

Setembro e Outubro de 1982

VOL. XXIX

N.º 165

Viçosa — Minas Gerais

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

EFEITOS DA CALAGEM E DA ADUBAÇÃO FOSFATADA E POTÁSSICA SOBRE A PRODUÇÃO DE SOJA NO TRIÂNGULO E NO ALTO PARANAÍBA, MINAS GERAIS^{1/}

Paulo Roberto R. S. Santos^{2/}
Roberto Ferreira de Novais^{3/}
Gonçalo E. França^{4/}
Francisco Morel Freire^{2/}
Hélio Lopes Santos^{4/}

1. INTRODUÇÃO

O cultivo da soja no Estado de Minas Gerais concentra-se principalmente nas regiões do Triângulo Mineiro e do Alto Paranaíba. Predominam nessas regiões solos sob vegetação de cerrado, que apresentam, em geral, topografia favorável à mecanização e características físicas adequadas ao crescimento das plantas.

ALVIM e ARAÚJO (1) e MALAVOLTA *et alii* (8) apontaram a baixa fertilidade natural e a elevada acidez como principais limitações desses solos. Em trabalhos de pesquisa realizados em solos sob vegetação de cerrado, FERRARI *et alii* (3), FREIRE *et alii* (4), LIMA *et alii* (6), MASCARENHAS *et alii* (10) e PEREIRA *et alii* (12) verificaram a existência de baixos teores de fósforo disponível e mostraram sua importância como um dos fatores que mais concorrem para limitar a produção de soja. Com relação ao potássio, FREITAS *et alii* (5), McCLUNG *et alii* (7) e

^{1/} Recebido para publicação em 12-08-1981.

^{2/} Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais — EPAMIG. 36570 Viçosa, MG.

^{3/} Departamento de Solos da U.F.V. 36570 Viçosa, MG.

^{4/} Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo — EMBRAPA. 35700 Sete Lagoas, MG.

MASCARENHAS *et alii* (9) obtiveram respostas significativas à sua aplicação em solos sob vegetação de cerrado recém-desbravado.

Diante da crescente importância da cultura da soja em Minas Gerais, é imprescindível haja maior número de trabalhos de pesquisa com a finalidade de obter doses adequadas de fertilizantes para recomendação aos sojeiros.

O objetivo deste trabalho foi verificar o efeito da calagem e da adubação fosfatada e potássica sobre a produção de soja, bem como possibilitar recomendações de adubação para a cultura, nas regiões do Triângulo Mineiro e do Alto Paranaíba.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os dados para o presente estudo foram obtidos de trabalhos experimentais realizados nas regiões do Triângulo Mineiro e do Alto Paranaíba, Minas Gerais, durante os anos agrícolas 1973/74, 1974/75 e 1975/76, em solos com diferentes características químicas (Quadro 1).

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, das quais, previamente, apenas duas receberam calagem. Em cada repetição, o fósforo, em quatro doses (0, 100, 200 e 300 kg de P_2O_5 /ha, como superfosfato triplo), e o potássio, em três doses (0, 50 e 100 kg de K_2O /ha, como cloreto de potássio), constituíram um fatorial completo. Em todos os tratamentos aplicaram-se ainda, no sulco de plantio, 50kg de sulfato de amônio, 25kg de sulfato de zinco, 15 kg de bórax e 0,5 kg de molibdato de amônio por hectare.

A condução dos experimentos nos anos seguintes foi feita exatamente no mesmo local, mantendo-se os mesmos tratamentos nas mesmas parcelas demarcadas no primeiro ano, repetindo-se, também, as mesmas doses dos fertilizantes testados.

A quantidade de calcário utilizada em cada local foi calculada com base no teor de alumínio e de cálcio mais magnésio trocáveis (13). O corretivo, com PRNT de 73%, foi aplicado a lanço e incorporado ao solo trinta dias antes do plantio, por ocasião do preparo do terreno; o fósforo e o potássio foram aplicados no sulco, na época do plantio.

A soja, cultivar 'Santa Rosa', foi previamente inoculada com *Rhizobium japonicum*, na base de 200 g de inoculante para 50 kg de sementes.

Cada parcela experimental foi formada por seis linhas de dez metros de comprimento, com espaçamento de 60 centímetros, com 20 a 24 plantas por metro linear. Foram consideradas as produções das quatro fileiras centrais, eliminando-se ainda 1 m das extremidades de cada fileira.

Neste trabalho são analisados os dados de produção de grãos, altura da planta e inserção da primeira vagem.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção, na maioria dos locais e nos três anos agrícolas (Quadros 2, 3, 4 e 5), apresentou resultados estatisticamente significativos para fósforo, potássio e calagem, concordando com os resultados obtidos por outros pesquisadores (2, 3, 6, 11). Observaram-se também, em alguns locais, respostas significativas às interações fósforo x calagem e potássio x calagem. Em virtude de problemas ocorridos durante a condução dos experimentos, não foram obtidos dados para Patrocínio, no ano agrícola de 1973/74, e Araguari, nos anos de 1974/75 e 1975/76. Também não foram considerados os dados de produção do ensaio de Uberaba (Argeu), no tratamento sem calagem, no ano agrícola de 1975/76.

QUADRO 1 - Classificação dos solos, localização dos ensaios e resultados de análises químicas de amostras dos solos onde foram conduzidos os ensaios

Características químicas	Localização				
	Patrocínio (Colégio Agríc.)	Sacramento (Hugo R. Cunha)	Uberaba (EPAMIG)	Uberaba (Ar- geu C. Rus- so)	Araguari (Renan- D' Lúcia)
pH-H ₂ O (1:2,5)	4,8	4,6	5,3	4,8	4,8
Al ³⁺ -eq.mg/100g(1)	1,0	0,7	0,3	0,7	0,7
Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺ - eq.mg/100g(1)	0,9	0,5	0,5	0,8	0,6
K - ppm (2)	46	30	43	31	31
P - ppm (2)	1	-	1	3	-
Classificação dos solos	LV	LRd	LE	LEm	LE

(1) Extrator - KCL 1 N; (2) Extrator - Mehlich.

QUADRO 5 - Efeito de doses de fósforo, de potássio e de calcário sobre a produção de grãos, altura da planta e da inserção da primeira vagem de soja num solo de Uberaba (Argem), por três anos consecutivos, no mesmo local

Elementos e Doses	Ano Agrícola									
	1973/74			1974/75			1975/76 (1)			
	Com Calagem		Sem Calagem		Com Calagem		Sem Calagem		Com Calagem	
	Prod.	Altura	Prod.	Altura	Prod.	Altura	Prod.	Altura	Prod.	Altura
	Plan- ta	Inser- ção 1. ^a vagem	Plan- ta	Inser- ção 1. ^a vagem	Plan- ta	Inser- ção 1. ^a vagem	Plan- ta	Inser- ção 1. ^a vagem	Plan- ta	Inser- ção 1. ^a vagem
Fósforo Kg P_2O_5 /ha	Kg/ha		Kg/ha		Kg/ha		Kg/ha		Kg/ha	
0	1760	54	15	32	14	45	12	26	9	1315
100	1928	67	16	46	15	54	12	33	10	1872
200	2283	75	16	47	17	56	12	38	11	2078
300	2123	78	19	61	16	58	12	43	12	1937
Potássio Kg K_2O /ha	Kg/ha		Kg/ha		Kg/ha		Kg/ha		Kg/ha	
0	1452	65	18	45	18	46	13	35	11	1194
50	2266	69	16	48	16	59	11	36	10	2164
100	2361	71	15	46	14	55	12	34	10	2342
Média	2026	68	16	46	16	53	12	35	10	1843

(1) O tratamento sem calagem não foi considerado nesse ano agrícola.

Considerando os efeitos que se mostraram significativos nas análises da variância, foram ajustadas equações de regressão múltipla para produção de grãos, altura da planta e altura de inserção da primeira vagem, em cada local e em cada ano agrícola, como variáveis dependentes dos nutrientes testados.

Todas as equações foram obtidas com a aplicação de calcário, que variou de um local para outro.

A partir dessas equações, chegou-se às doses de P_2O_5 e K_2O , em kg/ha, que condicionaram as produções físicas máximas (Quadro 6). Esses valores sugerem que não houve, de modo geral, efeito residual de fósforo, uma vez que as doses que causaram as produções máximas não decresceram nos anos subsequentes ao primeiro ano de cultivo. Entretanto, Uberaba foi exceção (Argeu), tendo sido observada nesse local tendência de diminuição das doses necessárias para as produções máximas, principalmente no último ano. Apesar disso, deve-se mencionar que os decréscimos verificados foram relativamente pequenos. Para o potássio (Quadro 6), apenas em Uberaba (EPAMIG) pareceu existir efeito residual, mesmo com a falta de informação referente ao ano de 1975/76.

Observa-se, de modo geral, que as produções (Quadro 6) caíram no segundo ano (1974/75), aumentando no terceiro (1975/76). Essa variação anual foi atribuída às condições climáticas desfavoráveis. Pelo fato de terem sido as produções inferiores no segundo ano, é de supor que parte do adubo adicionado não tenha sido utilizada pela cultura, o que pode sugerir efeito residual de fósforo e potássio no terceiro ano.

A partir das doses de P_2O_5 e K_2O que causaram as produções máximas estimadas e das equações ajustadas, foram estimadas as produções máximas e as alturas máximas das plantas e de inserção da primeira vagem. Para calcular as quantidades economicamente recomendadas de fósforo e de potássio, foram consideradas as relações de preços de kg de P_2O_5 /kg de soja = 3,1 e kg de K_2O /kg de soja = 1,6. Considerando essas relações de preços, a partir das equações ajustadas, determinou-se a dose ótima econômica de fósforo e de potássio (Quadro 7). Essas doses, levadas às equações de regressão ajustadas, determinaram as produções econômicas e as alturas da planta e da inserção da primeira vagem.

As variações das doses de P_2O_5 e K_2O , entre locais, que proporcionaram as produções máximas de grãos estimadas (Quadro 6) ou econômicas (Quadro 7) não acompanharam as variações observadas nos resultados das análises das amostras dos solos (Quadro 1). Tal fato foi, provavelmente, consequência da pequena variação dos valores de P e K nas diversas amostras e, para o caso particular de P, da sua baixa concentração e da falta de informações sobre a textura dos solos. Entretanto, para esse elemento, trabalho de FREIRE *et alii* (4), conduzido em solos dessa mesma região, apresenta informações sobre a utilização da análise de solo como critério de recomendação da adubação fosfatada para a soja.

De acordo com os resultados obtidos, considerando a média de três anos, pode-se sugerir para o plantio de soja, nos solos estudados, a aplicação de 80 a 190 kg de P_2O_5 /ha e de 40 a 80 kg de K_2O /ha, devendo os dois elementos ser aplicados na forma solúvel, no sulco de plantio, depois da calagem.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Em cinco locais do Triângulo e do Alto Paranaíba, Minas Gerais, estudou-se o efeito da calagem e da adubação fosfatada e potássica sobre produção de grãos, altura da planta e altura da primeira vagem de soja por 3 anos consecutivos. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, das quais apenas duas receberam calagem.

QUADRO 6 - Doses de P_2O_5 e K_2O , aplicadas depois da calagem de cada solo, que proporcionaram os valores máximos estimados de produção de grãos; altura da planta e da inserção da primeira vagem de soja, nos diferentes locais e anos agrícolas de condução dos ensaios

Locais	1973/74				
	P_2O_5 (Kg/ha)	K_2O (Kg/ha)	Produção (Kg/ha)	Altura da planta (cm)	Altura da 1. ^a vagem (cm)
Sacramento	201	93	2412	77	**
Araguari	210		2398	81	25
Uberaba (EPAMIG)	232	98	2772	79	16
Uberaba (Argem)	235	82	2567	79	**

Locais	1974/75				
	P_2O_5 (Kg/ha)	K_2O (Kg/ha)	Produção (Kg/ha)	Altura da planta (cm)	Altura da 1. ^a vagem (cm)
Sacramento	268	84	2355	74	**
Patrocínio	224	*	1579	73	20
Uberaba (EPAMIG)	251	44	1767	63	15
Uberaba (Argem)	230	86	1873	75	**

Locais	1975/76				
	P_2O_5 (Kg/ha)	K_2O (Kg/ha)	Produção (Kg/ha)	Altura da planta (cm)	Altura da 1. ^a vagem (cm)
Sacramento	***	***	-	-	-
Patrocínio	238	71	3478	84	26
Uberaba (EPAMIG)	254	*	2282	50	**
Uberaba (Argem)	209	83	2683	79	**

* Resposta não significativa.

** Ajustamento da regressão não significativo.

*** Os valores estimados extrapolam em muito as maiores doses testadas.

QUADRO 7 - Doses ótimas de P_2O_5 e de K_2O (1), aplicadas depois da calagem, que proporcionaram os valores econômicos máximos estima- dos de produção de grãos e respectivos valores de altura da planta e da inserção da primeira vagem de soja, nos dife- rentes locais e anos agrícolas de condução dos ensaios

Locais	1973/74				
	P_2O_5 (Kg/ha)	K_2O (Kg/ha)	Produção (Kg/ha)	Altura da planta (cm)	Altura da 1. ^a vagem (cm)
Sacramento	80	85	2219	67	**
Araguari	168	*	2334	77	24
Uberaba (EPAMIG)	182	56	2661	77	16
Uberaba (Argeu)	53	76	2304	63	**

Locais	1974/75				
	P_2O_5 (Kg/ha)	K_2O (Kg/ha)	Produção (Kg/ha)	Altura da planta (cm)	Altura da 1. ^a vagem (cm)
Sacramento	116	80	2117	63	**
Patrocinio	166	*	1490	66	19
Uberaba (EPAMIG)	185	33	1655	62	14
Uberaba (Argeu)	66	79	1616	57	**

Locais	1975/76				
	P_2O_5 (Kg/ha)	K_2O (Kg/ha)	Produção (Kg/ha)	Altura da planta (cm)	Altura da 1. ^a vagem (cm)
Sacramento	***	***	-	-	-
Patrocinio	209	59	3424	96	26
Uberaba (EPAMIG)	194	*	2189	52	**
Uberaba (Argeu)	121	80	2545	74	**

(1) Para as relações: preço Kg P_2O_5 /preço Kg soja = 3,1; preço Kg K_2O /preço Kg soja = 1,6.

* Resposta não significativa.

** Ajustamento da regressão não significativo.

*** Os valores econômicos máximos estimados extrapolam em muito as maiores doses testadas.

O fósforo foi aplicado no sulco, em quatro doses (0, 100, 200 e 300 kg de P_2O_5 /ha), como superfosfato triplo, e o potássio também no sulco, nas doses de 0,50 e 100 kg de K_2O /ha, como cloreto de potássio. A dose de calcário aplicada foi baseada nos teores de alumínio e de cálcio mais magnésio trocáveis. Foi usado o cultivar 'Santa Rosa'.

Ajustaram-se equações de regressão para produção de grãos, altura da planta e altura da primeira vagem como variáveis dependentes dos elementos que alteraram significativamente essas variáveis. Determinaram-se os valores ótimos econômicos de fósforo e potássio na presença da calagem.

Verificou-se efeito significativo da aplicação de calcário e fósforo sobre produção de grãos, nos locais estudados e nos três anos agrícolas. Resposta ao potássio foi obtida somente em alguns locais e em alguns anos.

Na presença do calcário, observou-se maior eficiência no aproveitamento dos fertilizantes.

Considerados os resultados médios dos três anos, pode-se sugerir para o plantio da soja, nesses solos, de 80 a 190 kg de P_2O_5 /ha e de 40 a 80 kg de K_2O /ha no sulco de plantio, depois de uma calagem. Tomando por base as doses de P_2O_5 que causaram as produções máximas, não foi observado efeito residual do fertilizante fosfatado.

5. SUMMARY

At five sites in the regions designated as «Triangulo» and «Alto Paranaíba», State of Minas Gerais, the effects of liming, P and K fertilizations on grain yield, plant and first pod insertion heights of soybean were studied for three successive years. The experimental design was a randomized block, with four replications, of which, only two received lime. Phosphorus and K were applied in the planting furrow: the phosphorus at four rates (0, 100, 200 and 300 kg/ha of P_2O_5) as concentrated superphosphate; and, the K at three rates (0, 50, and 100 kg/ha of K_2O) as potassium chloride. The amount of lime applied was based on the level of soil exchangeable: Al and Ca plus Mg. The soybean cultivar tested was 'Santa Rosa'.

Regression equations were adjusted for grain yield, plant and first pod insertion heights as dependent variables of those nutrients which significantly affected the parameters studied. The economic optimum rates of P and K, in the presence of lime, were determined. Lime and P resulted in a significant increase in yield on the soils studied for each of the three years. Response to K was observed only at some sites and in some years. When lime was applied, a higher efficiency of fertilizer utilization by the plants was observed.

The results of this experiment suggest that, for soybeans, on these soils, the P and K applications should be 80 to 190 kg/ha of P_2O_5 and 40 to 80 kg/ha of K_2O . Based on the rates of P_2O_5 which gave the maximum estimated yields, no residual effect of the P fertilizer applied was observed.

6. LITERATURA CITADA

1. ALVIM, P.T. & ARAÚJO, W. El suelo como fator ecológico en el desarrollo de la vegetación en el Centro-Oeste del Brasil. *Turrialba*, 2:153-160. 1952.
2. BRAGA, J.M., DEFELIPO, B.V. & ANDRADE, D. Adubação de soja em solos sob vegetação de cerrado na região do Triângulo Mineiro. *Rev. Ceres*, 19:52-62. 1972.

3. FERRARI, R.A.R., BRAGA, J.M., SEDIYAMA, C.S. & OLIVEIRA, L.M. Resposta do cultivar de soja 'Santa Rosa' à aplicação de P, K e calcário em latossolos do Triângulo Mineiro. I — Produção e características agronômicas. *Rev. Ceres*, 23:11-20. 1976.
4. 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». *Rev. Bras. Ci. Solo*, 3:105-111. 1979.
5. FREITAS, L.M.M., McCLUNG, A.C. & LOTT, W.L. *Experimento de adubação em dois solos de campo-cerrado*. São Paulo, IBEC Research Institute, 1960. 32 p. (Boletim, 21).
6. LIMA, L.A.P., VIEIRA, C., SEDIYAMA, T. & SEDIYAMA, C.S. Resposta diferencial de quatro variedades de soja à adubação fosfatada e potássica, em três localidades do Estado de Minas Gerais. *Experientiae*, 17:63-83. 1974.
7. McCLUNG, A.C., FREITAS, L.M., GALLO, J.R., QUINN, L.R. & MOTT, G.O. *Alguns estudos preliminares sobre possíveis problemas de fertilidade em solos de diferentes campos cerrados de São Paulo e Goiás*. São Paulo, IBEC Research Institute, 1958. 26 p. (Boletim, 13).
8. MALAVOLTA, E., SARRUGE, J.R. & BITTENCOURT, W.C. Toxidez de alumínio e manganês. In: FERRI, M.G. IV Simpósio sobre o Cerrado. Bases para utilização agropecuária. Belo Horizonte, Ed. Itatiaia, São Paulo, Ed. da Universidade de São Paulo, 1977. p. 275-301.
9. MASCARENHAS, H.A.A., MIYASAKA, S., IGUE, T. & DISORDI, G. Resposta da soja à calagem e a adubações minerais com fósforo e potássio em Latossolo Roxo. *Bragantia*, 28:XVII-XXI. 1969.
10. MASCARENHAS, H.A.A., MIYASAKA, S. & 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.
11. MIKELSEN, D.S., FREITAS, L.M.M. & McCLUNG, A.C. *Efeitos da calagem e adubação na produção de algodão, milho e soja em três solos de campo cerrado*. São Paulo, IBEC Research Institute, (s.d.) 48 p. (Boletim, 29).
12. 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.
13. PROGRAMA INTEGRADO DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS DO ESTADO DE MINAS GERAIS — PIPAEMG. *Recomendações do uso de fertilizantes para o Estado de Minas Gerais*. 2.^a tentativa. Belo Horizonte, Secretaria da Agricultura, 1972. 88 p.