

RESPOSTA DA SOJA À ADUBAÇÃO FOSFATADA EM LATOSSOLO DO ESTADO DE TOCANTINS

FAGERIA, N.K.¹; MOREIRA, A.²; CASTRO, C.³;

¹ Embrapa Arroz e Feijão, Rod. GO-462, km 12, C.P. 179, 75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO. fageria@cnpaf.embrapa.br

² Embrapa Amazônia Ocidental, adonis.moreira@cpaa.embrapa.br.

³ Embrapa Soja, Londrina, PR

A soja é uma das mais importantes commodities agrícolas para exportação. O cultivo começou na década de 1970, especialmente no Estado do Rio Grande do Sul e expandiu rapidamente as áreas de cerrado do Centro-Oeste. Atualmente, o Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja. O Cerrado brasileiro, com cerca de 205 milhões de hectares, tem os Latossolos como grupo dominante. Estes solos são geralmente profundos, bem drenados e estruturados, mas são muito ácidos e de baixa fertilidade natural, especialmente de fósforo (P), associado a sua alta capacidade de imobilização, são as principais razões para a deficiência de fósforo nas plantas. Com a aplicação do P para repor a fertilidade do solo, cerca de 70-90% é adsorvido em vários compostos de baixa solubilidade, sem qualquer contribuição imediata para a produção de culturas, conseqüentemente, a eficiência de aplicação de fertilizantes fosfatados pelas culturas anuais, durante o seu ciclo de crescimento é inferior a 20% na maioria dos solos ácidos. Uma das estratégias de melhorar a absorção e o uso eficiente do P em cultivo nos Latossolos brasileiros é o uso da dose e da fonte adequada dos fertilizantes fosfatados. Existem poucas informações sobre a utilização de fontes e doses de P sobre a produção de soja no Estado do Tocantins. O objetivo deste estudo foi determinar a resposta da cultura da soja a três fontes e quatro doses de P em três anos de cultivo.

O experimento foi realizado em condições de campo durante três anos consecutivos na Fazenda Conquista, município de Alvorada, Estado do Tocantins em Latossolo Vermelho distrófico com os seguintes atributos químicos e granulométricos: pH = 5,3, Ca = 0,54 cmol_c kg⁻¹, Mg = 0,26 cmol_c kg⁻¹, Al = 0,4 cmol_c kg⁻¹, P = 0,8 mg kg⁻¹, K = 41 mg kg⁻¹, Cu = 1,3 mg kg⁻¹, Zn = 0,6 mg kg⁻¹, Fe = 66 mg kg⁻¹, Mn =

8 mg kg⁻¹ e matéria orgânica = 9,0 g kg⁻¹, argila 403 g kg⁻¹, silte = 40 g kg⁻¹ e areia 557 g kg⁻¹. Os tratamentos consistiram de três fontes de P: superfosfato simples [8,7% de P (20% de P₂O₅)], termofosfato Yoorin [7,6% de P (17,5% de P₂O₅)] e fosfato de Arad [14,4% de P (33% de P₂O₅)]. Estes fosfatos foram aplicados nas doses 0, 17,5, 35 e 52,5 kg de P ha⁻¹, correspondendo a 0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Os tratamentos foram aplicados a lanço em cada ano e incorporadas ao solo com grade leve a 10 cm de profundidade. A área experimental recebeu também 600 kg ha⁻¹ de fórmula (2-20-10 + 0,1 Zn) antes do primeiro cultivo (adubação corretiva). No primeiro ano também foram incorporados 3,8 t ha⁻¹ de calcário dolomítico. As parcelas experimentais foram de 4 m x 6 m e o delineamento experimental utilizado, foi bloco casualizados com três repetições. A cultivar Sambaíba foi semeada em espaçamento de 40 cm. As sementes foram inoculadas com *Bradyrhizobium elkanii*. Na colheita, uma fileira central foi colhida de cada parcela para determinar o número de vagens, grãos por vagem, peso de 100 grãos e matéria seca. O material foi seco em estufa a 70 °C até peso constante., para posterior determinação do P. Os dados foram submetidos à análise de variância, regressão e teste de Tukey (5%).

A análise de variância não mostrou interação significativa entre o rendimento de grãos versus anos de cultivo, ano versus matéria seca, número de vagens por planta versus anos e anos versus índice de colheita de grãos, indicando que a resposta da soja à adubação (P) foi semelhante nos três anos de cultivo. Assim, na Tabela 1 são apresentados as médias dos resultados desses parâmetros nos três anos de estudo.

A adubação fosfatada aumentou a produtividade da soja, variando de 2.897 kg ha⁻¹ na testemunha a 3.665 kg ha⁻¹ no tratamento com 52,5 kg ha⁻¹ de P como superfosfato simples. Com base na equação de regressão

(Tabela 1), para a obtenção de 90 % da produtividade máxima de grãos com superfosfato simples (3.341 kg ha^{-1}) seriam necessários $22,8 \text{ kg ha}^{-1}$ de P. Da mesma forma, para alcançar de 90 % da produtividade máxima de grãos com Yoorin (3.142 kg ha^{-1}) ou de fosfato de Arad (3.581 kg ha^{-1}) são necessários $9,1 \text{ kg P ha}^{-1}$ e $113,7 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente. Com base nestes resultados, o superfosfato simples produziria $146,5 \text{ kg}$ de grãos por kg de P aplicado, o Yoorin $345,3 \text{ kg}$ de grãos por kg de P aplicado e o Arad $31,5 \text{ kg}$ de grãos por kg de P aplicado. Isso significa que o Yoorin foi mais eficiente na produção de grãos por unidade de aplicação de P entre as três fontes de P. Resultados semelhantes foram obtidos por Oliveira et al (1984) estudando a eficiência relativa do fosfato de rocha, superfosfato triplo e termofosfato em trigo-soja em Latossolo, sendo o termofosfato o mais eficiente na produção de soja e trigo em relação ao fosfato de rocha ou superfosfato triplo.

A produção de matéria seca da parte aérea variou de 2.844 kg ha^{-1} na testemunha a 3525 kg ha^{-1} no tratamento superfosfato simples na dose $52,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de P. Apesar da produção ter sido influenciada pelos tratamentos, o teste de Tukey não pôde separar o efeito das fontes e doses de P. Observou-se também que o número de vagens e índice de colheita de grãos não foram influenciados significativamente por tratamento (Tabela 1).

Na Tabela 1, verifica-se que o teor de P nos grãos foi influenciado pelas doses de P variando de $11,2$ a $14,8 \text{ kg ha}^{-1}$, com valor médio de $13,4 \text{ kg ha}^{-1}$. O acúmulo de P nos grãos mostrou ter influência significativa na produtividade ($\hat{y} = -269,237 + 378,214x - 7,914X^2$, $R^2 = 0,77^{**}$ - $p \leq 0,05$).

A eficiência agrônômica diminuiu com o incremento das doses de P, sendo mais acentuada no fosfato de Arad (Tabela 2), indicando que fosfatos de menor solubilidade tender a disponibilizar menos P às plantas. A maior eficiência agrônômica na menor dose de P demonstra uma melhor utilização de P pela soja em baixas dosagens do nutriente. Este tipo de resultados é comum em estudos de eficiência dos nutrientes nas plantas. Jarrell e Beverly (1981) relataram que experimentos que utilizam uma variável nutricional, as plantas crescidas na menor concentração de nutrientes teria inevitavelmente o maior quociente de utilização, fase comum na curva de

crescimento das plantas. Nas doses $17,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de P, a eficiência de fisiológica foi maior no Yoorin. Essa maior eficiência na menor dose pode estar associada com maior absorção de P na parte aérea e nos grãos quando comparada com as duas outras fontes de P. A eficiência de recuperação aparente foi semelhante nos superfosfato simples e Yoorin e menor no Arad. A menor eficiência de recuperação de P no Arad foi devido à menor produção de palha e grãos em comparação com as duas outras fontes. No geral, a eficiência de recuperação de P foi aproximadamente 10% nas três fontes. Essa menor eficiência possivelmente esteja associada com a imobilização por óxidos de Fe e Al, característicos dos solos da região. A eficiência na recuperação de P inferior a 20% tem sido relatada em Latossolos por culturas anuais (Fageria et al., 2006).

Nas condições estudadas, a aplicação do P aumentou a produtividade da soja e dependendo da fonte, a dose ótima para 90% do rendimento de grãos variou de $9,1$ a $113,5 \text{ kg P ha}^{-1}$, indicando que os custos do fertilizante e da sua aplicação são importância para escolha dos mesmos.

Referências

BEDIN, I., FURTINI NETO, A.E.; RESENDE, A.V.; FAQUIN, V.; TOKURA, A.M.J.; SANTOS, Z.L. Phosphate fertilizers and soybean yield in soils with different phosphate buffer capacities. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 27:639-646, 2003.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C.; CLARK, R.B. **Physiology of crop production**. New York: The Haworth Press, 2006.

FAGERIA, N.K., SLATON, N.A.; BALIGAR V.C. Nutrient management for improving lowland rice productivity and sustainability. **Advances in Agronomy** 80:63-152, 2003.

JARRELL, W.M., AND R. B. BEVERLY. The dilution effect in plant nutrition studies. **Advance sin Agronomy** 34:197-224, 1981.

OLIVEIRA, E.L.; MUZILLI, O.; IGUE, K.; TORNEIRO, M.T.T. Evaluation of the agronomic efficiency of rock phosphates. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 8:63-67, 1984.

Tabela 1. Produtividade, matéria seca da planta (MSP), absorção de fósforo nas plantas e nos grãos, número de vagens por planta (NVP) e índice de colheita de grãos, em função de doses e fontes de P

Fontes de P	Doses P	Produtividade	Peso MSP	Absorção P		NVP	Índice Colheita
				Planta	Grãos		
			$kg\ ha^{-1}$			N°	
Testemunha	0,0	2897c	2843,8 a	1,84	11,2c	44,16	0,51
Superfosfato simples	17,5	3273 abc	3051,1 a	2,09	13,4abc	46,13	0,52
Yoorin	17,5	3246 abc	3480,6 a	2,32	13,5abc	49,30	0,48
Arad	17,5	3097 bc	3105,8 a	2,06	12,4bc	43,12	0,50
Superfosfato simples	35,0	3486 ab	3305,6 a	2,22	14,7ab	51,24	0,52
Yoorin	35,0	3569 ab	3365,7 a	2,17	14,5abc	51,34	0,52
Arad	35,0	3094 bc	3042,5 a	2,02	12,0bc	45,85	0,51
Superfosfato simples	52,5	3665 a	3524,8 a	2,31	16,3a	52,31	0,51
Yoorin	52,5	3343 abc	3449,9 a	2,29	15,1ab	55,43	0,50
Arad	52,5	3279 abc	2989,0 a	2,01	14,8ab	46,37	0,53
Teste F - Ano (Y)		**	**	NS	NS	**	**
Teste F - P-dose (P)		**	*	NS	**	NS	NS
Teste F - Y X P		NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV %		7,9	14,2	10,2	8,7	19,3	7,8
Dose de SS (X) vs Produção (Y) = $2903,693 + 22,822X - 0,161X^2$, $R^2 = 0,8857^{**}$							
Dose de Yoorin (X) vs Produção (Y) = $2871,153 + 34,111X - 0,469X^2$, $R^2 = 0,5949^*$							
Dose de Arad (X) vs Produção (Y) = $2916,671 + 7,169X - 0,012X^2$, $R^2 = 0,6497^{**}$							

*Significativo a 5% de probabilidade e NS não significativo. Médias seguidas por letras distintas diferem por Tukey.

Tabela 2. Eficiência de uso de fósforo em função de fontes e doses de P.

Doses P	Eficiência Agrônômica ¹	Eficiência Fisiológica ²	Eficiência Recuperação Aparente ³
		$kg\ kg^{-1}$	%
Superfosfato Simples			
17,5	21,49	186,3	13,8
35,0	16,83	106,5	11,0
52,5	14,63	78,2	10,5
Yoorin			
17,5	19,94	207,3	15,8
35,0	19,20	106,7	10,5
52,5	8,50	74,0	8,3
Arad			
17,5	11,43	170,4	7,9
35,0	5,63	79,4	2,8
52,5	7,28	62,4	7,1

¹ Eficiência Agrônômica ($kg\ kg^{-1}$) = (Produção de grão na dose de P utilizada – produção de grão na testemunha)/(quantidade de P aplicado).² Eficiência de recuperação aparente (%) = [(Teor de P no grão + palha na dose de P utilizada) – (Teor de P no grão + palha na testemunha)]/(quantidade de P aplicado).³ Eficiência fisiológica ($kg\ kg^{-1}$) = [(Produção de grão + palha na dose de P utilizada - Produção de grão) + (palha na dose de P utilizada)]/[(Teor de P no grão + palha na dose de P utilizada) – (teor de P no grão + palha na testemunha)].