

CURVA DE RESPOSTA A FÓSFORO DA SUCESSÃO DE CULTIVOS SORGO (*Sorghum bicolor* (L.) MOENCH CV. AG 1011) - SOJA (*Glycine max* (L.) MERRILL CV. BRAGG) - AVEIA (*Avena sativa* (L.) VAR. UPF 3) NOS SOLOS JÚLIO DE CASTILHOS E SÃO PEDRO.

Phosphorus Curve Response For Two Red Yellow Podzolic Soils In a Sorghum-Soybean-Oat Succession.

Sandra B. Vicenci Fernandes\* e João Kaminski\*\*

## RESUMO

Foi conduzida em casa de vegetação, utilizando-se vasos de 2,5 kg contendo amostras de solos pertencentes às unidades de mapeamento Júlio de Castilhos (Podzólico Vermelho Amarelo - PALEHUMULT) e São Pedro (Podzólico Vermelho Amarelo - PALEUDALF), a sucessão de cultivos sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench cv AG 1011) - soja (*Glycine max* (L.) Merrill cv Bragg) - aveia (*Avena sativa* (L.) var UPF 3) com o objetivo de avaliar as curvas de resposta em matéria seca produzida e fósforo absorvido a doses de  $P_2O_5$ . As doses de  $P_2O_5$  de superfosfato simples empregadas foram: 0, 39, 70, 102, 124, 169, 200 e 400 mg  $P_2O_5$ . kg solo<sup>-1</sup> para o solo Júlio de Castilhos e 0, 29, 52, 76, 100, 127, 150 e 300 mg de  $P_2O_5$ . kg solo<sup>-1</sup> para o solo São Pedro. As curvas de resposta em matéria seca produzida foram descritas por uma função quadrática com pontos de máxima estimados em 281, 371 e 345 mg  $P_2O_5$ .kg solo<sup>-1</sup> para o solo Júlio de Castilhos e 287, 230 e 258 mg  $P_2O_5$ .kg solo<sup>-1</sup> para o solo São Pedro, respectivamente para sorgo-soja-aveia.

UNITERMOS: fósforo, curva de resposta a fósforo.

## SUMMARY

It was conducted, in a green house, using soil pots of 2.5 kg from the Julio de Castilhos (Red yellow podzolic - PALEHUMULT) and São Pedro (Red yellow Podzolic - PALEUDALF) mapping units an experiment with successive cultivates of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench cv AG 1011) - soybean (*Glycine max* (L.) Merrill cv Bragg) - oat (*Avena sativa* (L.) var UPF 3) having the objective of evaluating response curves to dry

\* Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>. Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Centro de Ciências Rurais, UFSM. Santa Maria, RS. CEP 97119.

\*\* Prof. Adj. Departamento de Solos, CCR, UFSM. Bolsista CNPq.

matter production and phosphorus absorption at doses of  $P_2O_5$ . The doses of  $P_2O_5$  from super simple phosphate applied were: 0.39; 70; 102; 124; 169; 200; 400 mg  $P_2O_5 \cdot kg \text{ soil}^{-1}$  for the Julio de Castilhos soil and 0.29; 52; 76; 100; 127; 150; 300 mg  $P_2O_5 \cdot kg \text{ soil}^{-1}$  for the São Pedro soil. Response curves in dry matter production are described as a quadratic function and having maximum points estimated as 281, 371 and 345 mg  $P_2O_5 \cdot kg \text{ soil}^{-1}$  for Julio de Castilhos soil and 287, 230 and 258 mg  $P_2O_5 \cdot kg \text{ soil}^{-1}$  for São Pedro soil and for sorghum soybean oat respectively.

KEY WORDS: phosphorus, phosphorus curve response.

## INTRODUÇÃO

Quando fertilizantes fosfatados são aplicados ao solo, ocorrem reações entre o fósforo, os constituintes do solo e componentes fertilizantes não fosfatados, que direta ou indiretamente determinarão sua eficiência no suprimento de fósforo às culturas (SAMPLE et alii, 12).

A fonte imediata de fósforo às plantas é uma pequena quantidade, em geral menor que 0,1 ppm, dissolvida na solução do solo (VOLKWEISS & RAIJ, 15) que se encontra em equilíbrio dinâmico com as demais formas, conforme representado no esquema abaixo (RAIJ & DIEST, 10):

P fertilizante  $\longrightarrow$  P solução do solo  $\rightleftharpoons$  P lábil  $\rightleftharpoons$  P não lábil

Após passar da fase fertilizante para a forma solúvel, os íons fosfato terão, em princípio comportamento similar, independentemente da origem. Os fosfatos da solução do solo são em grande parte transferidos para a fração lábil, permanecendo disponíveis mais lentamente às plantas. Com o tempo, o P-lábil sofre uma transformação exponencial para formas não lábeis, tornando-se indisponível, ou disponível muito lentamente (RAIJ & DIEST, 10; VOLKWEISS & RAIJ, 15). Estas novas formas, menos solúveis passam a controlar a disponibilidade de fósforo às culturas, a qual relaciona-se diretamente aos fatores de solo envolvidos - intensidade, capacidade, quantidade e difusão (LARSEN, 6; RAIJ, 9), bem como da habilidade das diferentes espécies vegetais em utilizar P.

O fator intensidade é uma medida da concentração de fósforo na solução; o fator capacidade representa a condição do solo de poder manter, ou reestabelecer, o fósforo da solução em níveis adequados através da dissolução da fase sólida. O fator quantidade representa a quantidade potencialmente disponível, e por isso, capaz de reestabelecer a solução (P - lábil) enquanto o fator difusão é a taxa pela qual a zona de absorção é restabelecida pela solução do solo adjacente (LARSEN, 6;

RAIJ, 9).

Assim, a resposta vegetal em produção de matéria seca e fósforo absorvido é uma forma de estimar a disponibilidade de fósforo, a partir das formas estabelecidas, resultantes da complexa interação, que envolve os fatores do solo e o fertilizante fosfatado.

O presente trabalho objetivou avaliar as curvas de resposta em matéria seca produzida e fósforo absorvido à doses crescentes de fósforo, aplicadas nos solos Júlio de Castilhos e São Pedro, na sucessão sorgo-soja-aveia.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Federal de Santa Maria, com amostras de solos pertencentes às unidades de mapeamento São Pedro (Podzólico Vermelho Amarelo textura média - PALEUDALF) e Júlio de Castilhos (Podzólico Vermelho Amarelo textura média - PALEHUMULT) coletadas à profundidade de 0-20 cm, cujas características gerais encontram-se na Tabela 1.

Os solos foram secos ao ar, tamizados em peneira de 2 mm, homogeneizados, separados em porções de 2,5 kg onde foram distribuídos os tratamentos com níveis crescentes de  $P_2O_5$ : 0, 39, 70, 102, 131, 169, 200 e 400 mg  $P_2O_5 \cdot kg \text{ solo}^{-1}$  para o solo Júlio de Castilhos e 0, 29, 52, 76, 100, 127, 150 e 300 mg  $P_2O_5 \cdot kg \text{ solo}^{-1}$  para o solo São Pedro, usando superfosfato simples (SFS) como fonte de fósforo.

Os tratamentos foram distribuídos obedecendo o delineamento experimental inteiramente casualizado, com 3 repetições.

A acidez dos solos foi corrigida utilizando-se uma mistura de carbonato de cálcio e carbonato de magnésio, na relação molar Ca:Mg 4:1, na mesma oportunidade da aplicação dos tratamentos, permanecendo incubados por 15 dias, antecedentes à semeadura. Os vasos foram mantidos com teores de umidade equivalente a 70 % da capacidade de embebição.

Antecedendo a semeadura do primeiro cultivo, cada vaso recebeu uma adubação complementar de N, K, Zn, Cu e Mo em solução aquosa, na dosagem de 75, 75, 6, 3 e 0,2 ppm, respectivamente.

A sequência de três cultivos foi iniciada com sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench cv AG 1011), em setembro de 1983, sendo mantidas 5 plantas por vaso após desbaste, efetuado aos dez dias da germinação. As plantas foram colhidas decorridos 50 dias de germinação.

Em novembro de 1983, após revolvimento do solo, foi semeado o segundo cultivo, soja (*Glycine max* (L.) Merrill cv. Bragg), mantendo-se

TABELA 1. Características gerais dos solos estudados.

Solo <sup>1/</sup>	Material de origem <sup>1/</sup>	Granulometria (%) <sup>2/</sup>			pH <sup>3/</sup> água	Calcário <sup>4/</sup> (t/ha)	P <sup>5/</sup> ppm	K <sup>5/</sup> ppm	MO <sup>5/</sup> (%)
		Areia	Silte	Argila					
Júlio de Castilhos	basalto	24	39	37	4,8	5	1	70	5,6
São Pedro	arenito	73	12	15	5,0	2	1	68	4,0

1/ Denominação regional de acordo com o Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Rio Grande do Sul (BRASIL, 1).

2/ Determinada pelo método da pipeta, descrito por MEDINA (7).

3/ pH em água, relação 1:1.

4/ Necessidade de calcário determinada pelo método SMP para pH 6,0 (KAMINSKI & BOHNEM, 3).

5/ Determinados conforme metodologia descrita por MIELNICZUK et alii (8).

3 plantas por vaso. Trinta dias após a germinação foi realizada uma adubação complementar com 75, 50 e 0,1 ppm de N, K e Mo, respectivamente. As plantas foram colhidas aos 50 dias da germinação.

O terceiro cultivo foi realizado em maio de 1984, utilizando-se aveia (*Avena sativa* (L.) var. UPF 3) como planta teste. A semeadura foi precedida de uma adubação complementar de N, K e Mo nas doses de 50, 100 e 0,1 ppm. Decorridos oito dias da germinação realizou-se o desbaste, mantendo-se oito plantas por vaso, colhidas aos sessenta dias da semeadura.

Procedeu-se o corte da parte aérea de forma semelhante nos três cultivos, feito rente ao solo, sendo o material secado até peso constante a 60°C, pesado, moído e reservado para análise de fósforo.

O fósforo no tecido foi extraído por digestão com  $H_2O_2-H_2SO_4$  (TEDESCO, 14) e o fósforo de extrato determinado pelo método da solução vanadomolibdica conforme descrito por SARRUGE & HAGG (13).

As curvas de resposta em matéria seca e fósforo absorvido aos níveis de  $P_2O_5$  aplicado foram ajustadas por regressão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As curvas de resposta relacionando rendimento de matéria seca em função dos níveis de  $P_2O_5$ .kg solo<sup>-1</sup> aplicados são representados pelas Figuras 1 e 2. As equações de regressão que melhor se ajustaram aos dados obtidos, para os três cultivos, em ambos os solos são descritas por uma função quadrática, cujas derivadas revelam variáveis pontos de máximo rendimento. No solo Júlio de Castilhos, os pontos de máxima situaram-se nos níveis de 281, 371 e 345 mg de  $P_2O_5$  respectivamente, para o primeiro, segundo e terceiro cultivos da sucessão sorgo-soja-aveia.

No solo São Pedro o máximo rendimento foi atingido com doses de modo geral, inferiores às obtidas no Júlio de Castilhos, situando-se em 287 mg de  $P_2O_5$  para o primeiro cultivo, 230 mg de  $P_2O_5$  para o segundo e 258 mg de  $P_2O_5$  para o terceiro cultivo.

Segundo KHASAWNEH & SAMPLE (5), as variáveis concentrações de fósforo encontradas para obtenção de máximos rendimentos são devidas às variações nas características dos solos bem como na variabilidade das necessidades nutricionais de diferentes espécies de plantas.

Através destes resultados, infere-se que doses superiores às estimadas como ponto de máximo rendimento para a sucessão sorgo-soja-aveia nos solos Júlio de Castilhos e São Pedro, não resultam em incremento no rendimento de matéria seca.

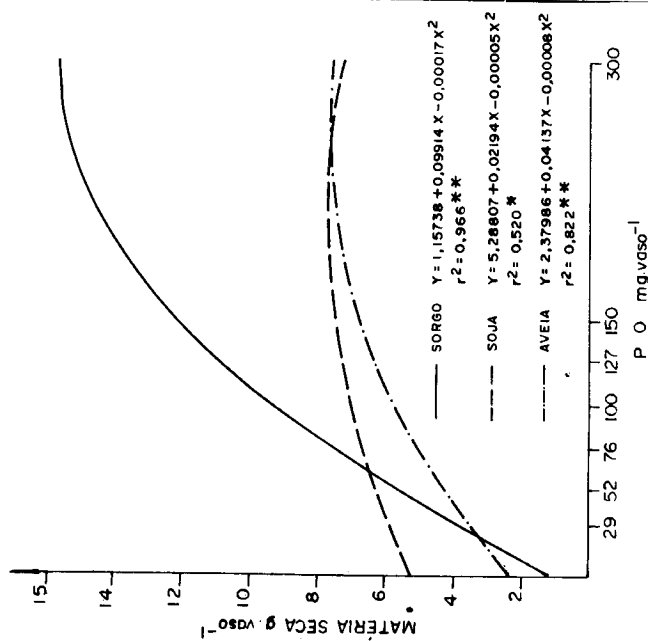


FIGURA 2. Curva de resposta à doses de  $P_{205}$  solúvel aplicadas no solo São Pedro, na sucessão sorgo-soja-aveia, em rendimento de matéria seca.

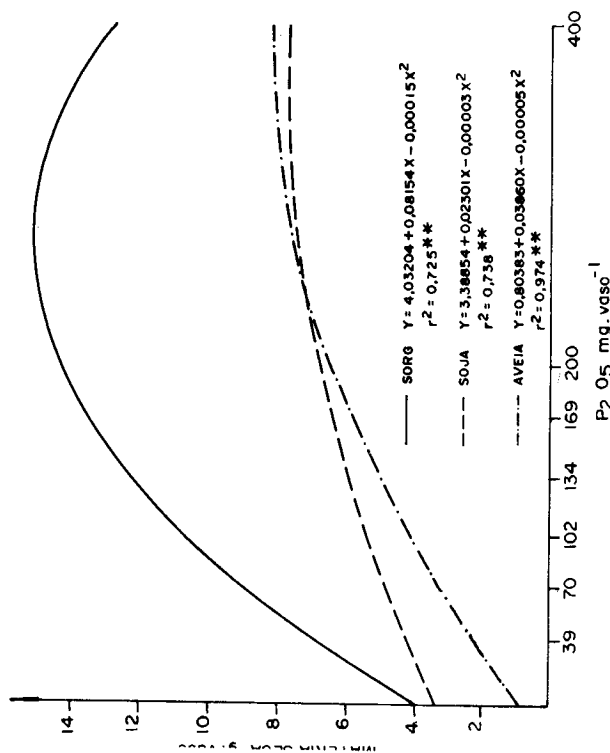


FIGURA 1. Curva de resposta à doses de  $P_{205}$  solúvel aplicadas no solo Júlio de Castilhos, na sucessão sorgo-soja-aveia, em rendimento de matéria seca.

O fósforo absorvido em função dos níveis crescentes de  $P_2O_5$  aplicados, teve comportamento diferenciado em cada cultivo, durante a sucessão. A quantidade de fósforo absorvida pelo segundo e terceiro cultivos (soja e aveia) no solo Júlio de Castilhos, apresentou a mesma tendência verificada para a produção de matéria seca (Figura 3), como postulam HANWAY & OLSON (2). De acordo com KAMPRATH & WATSON (4) a inflexão da função produção de matéria seca vs concentração de fósforo no tecido, provavelmente ocorre porque algum outro fator passa a limitar o desenvolvimento vegetal. Desta forma, a medida que a máxima produção se aproxima, a taxa de produção de matéria seca diminui, embora possa continuar o processo de absorção pela planta, o que resulta num aumento na concentração de fósforo no tecido vegetal. Tal comportamento caracterizou o primeiro cultivo (sorgo) onde a absorção de fósforo se deu de forma linear, enquanto a produção de matéria seca foi quadrática. Este mesmo comportamento foi verificado no primeiro e terceiro cultivos, no solo São Pedro (Figura 4); já a absorção de fósforo pela soja, segundo cultivo, se deu de forma similar ao acúmulo de matéria seca. RODRIGUES et alii (11), obtiveram resultados análogos quando avaliaram a absorção de fósforo pela sucessão aveia-soja-aveia.

## CONCLUSÕES

As curvas de resposta à fósforo, em matéria seca produzida, foram descritas por uma função quadrática, na sucessão sorgo-soja-aveia, nos solos Júlio de Castilhos e São Pedro. Os pontos de máxima estimados para a sucessão sorgo-soja-aveia, no solo Júlio de Castilhos foram 281, 371 e 345 mg de  $P_2O_5$ .kg solo<sup>-1</sup>, respectivamente. No solo São Pedro, a máxima produção verificou-se nas doses de 287 mg de  $P_2O_5$ .kg solo<sup>-1</sup> para o sorgo, 230 para a soja e 258 para a aveia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. *Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul*. Recife, 1973. 431p. (Boletim Técnico, 30).
2. HANWAY, J.J. & OLSON, R.A. Phosphate nutrition of corn, sorghum, soybeans, and small grains. In: KHASAWNEH, F.E.; SAMPLE, E.C. & KAMPRATH, E.J. (ed.). *The role of phosphorus in Agriculture*. Madison, Amer. Soc. Agron. Inc. 1980. Cap.24, p.661-91.
3. KAMINSKI, J. & BOHNEN, H. Métodos para indicação da quantidade de corretivos da acidez em solos do Rio Grande do Sul. *R.Fac.Agron. UFRGS*, Porto Alegre, 1(2):85-98, 1976.

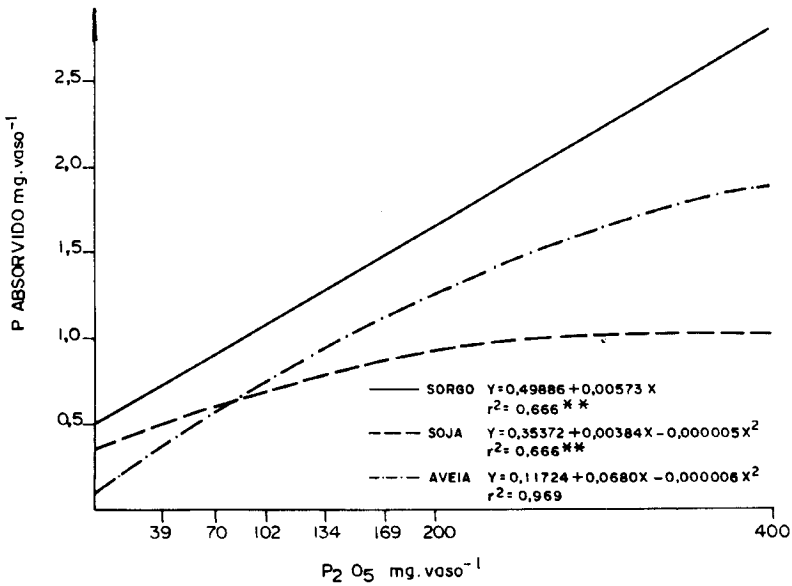


FIGURA 3. Fósforo absorvido pela sucessão sorgo-soja-aveia em função das doses de  $P_2O_5$  solúvel, aplicadas no solo Júlio de Castilhos.

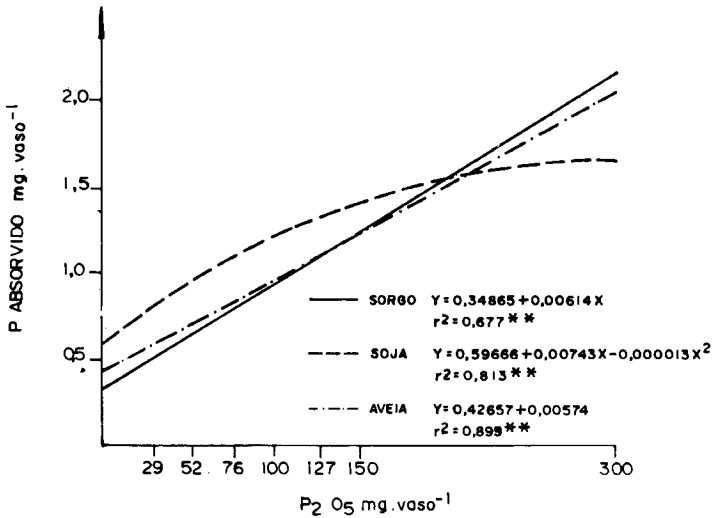


FIGURA 4. Fósforo absorvido pela sucessão sorgo-soja-aveia em função das doses de  $P_2O_5$  solúvel, aplicadas no solo São Pedro.



4. KAMPRATH, E.J. & WATSON, M.E. Conventional soil and tissue tests for assessing the phosphorus status of soils. In: KHASAWNEH, F.E.; SAMPLE, E.C. & KAMPRATH, E.J. (Ed.). *The Role of Phosphorus in Agriculture*. Madison, Amer. Soc. Agron. Inc., 1980. Chap. 13, p. 333-59.
5. KHASAWNEH, F.E. & SAMPLE, E.C. Phosphorus concentration in soil solution as a factor affecting phosphate rock effectiveness. In: INTERNATIONAL FERTILIZER DEVELOPMENT CENTER (ed.). *Seminar on Phosphate Rock For Direct Application*. Haifa, Israel, 1978. p. 212-22.
6. LARSEN, S. Soil phosphorus. *Advan. Agron.*, New York, 19:151-205, 1967.
7. MEDINA, H.P. Constituição física. In: MONIZ, A.C. *Elementos de Pedologia*. São Paulo, Livros Técnicos e Científicos, 1975. p. 12-20.
8. MIELNICZUK, J.; LUDWICK, A. & BOHNEM, H. *Recomendações de Adubo e Calcário Para os Solos e Culturas do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, Fac. Agron., UFRGS, 1969. 38 p. (Boletim Técnico, 2)
9. RAIJ, B. Van. Seleção de métodos de laboratório para avaliar a disponibilidade de fósforo em solos. *Rev. Bras. Ci. Solo*, Campinas, 2:1-9, 1978.
10. RAIJ, B. Van & DIEST, A. Van. Phosphate supplying power of rock phosphate in an oxisol. *Plant Soil*, Hague, 55:97-104, 1980.
11. RODRIGUES, A.N.A.; VOLKWEISS, S.J. & ANGHINONI, I. Efeitos imediatos e residuais do superfosfato triplo sobre o rendimento de matéria seca e absorção de fosfato por aveia forrageira em solo podzólico vermelho-escuro. *Rev. Bras. Ci. Solo*, Campinas, 9: 219-24, 1985.
12. SAMPLE, E.C.; SOPER, R.J. & RACZ, G.J. Reactions of phosphate fertilizer in soils. In: KHASAWNEH, F.C.; SAMPLE, E.C. & KAMPRATH, E.J. (ed.). *The Role of Phosphorus in Agriculture*. Madison, Amer. Soc. Agron. Inc., 1980. Chap. 11, p. 263-310.
13. SARRUGE, J.R. & HAGG, P.H. *Análises Químicas em Plantas*. Piracicaba, Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz"-Univ. S. Paulo, 1974. 56 p.
14. TEDESCO, M.J. *Extração Simultânea de N, P, K, Ca, Mg em Tecido de Plantas por Digestão por  $H_2O_2$ - $H_2SO_4$* . Porto Alegre, Depto. de Solos - Fac. Agron. - UFRGS, 1982. 23 p. (Informativo Interno, 1-82)
15. VOLKWEISS, S.J. & RAIJ, B. Van. Retenção e disponibilidade de fósforo em solos. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 4º, Brasília, 1976. *Bases para Utilização Agropecuária*. Belo Horizonte, Itatiaia, 1977. p. 317-32.