente o solo, nas seguintes concentrações, em ppm, em relação ao peso do solo: B = 0,81, Mn = 3,66, Zn = 4,00, Cu = 1,33, Mo = 0,15 e Fe = 1,56, este na forma de Fe EDTA.

Os tratamentos, constituídos por duas doses de P, duas variedades e dois modos de aplicação, em arranjo fatorial 2 x 2 x 2, e os dois tratamentos adicionais, sem P, testemunha, correspondentes às duas variedades, foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado, com seis repetições. Semanalmente, foram feitos rodízios dos vasos geminados.

Cinquenta e um dias após o semeio, fez-se a colheita, cortando-se a parte aérea junto à superfície do solo. Os vasos de cada conjunto foram separados, e o solo de cada vaso foi amostrado, para análise de P. As raízes foram separadas do solo e lavadas com água de torneira e, posteriormente, água desmineralizada. Determinaram-se o peso da parte aérea e das raízes secas e as concentrações de fósforo na parte aérea e nas raízes. Os vasos de cada conjunto foram considerados subparcelas, para análise das seguintes variáveis: peso de raízes em cada vaso, percentagem de fósforo nas raízes e ppm de fósforo no solo de cada vaso após a colheita da soja.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As maiores produções de matéria seca da parte aérea, para as duas variedades testadas, foram observadas quando as doses de fósforo foram aplicadas num único vaso do conjunto (Figura 1). Esse tratamento propiciou também maior acumula-

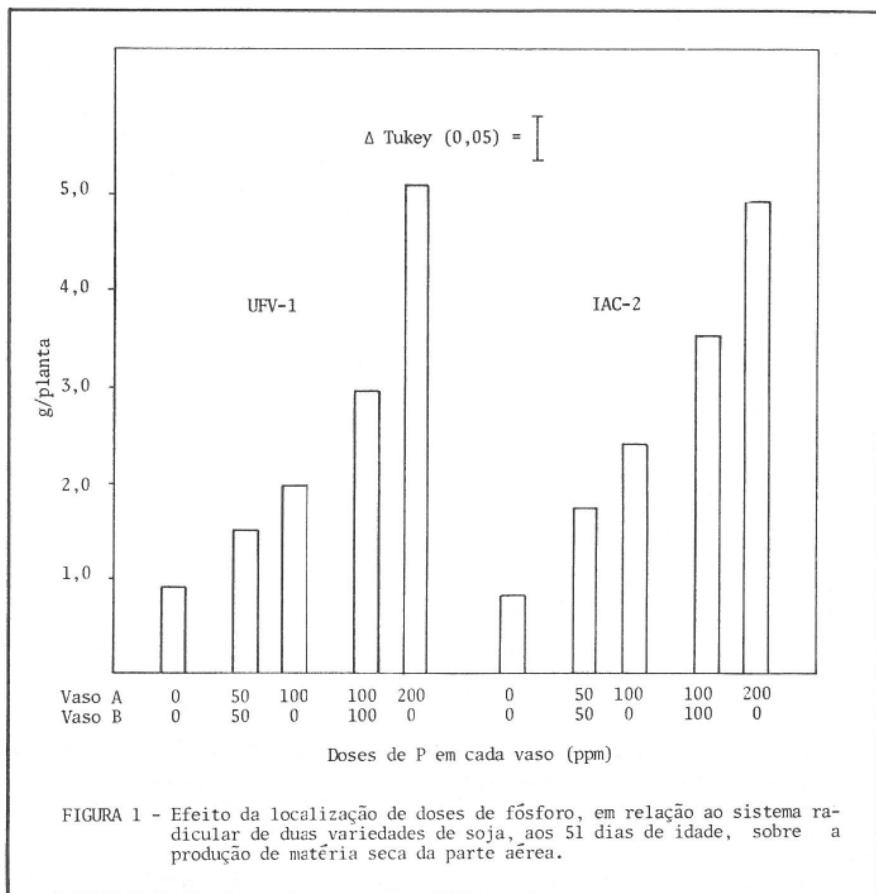


FIGURA 1 - Efeito da localização de doses de fósforo, em relação ao sistema radicular de duas variedades de soja, aos 51 dias de idade, sobre a produção de matéria seca da parte aérea.

ção de fósforo na parte aérea (Figura 2). O efeito da aplicação localizada do fertilizante pode ser justificado pelo aumento da absorção por unidade de raiz, com o aumento da concentração externa do nutriente (Quadro 2), mesmo com menor volume de raízes expostas ao elemento.

As maiores quantidades de fósforo recuperadas, pela análise do solo, após a colheita, foram observadas no vaso com aplicação localizada do fertilizante (Quadro 2). Esses resultados, em parte, devem-se à menor fixação da fonte solúvel de fósforo, pela redução do volume de solo em contato com o fertilizante. Os melhores resultados de produção de matéria seca e acumulação de fósforo na parte aérea foram obtidos com o fertilizante localizado (Figuras 1 e 2). Esses resultados indicam que, para solos com baixos teores de fósforo disponível e alta capacidade de fixação de fósforo, como os do cerrado em geral, a aplicação localizada do fertilizante fosfatado no solo seria ideal para a soja.

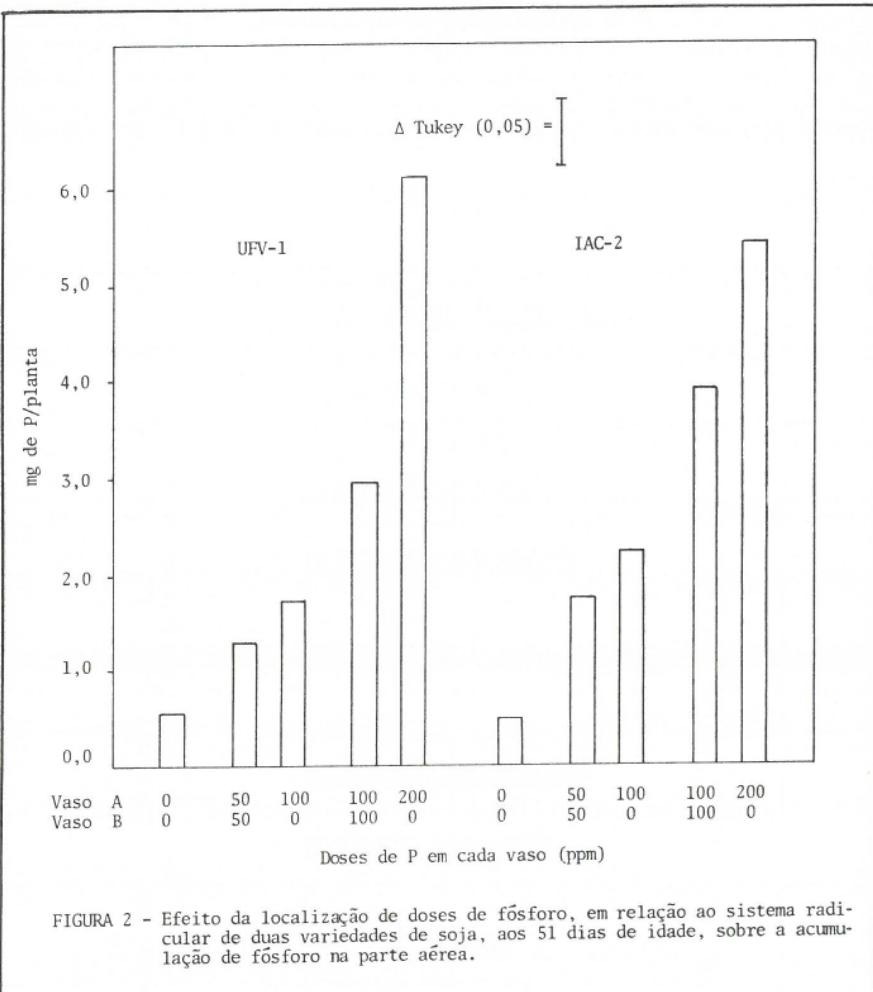


FIGURA 2 - Efeito da localização de doses de fósforo, em relação ao sistema radicular de duas variedades de soja, aos 51 dias de idade, sobre a acumulação de fósforo na parte aérea.

Com a técnica adotada de raízes subdivididas e com a aplicação da dose de fósforo apenas em um vaso, a concentração interna do elemento nas raízes do vaso que não recebeu o fertilizante dependeu, principalmente, da translocação interna. Essa translocação foi suficiente para elevar a concentração do nutriente nas raízes que não receberam a fonte de fósforo externa a valores semelhantes aos observados nas raízes expostas à maior concentração do elemento (Figura 3). Consequentemente, o menor crescimento de raízes observado nos vasos sem suprimento externo de fósforo não deve estar relacionado com uma deficiência interna desse nutriente (Figuras 3 e 4).

Embora a aplicação da dose de fósforo apenas em parte do sistema radicular tenha reduzido o crescimento das raízes na outra parte (Figura 4), esse tratamento propiciou aumento significativo da produção de matéria seca da parte aérea (Figura 1). Dados semelhantes de produção de raízes de plantas submetidas a esse tipo de tratamento têm sido observados em estudos conduzidos por outros pesquisadores (14, 18).

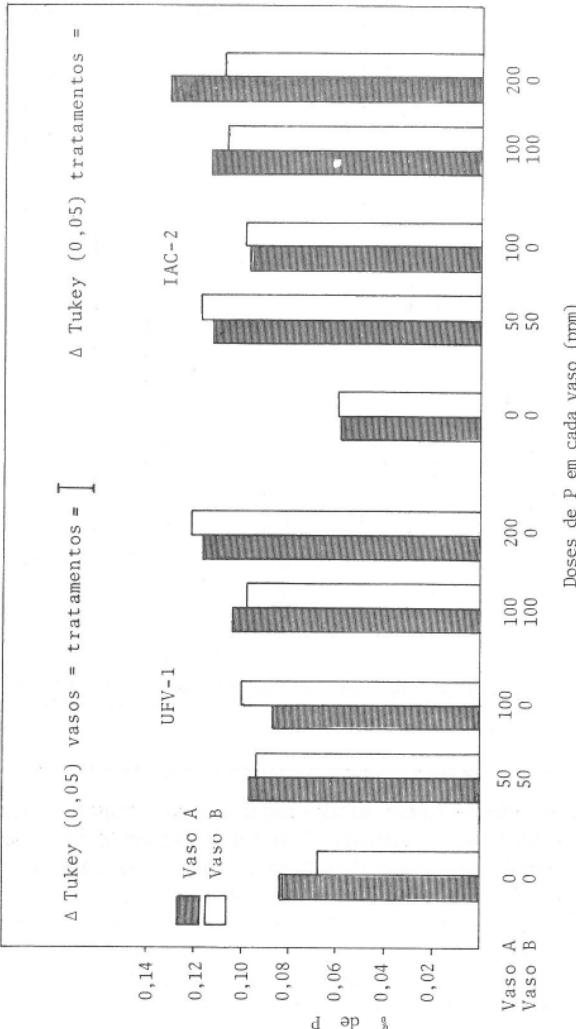


FIGURA 3 - Efeito da localização de doses de fósforo, em relação ao sistema radicular de duas variedades de soja, aos 51 dias de idade, sobre a concentração do elemento na raiz, em cada vaso do conjunto germinado.

Não significativo.

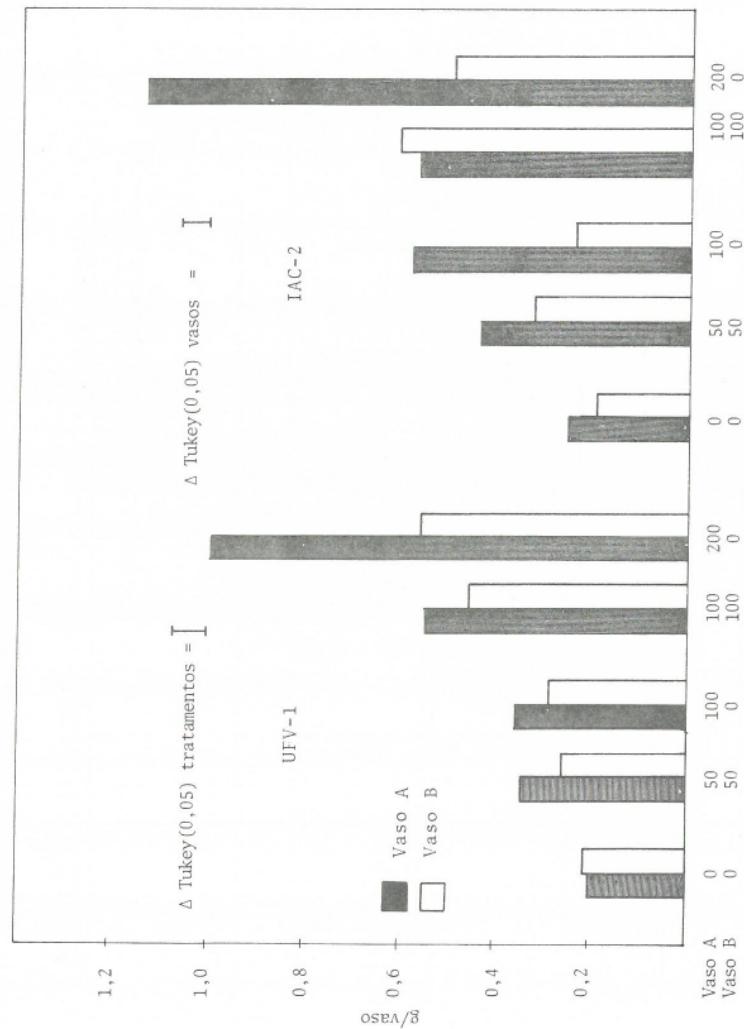


FIGURA 4 - Efeito da localização de doses de fósforo, em relação ao sistema radicular de duas variedades de soja, aos 51 dias de idade, sobre a produção de raízes em cada vaso do conjunto geminado.

QUADRO 2 - Concentração de fósforo disponível no solo após a colheita de duas variedades de soja, aos 51 dias de idade, conforme a localização de doses de fósforo, em relação ao sistema radicular

Variedade	Dose de P	Modo de aplicação da dose de P ^{1/}		Fósforo Vasos
		Vaso A	Vaso B	
UFV-1	100	ppm	ppm ^{2/}	
		50	50	A 2,5
		100	0	B 2,1
	200	100	100	A 3,9
		200	0	B 0,7
		50	50	A 4,1
IAC-2	100	100	0	B 4,2
		200	0	A 9,4
		100	100	B 0,6
	200	200	0	A 2,5
		100	100	B 2,2
		50	50	A 4,0
UFV-1	(Testemunhas)			
	IAC-2	Tukey (0,05) tratamentos	B	A 0,9
		Tukey (0,05) vasos	B	B 0,9
				A 0,4
				B 0,4
				A 0,5
				B 0,5

1/ Cada conjunto de vasos geminados foi formado por dois tubos de PVC, de 10 cm de diâmetro e 17 cm de altura, presos um ao outro com fita adesiva.
 2/ Extrator: Mehlich.

Têm sido apresentadas algumas proposições para explicar o menor crescimento das raízes na região sem suprimento externo de fósforo. Numa delas, considera-se que o fósforo suprido internamente às raízes que crescem em ambiente de baixa disponibilidade externa poderia estar na forma orgânica ou compartmentalizado e, nesses casos, não estaria disponível para as funções de maior crescimento dessas raízes (13, 18). Como consequência, elas necessitariam de um suprimento externo de fósforo para conseguir pleno crescimento.

McCLURE (12) e McClure e JACKSON (13) têm também sugerido que a distribuição de fotoassimilados e a capacidade das regiões meristemáticas das raízes em utilizá-los dependem da presença externa de fósforo nas raízes. Assim, uma região da raiz sem fósforo externo seria menos eficiente em utilizar os fotoassimilados produzidos na parte aérea para as funções de seu crescimento. Essa proposição parece também aplicável ao presente estudo, uma vez que o crescimento das raízes foi favorecido no vaso com maior presença externa de fósforo (Figura 4 e Quadro 2), independentemente da concentração interna do elemento (Figura 3).

Embora a tendência geral dos dados tenha sido de maior crescimento das raízes nos vasos que receberam fósforo, observou-se que o aumento da dose localizada trouxe algum estímulo à produção de matéria seca nas raízes no vaso que não recebeu o nutriente (Figura 4). Esses resultados parecem indicar que um excesso de fósforo e fotoassimilados na região suprida de fósforo externo foi transferido para as raízes sem esse suprimento, concorrendo com o aumento da produção de matéria seca. Essa hipótese foi utilizada por STRYKER *et alii* (18) para explicar o crescimento de raízes na região desprovida de suprimento externo de fósforo, em razão do aumento da dose do elemento em outro vaso.

Esses resultados estão, aparentemente, em desacordo com os obtidos por MACHADO *et alii* (10), quando as mesmas raízes cresceram em um vaso, apresentando regiões com alta e com baixa concentração de fósforo. Nessas condições, não foram observadas maiores alterações no padrão de distribuição de raízes das plantas. Entretanto, com a subdivisão do sistema radicular e com a aplicação da dose de fósforo apenas em metade das raízes, nesse experimento, criou-se uma situação típica de competição por fotoassimilados. No estudo conduzido por MACHADO *et alii* (10), todas as raízes que cresciam em direção à base do vaso teriam, necessariamente, de atravessar a região com fósforo localizado em camadas superiores. Essas raízes, quando atingiram a região de localização, foram igualmente supridas de fósforo externo, e, como consequência, não se estabeleceu uma região de competição por fotoassimilados no sistema radicular, como observado neste trabalho.

O maior crescimento da parte aérea das duas variedades testadas, observado quando as doses de fósforo foram localizadas num único vaso (Figura 1), mostrou comportamento da soja diferente do que tem sido observado para o milho nesse tipo de tratamento. Resultados de pesquisa têm mostrado que a aplicação de fósforo apenas em parte do sistema radicular do milho ocasiona menores produções de matéria seca da parte aérea da planta (14, 18), bem como alterações no padrão de distribuição de fósforo nas folhas (14, 16, 18, 19) e variações na largura e peso entre os lados opostos de uma folha seca, em relação à nervura central (18). Esses resultados têm sido atribuídos a problemas no transporte de fósforo na planta, como consequência da organização vascular das raízes e parte aérea do milho (16, 18, 19).

Pelos resultados de produção da parte aérea da soja (Figura 1), pode-se inferir que a organização vascular das raízes e parte aérea não constitui obstáculo maior ao transporte e distribuição do fósforo absorvido pelas raízes para as diversas regiões de crescimento da parte aérea.

As duas variedades, uma de crescimento determinado, UFV-1, e outra de crescimento indeterminado, IAC-2, apresentaram algumas diferenças significativas, conforme a localização das doses de fósforo. Maior produção de matéria seca da parte aérea e maior acumulação de fósforo foram observadas para a variedade IAC-2. Destaca-se um aspecto do comportamento diferencial das duas variedades, conforme a localização de fósforo: o crescimento de raízes da variedade IAC-2 no vaso com aplicação localizada de fósforo foi muito maior que o da variedade UFV-1 (Figura 5). Esse resultado mostra que a variedade IAC-2 depende mais do fósforo

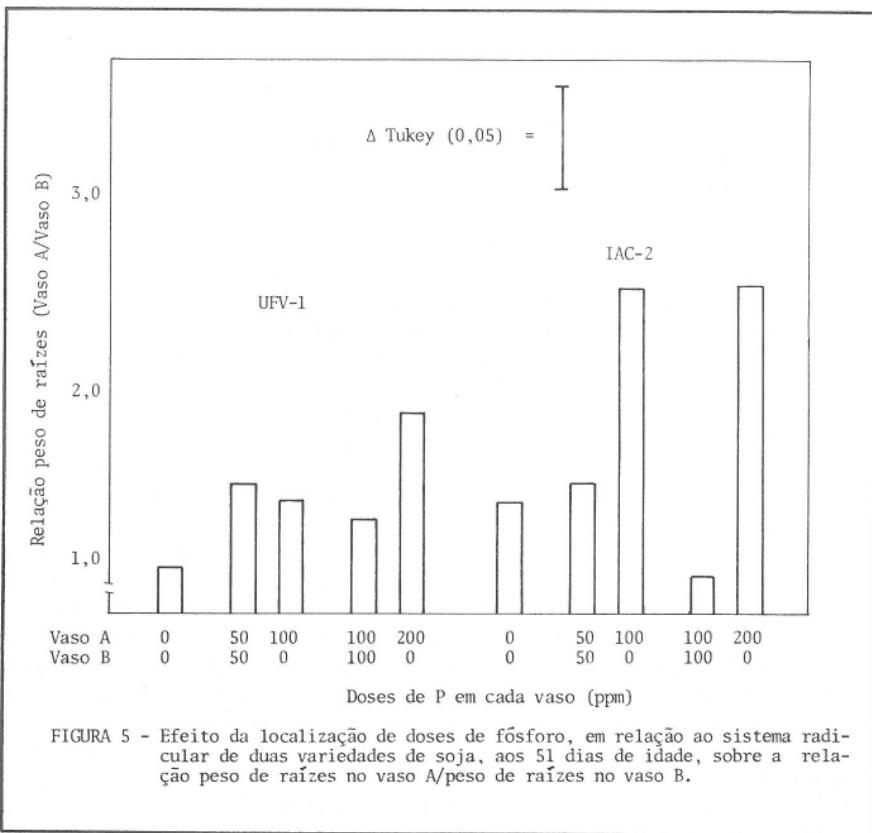


FIGURA 5 - Efeito da localização de doses de fósforo, em relação ao sistema radicular de duas variedades de soja, aos 51 dias de idade, sobre a relação peso de raízes no vaso A/peso de raízes no vaso B.

externo que a UFV-1 para maior crescimento da raiz. Isso equivale a dizer que, com a aplicação localizada de fósforo, a variedade UFV-1 teria maior volume de raízes em crescimento fora da região com fósforo que a IAC-2. Assim, em condições de campo, com a aplicação do fertilizante fosfatado no sulco de plantio, em solo muito pobre em fósforo, como os do cerrado recém-aberto, em geral, pode-se supor que a variedade UFV-1, provavelmente, seria mais tolerante a um período prolongado de estiagem que a IAC-2.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Sementes de soja das variedades UFV-1 e IAC-2 foram colocadas para germinar em areia lavada. Oito dias depois as plantinhas tiveram a raiz principal cor-

tada a 2 cm do coletor e foram transferidas para uma solução arejada que continha 15 ppm de cálcio, na forma de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Decorridos mais sete dias, as plantas foram selecionadas, quanto à uniformidade, e suas raízes foram imersas numa suspensão de *Rhizobium japonicum* — estirpe SEMIA 587. As plantas foram então transferidas para vasos germinados que continham, em cada lado, 1,35 kg de uma amostra de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, de modo que a metade do sistema radicular ficasse em cada vaso. Cada conjunto de vasos germinados foi formado por dois tubos de PVC rígido, com 10 cm de diâmetro e 17 cm de altura, presos um ao outro com fita adesiva. Utilizaram-se as doses de 100 e 200 ppm de fósforo, na forma de $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ em solução, tomando-se por base o peso do solo de cada vaso, aplicadas de dois modos diferentes: dose aplicada num único vaso e dose dividida igualmente entre os dois vasos. A fonte de P foi misturada uniformemente com o solo.

Cinquentas e um dias após o semeio, a parte aérea foi cortada junto à superfície do solo. Os solos de cada vaso foram amostrados, para análise de P. As raízes foram separadas do solo e lavadas, determinando-se o peso da parte aérea e das raízes secas e as concentrações de fósforo na parte aérea e nas raízes.

O maior crescimento da parte aérea das duas variedades foi observado com a aplicação da dose de fósforo num único vaso do conjunto. De modo geral, a aplicação de fósforo apenas em parte do sistema radicular não estimulou o crescimento das raízes, principalmente o da IAC-2, na outra parte, embora as concentrações internas do elemento fossem semelhantes nos dois lados do vaso.

Os resultados sugerem que a organização vascular das raízes e parte aérea da soja não constitui barreira ao transporte e distribuição do fósforo absorvido pelas raízes para as diversas regiões de crescimento da planta.

5. SUMMARY

Seeds of soybean, cultivars UFV-1 and IAC-2, were germinated in sand. Eight days later, the main root was cut 2 cm below the connecting point of the stem and the radicular system and transferred to an aerated solution containing 15 ppm Ca as $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Seven days thereafter, selected seedlings were root-dipped in a suspension of *Rhizobium japonicum*, strain SEMIA 587.

These treated seedlings were transplanted to germinated pots, each side with 1,35 kg of a distrófico Red Yellow Latosol; thus one-half of the radicular system was in each pot. Each set of germinated pots was formed by two rigid plastic tubes («PVC»), 10 cm in diameter and 17 cm in height, fastened together with adhesive tape.

Two rates of phosphorus (100 and 200 ppm P, as $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ in solution, soil weight basis) were applied in one of the two pots or equally divided between them. The P source was well mixed with the soil.

Fifty-one days after seeding, shoots were cut at the level of the soil surface. The available soil P concentration in each pot was determined.

The roots were washed, the root and shoot dry weight obtained, and the P concentration in both tissues was determined.

Taller shoot growth was observed in both cultivars when the rate of P was applied in only one pot of the set. In general, the application of P to only part of the radicular system — one pot — did not stimulate the root growth in the other part, especially so for the IAC-2 cultivar, although the internal root P concentration was alike in both sides.

The results suggest that the vascular organization between roots and shoots of soybean is not a barrier to the transport and distribution of absorbed P to

different growth regions of the plant.

6. LITERATURA CITADA

1. BARBER, S.A. Soil-plant interactions in the phosphorus nutrition of plants. In: KHASAWNEH, F.E. & SAMPLE, E.C. (ed.). *The role of phosphorus in agriculture*. Madison, Wis., *Soil Sci. Soc. Am.*, 1980. p. 591-615.
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. & ANDRADE, D. Adubação da soja em solos sob vegetação de cerrado na região do Triângulo Mineiro. *Rev. Ceres*, 19:52-62, 1972.
4. BRAY, R.H. A nutrient mobility concept of soil-plant relationships. *Soil Sci.*, 78:9-22, 1954.
5. BUCKMAN, H.O. & BRADY, N.C. *Natureza e propriedades dos solos; compêndio universitário sobre edafologia*. Rev. por N.C. Brady. Trad. de A.B.N. Figueiredo F.º 3.ª ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1974. 594 p.
6. 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.
7. HAM, G.E.; NELSON, W.W.; EVANS, S.D. & FRAZIER, R.D. Influence of fertilizer placement on yield response of soybean. *Agron. J.*, 65:81-84, 1973.
8. HSU, P.H. Fixation of phosphate by aluminum and iron in acidic soils. *Soil Sci.*, 99:398-402, 1965.
9. JUNGK, A. & BARBER, S.A. Phosphate uptake rate of corn roots as related to the proportion of the roots exposed to phosphate. *Agron. J.*, 66:554-557, 1974.
10. MACHADO, R.P.; NOVAIS, R.F.; BORGES, A.C. & SEDIYAMA, C.S. Efeito da localização de doses de fósforo no vaso sobre o comportamento da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) (Trabalho entregue para publicação na Rev. Ceres).
11. MASCARENHAS, H.A.A.; MIYASAKA, S.; IGUE, T. & FREIRE, E.S. Adubação da soja. VII. Efeito de doses crescentes de calcário, fósforo e potássio em solo Latossolo Roxo com vegetação de cerrado recém-desbravado. *Bragantia*, 27:279-289, 1968.
12. 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.
13. 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.

14. 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.
15. 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.
16. ROBERTSON, J.A.; KANG, B.T.; RAMIREZ-PAZ, F.; WERKHOVEN, C.H.E. & OHLROGGE, A.J. Principles of nutrient uptake from fertilizer bands. VII. P^{32} uptake by brace roots of maize and its distribution within the leaves. *Agron. J.*, 58:293-296, 1966.
17. ROLIM, R.B.; BRAGA, J.M.; REIS, M.S.; COSTA, A.V. & SEDIYAMA, C.S. 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. *Rev. Ceres*, 26:223-237, 1979.
18. 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.
19. STRYKER, R.B.; GILLIAM, J.W. & JACKSON, W.A. Nonuniform transport of phosphorus from single roots to the leaves of *Zea mays*. *Physiol. Plant.* 30: 231-239, 1974.