



Teores de Nutrientes no Solo em Função de Arranjos do Plantio de Soja Submetida a Doses e Formas de Aplicação de Fósforo⁽¹⁾

José Geraldo Mageste⁽²⁾; Pedro Afonso Couto Junior⁽³⁾; Adriane de Andrade Silva⁽²⁾; Regina Maria Quintão Lana⁽²⁾; Mateus Aparecido Vitorino Gonçalves de Oliveira⁽⁴⁾

⁽¹⁾Trabalho executado com recursos do LABAS ICIAG UFU e parte da dissertação mestrado do segundo autor; ⁽²⁾Professores da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG –E-mail: jgmageste@ufu.br; ⁽³⁾ Doutorando do programa de Produção Vegetal da UNESP Campus de Jaboticabal; ⁽⁴⁾Discente Agronomia UNITRI, Uberlândia, MG.

RESUMO: A soja é uma cultura de grande importância nacional e ocupa os mais variados ambientes de produção. A absorção adequada de nutrientes e as fertilizações corretas, principalmente em cultivos altamente adensados, podem possibilitar um maior rendimento das colheitas, além de indicar os melhores tratamentos culturais. O objetivo deste trabalho foi avaliar os atributos químicos do solo sob influência de doses de fósforo, aplicado em sulco e a lanço, num cultivo com arranjo espacial convencional (linhas simples) comparado ao outro com uso de linhas cruzadas. O experimento foi desenvolvido na Fazenda Experimental Capim Branco, da Universidade Federal de Uberlândia, MG, nas coordenadas 18° 53' 9" S e 48° 20' 38" W. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho. Instalaram-se dois experimentos independentes em arranjos de semeaduras: um com arranjo convencional em linhas simples e outro com linhas cruzadas. As respostas aos tratamentos foram avaliadas pelos atributos químicos do solo após a colheita e pela produtividade. Não houve diferenças significativas entre as variáveis e a dose que possibilitou maior produtividade de grãos foi 119 kg de P₂O₅ ha⁻¹.

Termos de indexação: atributos do solo; arranjo convencional e cruzado; fósforo no sulco e a lanço.

INTRODUÇÃO

A fertilidade do solo adequada é importante para um aumento da produtividade. O fósforo (P) é o nutriente mais limitante na produção de biomassa nos solos tropicais (NOVAIS & SMYTH, 1999). A sua dinâmica está associada a fatores ambientais que controlam a atividade dos microrganismos, os quais imobilizam ou liberam os íons ortofosfato, e às propriedades físicoquímicas e mineralógicas do solo. Some-se ainda a pobreza dos solos brasileiros em consequência do material de origem e da forte interação do P com o solo (RAIJ, 1991) como nos solos do cerrado que apresentam elevada taxa de fixação de fósforo e lixiviação do potássio, contribuindo para a redução da produtividade da soja. Baseando-se na extração destes nutrientes pela soja, pode-se quantificar a adubação ou a

reposição nutricional necessária para garantir a máxima produtividade, melhorando a eficiência do fertilizante. Enfim, para produzir 3000 kg ha⁻¹ seriam necessários repor, por hectare, a cada safra, 150 kg de N, 30 kg de P₂O₅, 9 kg de cálcio, 6 kg de Mg e 16 kg de S, segundo Oliveira Júnior et al. (2010).

Segundo Rosolém (1982) e Rosolém et al (2006), a soja absorve maiores quantidades de fósforo entre os estádios V4 e R6, porém, ela necessita de suprimento constante de P praticamente durante todo o seu ciclo. De acordo com Novais et al (1999), a recomendação de dose média de fósforo para a maioria das culturas anuais, em solos com baixos teores de "P-disponível", varia de 90 a 120 kg de P₂O₅ ha⁻¹.

O aproveitamento dos nutrientes aplicados está associado à diferentes práticas agrícolas que podem variar de acordo com as características do solo, da cultura, da quantidade a ser absorvida, do clima, dentre outros. Estas variações indicam que não podem ser feitas recomendações generalizadas ignorando-se as particularidades químicas, físicas e biológicas de cada ambiente de produção.

A aplicação de P pode ser no sulco ou a lanço e, dependendo do sistema de cultivo, pode ser incorporado ou não. Tradicionalmente, a aplicação a lanço somente é utilizada em culturas perenes como pastagens ou semiperene como cana-de-açúcar. Para culturas anuais sempre foi preferida a aplicação no sulco. Esta recomendação modificou com a observação dos produtores de que a lanço existe uma maior rapidez na semeadura, uma vez que a adubação de manutenção pode ser feita no pré ou pós-plantio.

Este trabalho objetivou avaliar os atributos químicos dos solos sob a influência de doses de fósforo aplicadas no sulco e lanço, na cultura da soja plantada em arranjo espacial convencional e cruzado.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na Fazenda Experimental Capim Branco, da Universidade Federal de Uberlândia, em Uberlândia, nas coordenadas 18° 53' 9" S e 48° 20' 38" W. O solo é classificado como Latossolo Vermelho, de



declividade suave, com altitude de 850 metros. O clima é do tipo Aw ou seja tropical estacional de savana na classificação de Koppen.

Houve dois experimentos distintos, um com arranjo convencional em linhas simples e o outro com o arranjo de linhas cruzadas. No arranjo convencional foi utilizado espaçamento entre linhas de 0,5 m, com 18 sementes por metro linear. No arranjo cruzado houve plantio no sentido norte/sul e leste/oeste, resultando num estande com o dobro de plantas do sistema anterior. Neste arranjo a adubação no sulco foi apenas no sentido norte/sul.

A área útil total de cada experimento foi de 540 m², com parcelas de 10 x 10 m em 4 repetições.

A caracterização química do solo antes do plantio está mostrada na **tabela 1** e as análises usaram a metodologia da EMBRAPA (2009).

Foram testadas doses crescentes de fósforo equivalentes à: 0, 60, 120, 180, 240 kg de P₂O₅ ha⁻¹ como superfosfato triplo, revestido com o polímero Kimcoat, aplicado no sulco e à lanço na área total.

Os experimentos foram instalados no final de 2012, com a variedade SYN 1080-RR, em cultivo mínimo em sistema de plantio direto (SPD), com as operações de dessecação, semeadura, pós-emergente, tratamentos fitossanitários e colheita. Foi usada a dose única da adubação potássica, no plantio, de 100 kg de K₂O ha⁻¹, equivalendo a 58% K₂O também revestido com polímero Kincoat.

O efeito das doses foi avaliado através da análise de regressão em função da produtividade (sacos/hectare). Para estudar a diferenciação entre os arranjos de plantio e o métodos de aplicação do fósforo foram avaliados os atributos químicos do solo após a colheita e os parâmetros da produtividade (peso de mil grãos/ sacos/ha e kg de grãos/ha. A comparação foi pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Antes deste procedimento, todos os resultados foram submetidos aos testes de normalidade de Komogorov-Smirnov, para testar a distribuição dos resíduos e de homogeneidade de Levene, para as variâncias, todos a 1% de probabilidade. Os dados sem distribuição normal e com heterogeneidade foram submetidos à transformação para raiz quadrada. A análise de variância foi feita pelo teste F, a 1 e 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das avaliações são apresentados na **tabela 2** e na **tabela 3**. Em relação a acidez ativa (pH em água), observa-se que não houve diferença estatística entre os diferentes tratamentos (P>0,05) (**Tabela 2**). Observa-se que houve ligeiro aumento do valor de pH em relação ao inicial (5,4 para 5,9),

como efeito da aplicação do SFT. O pH acima de 5,8, está adequado para o desenvolvimento da cultura da soja. (CFSEMG,1999).

As médias dos teores de fósforo e potássio também não diferiram (**Tabela 2**) em função do método de aplicação do fósforo e do arranjo adotado. No entanto, esperava-se que no plantio com linhas cruzadas, onde houve adubação no sulco apenas num sentido (leste/oeste) fossem observados menores teores de fósforo no solo, principalmente em função da maior extração do nutriente dado o dobro de plantas. Pode ser que ao longo de anos adotando este sistema, haja uma redução de oferta deste nutriente. Fato este que indica a necessidade de complementação de estudos para comprovar esta hipótese. Apesar da adubação a lanço ter indicado ligeira queda do teor deste em relação ao sulco, nota-se que não existiu diferença estatística das médias (**Tabela 2**). Esta pequena diferença pode ser explicada pelo possível escorrimento superficial da água carreando o fertilizantedurante nete este primeiro ano de cultivo. Havendo repetição, é de se esperar que a adubação a lanço seja eficiente apenas nos primeiros cultivos.

Chama-se atenção para o elevado coeficiente de variação (CV %) (**Tabela 2**) das médias do teor de P no sistema de plantio cruzado, quando aplicado a lanço. Infere-se que esta distribuição não fique uniforme sobre toda superfície. Mas, em definitivo, a eficiência da adubação a lanço promoveu teores de fósforo que não diferiram daquela feita no sulco de plantio, em apenas um sentido. Também é de se prever que o revestimento com polímero, tenha contribuído para estes resultados.

O manejo comum da adubação fosfatada na região do cerrado é de aplicações no sulco de semeadura. Apesar de ampliar o gradiente de P no perfil do solo, principalmente sob SPD, aplicações de adubos fosfatados na superfície tornam-se interessante, já que podem torná-lo mais eficiente, com maior rapidez em extensas áreas ou sob o tempo em que as condições climáticas estão adequadas. Também pode-se antecipá-la ou fazê-la logo após a semeadura (NUNES et al. 2011).

Araújo (2013) observou que no SPD os teores P disponível, independente da fonte e do modo de aplicação, foram superiores ao sistema de plantio convencional, o que pode explicar os resultados deste estudo onde houve o SPD.

Nunes et al. (2011) concluíram que a distribuição de P no solo, após 14 anos de cultivo, é influenciada pela fonte do fertilizante fosfatado, pelo modo de aplicação e pelo sistema de cultivo. Não houve diferença de produtividade entre fonte do fertilizante fosfatado ou modo de aplicação, mas pelo sistema de cultivo, com maior rendimento no plantio direto,



com maior disponibilidade de P em relação ao preparo convencional.

Para os demais atributos químicos do solo também não foram observadas diferenças significativas a 5 % (**Tabela 2**). Porém, em relação ao potássio, o teor foi acima do considerado adequado (70 mg dm^{-3}) para esta cultura, segundo a CFSEMG (1999) e Tanaka et al (1993). Já os teores de cálcio e magnésio já encontravam-se próximos ao recomendado por ocasião do plantio (GONÇALVES, 2012).

A saturação por bases mostrou-se inferior ao desejado para a produção de soja em cultivos de alta produtividade, tanto antes, com 50 % (**Tabela 1**), como após a experimentação (**Tabela 2**). O valor desejável é acima de 65%. Estes resultados indicam que os teores de H^+ e Al^{3+} não causaram toxidez ou foram inibidos pelos nutrientes com polímeros.

As variáveis de produção não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, principalmente a produtividade (Kg/ha). É de se supor que a maior disponibilidade de espaços nas entrelinhas do plantio convencional, facilitou a emissão de ramos laterais e conseqüentemente a produção final. Situação semelhante a de Lima et al, (2012) e Pires (1998). As doses de fósforo ajustaram ao modelo quadrático, com ponto de máxima semelhante entre os métodos de aplicação.

CONCLUSÕES

Os atributos químicos do solo após colheita e os atributos de produtividade não foram influenciados pelos sistemas de plantio (arranjo) ou pelo método de aplicação de fósforo.

Os teores de fósforo no solo não variaram com as doses e os manejos de adubação, para os dois tipos de arranjos adotados.

A produtividade máxima estimada (52 Sc ha^{-1}), com as variações de arranjo espacial e método de plantio, foi de $119 \text{ kg de P}_2\text{O}_5 / \text{ha}$.

AGRADECIMENTOS

A FAPEMIG pelo apoio à pesquisa no Estado de Minas Gerais e à Universidade Federal de Uberlândia pela referência em ensino, pesquisa e extensão. Ao ICIAG UFU pelo apoio para realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

CUNHA, E. Q.; STONE, L. F.; FERREIRA, E. P. B.; DIDO NET, A. D.; MOREIRA, J. A. A. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo sob produção orgânica impactado por sistema de cultivo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 16, Nº 1:56- 63. 2012

CFSEMG. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais– 5ª Aproximação*. RIBEIRO, A. C.; GONTIJO, P. T. G.; ALVAREZ Venegas, V.H., editores. Viçosa, MG. 1999

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. 2.ed. Brasília, Informação Tecnológica, 2009. 628p.

GONÇALVES, J. M. Acúmulo de nutrientes em soja transgênica no cerrado goiano. Dissertação de mestrado, UFG, 2012.

LIMA, S. F.; ALVAREZ, R. C. .F.; THEODORO, G. F.; BAVARESCO, M.; SILVA, K. S. Efeito da semeadura em linhas cruzadas sobre a produtividade de grãos e a severidade da ferrugem asiática da soja, *Bioscience Journal*, Uberlândia, V28, N 6:954-962. Nov./Dec, 2012

NOVAIS, F. R. & SMYTH, T.J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais, Viçosa: UFV, 1999, 399p.

NUNES, R. S., LOPES, A. A. C., MARTINHÃO, D., SOUSA, G.; MENDES, I. C. Sistemas de manejo e os estoques de carbono e nitrogênio em latossolo de cerrado com a sucessão soja-milho. 2011. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35(4), 1407-1419.

OLIVEIRA JÚNIOR, A.; CASTRO, C.; KLEPKER, D.; OLIVEIRA, F. A. Soja. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Ed.) *Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: culturas*. V 3. Piracicaba: IPNI – Brasil, 2010. 467p.

PIRES, J. L. Efeito da redução do espaçamento entre linhas da soja sobre o rendimento de grãos e seus componentes, em semeadura direta, 1998, 94p, Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) , Faculdade de Agronomia, Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre,

RAIJ, B, van, *Fertilidade do solo e adubação*. Piracicaba: Ceres; Potafos. 1991. 343p.

ROSOLEM, C. A. *Nutrição mineral e adubação da soja*. 2.ed.Piracicaba, Potafós, 1982. 80p. (Boletim, 6)

ROSOLEM, C. A., & TAVARES, C. A. Sintomas de deficiência tardia de fósforo em soja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 30(02): 385-389. 2006

TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A.; BORKERT, C. M. Nutrição mineral da soja, In: ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. M. *Cultura da soja nos cerrados*, Piracicaba: Potafos, 1993, p105 – 135.



Tabela 1. Caracterização química do solo da Fazenda Capim Branco, Uberlândia, MG, 2012.

Profundidade de 0-20 cm											
pH _{água} 1:2,5	P ...mg dm ⁻³ ...	K	Al ⁺³	Ca	Mg	H+Al	SB	t	T	V	M.O.
5,3	2,8	42	0,0	1,6	0,7	2,4	2,4	2,41	4,8	50	2,6
Profundidade de 20-40 cm											
pH _{água} 1:2,5	P ...mg dm ⁻³ ...	K	Al ⁺³	Ca	Mg	H+Al	SB	t	T	V	M.O.
5,5	4,5	66	0,0	1,4	0,6	2,4	2,2	2,17	4,6	47	2,3

P, K (HCl 0,05mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,025 mol L⁻¹); Al, Ca, Mg = (KCl mol L⁻¹); M.O. = (Walkley-Black), SB= soma de bases/t =CTC efetiva/ T=CTC a pH 7,0/ V= Saturação por bases.(EMBRAPA, 2009).

Tabela 2. Teste de média dos atributos químicos do solo, nos arranjos convencional e cruzado, em função dos modos de aplicação do P₂O₅ a lanço e em sulco. Uberlândia, MG, 2013

Aplicação de P ₂ O ₅	Atributos químicos do solo.									
	pH _{água}	P	K	Ca	Mg	T	T	V	M.O.	
	.....mg dm ⁻³.....	.....mg dm ⁻³.....	.....mg dm ⁻³.....	.....cmolc,dm ⁻³.....	.....cmolc,dm ⁻³.....	.....cmolc,dm ⁻³.....	.....cmolc,dm ⁻³.....	.....cmolc,dm ⁻³.....	.....cmolc,dm ⁻³.....	.....cmolc,dm ⁻³
Conv.	Sulco	5,86A	10,36 A	96,13 A	1,75 A	0,74 A	2,74 A	5,92 A	46,38 A	2,52 A
	Lanço	5,89 A	9,46 A	100,20 A	1,71 A	0,75 A	2,72 A	5,85 A	46,40 A	2,58 A
DMS		0,16	4,27	12,97	0,13	0,08	0,19	0,27	2,5	0,23
C.V. %		3,55	56,17	17,23	10,25	14,19	9,45	5,99	7,03	11,64
Cruz.	Lanço	5,98 A	10,62 A	93,40 A	1,86 A	0,84 A	2,95 A	5,81 A	50,62 A	2,45 A
	Sulco	5,90 A	12,09 A	94,20 A	1,75 A	0,78 A	2,77 A	5,61 A	49,24 A	2,51 A
DMS		0,12	6,59	13,55	0,18	0,1	0,28	0,24	3,16	0,2
C.V.%		2,8	75,67	18,83	13,5	16,68	12,95	5,62	8,26	10,77

*Médias seguidas por letras distintas na coluna dentro de cada arranjo, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5,0 % de significância.

Tabela 3. Comparação das médias das características da produtividade da soja, cultivada em Sistema convencional e cruzado, em função do método de aplicação do P₂O₅.Uberlândia – MG.

Características da Produtividade	Método de aplicação do P ₂ O ₅		CV%	DMS
	Sulco	Lanço		
Plantio convencional				
Peso mil grãos (gr)	15,08 a	14,65 a	8,92	1,01
Nº de Sc ha ⁻¹	33,03 a	31,15 a	26,72	6,58
kg ha ⁻¹	1982,31 a	1869,07 a	26,72	394,77
Plantio cruzado				
Peso mil grãos(gr)	14,50 a	14,51 a	7,28	0,81
Nº de Sc ha ⁻¹	30,47 a	31,35 a	52,05	12,34
kg ha ⁻¹	1828,60 a	1881,30 a	52,05	740,69

*Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de significância.