

ADUBAÇÃO DA SOJA EM SOLOS SOB VEGETAÇÃO DE CERRADO NA REGIÃO DO TRIÂNGULO MINEIRO*

José Mário Braga
Braz Vitor Defelipo
Dalton de Andrade**

1. INTRODUÇÃO

Os solos sob vegetação de cerrado cobrem uma área de mais ou menos 1.500 km², sendo que 54% da área do Estado de Minas Gerais está com solos deste tipo.

Possuindo boas condições para o uso de uma tecnologia avançada, os solos sob vegetação de cerrado têm, como um dos principais fatores limitantes, as condições de baixa fertilidade do solo (1, 2, 3, 6). Entretanto, os ensaios de campo já realizados mostram a possibilidade de exploração destes solos (7, 12, 14).

Em virtude dos problemas ligados à pobreza dos solos, dois tipos de exploração poderiam ser usados: uso de uma tecnologia de sustentação, na qual se poderia determinar o mínimo de fertilizante que deve ser aplicado em cada ano, para se obter um máximo de resposta econômica, e o uso de uma tecnologia de elevação, segundo a qual fazer-se-ia a utilização de recursos que permitissem passar o nível baixo da fer-

* Aceito para publicação em 28-12-1971.

** Respectivamente, Professor Adjunto e Professor Assistente do Departamento de Fitotecnia e Pesquisador do Centro de Experimentação, Pesquisa e Extensão do Triângulo - Universidade Federal de Viçosa.

tilidade para um nível mais elevado, importando isto numa exploração por um período mais longo do solo.

O presente trabalho diz respeito a uma tecnologia de sustentação, utilizando como cultura a soja. É cultura relativamente nova no Estado de Minas Gerais, e, assim, há necessidade de maior número possível de experimentos relacionados com a adubação, especialmente nas zonas que oferecem possibilidade para a expansão dessa cultura.

A soja não tem respondido à adubação nitrogenada, como mostram os trabalhos realizados no Brasil e no estrangeiro (15, 16, 17), quando efetuada a inoculação com Rhizobium japonicum. Entretanto, FREITAS et alii (7), com testes em solos sob cerrado, realizados em Goiás, atestam: "As observações no experimento de soja indicaram importantes respostas ao nitrogênio, apesar de se verificar forte nodulação".

Dados de análise de solos sob vegetação de cerrado mostram que há pobreza de matéria orgânica nestes solos (1, 2, 3, 4, 7). Daí não se poder esperar bom suprimento de N, apesar das condições de nitrificação do solo (19).

Os trabalhos realizados em solos sob vegetação de cerrado mostram que eles possuem teores muito baixos de fósforo. Por isso mesmo, as culturas têm mostrado acréscimos de produção maiores quando fonte deste elemento é aplicada nestes solos (7, 11, 12, 14). Como estes solos têm elevados teores do óxido de ferro, maiores quantidades de fontes de fósforo são aplicadas, sendo que, desta quantidade, uma parte é usada para saturar o complexo adsorvente do solo (10). Daí, numa tecnologia de sustentação, o problema pode ser minimizado pela aplicação localizada (5, 13).

As culturas também têm respondido ao potássio em ensaios realizados com estes solos, tanto no campo como em estufa (7). Maior importância deve ser dada ao potássio pelo equilíbrio iônico dele com cálcio e magnésio, proveniente da calagem (12, 14).

A calagem tem sido a prática agrícola mais usada para uma exploração de sustentação em solos sob vegetação do cerrado. O seu uso tem sido baseado, principalmente, na quantidade necessária para elevar o pH do solo à faixa neutra (14), sem a preocupação de determinar o fator de calagem (18).

São objetivos deste ensaios:

- 1 - Obter dados que permitam fazer recomendações e-

conômicas de adubação nitrogenada, fosfatada e potássica para a cultura de soja, em Latossolo Vermelho Escuro de textura média, quando a inoculação não é realizada.

2 - Obter dados que mostram variação no comportamento da soja, em diferentes tipos de solos, frente a doses variáveis de calcário.

2. MATERIAL E MÉTODO

Foram selecionados solos Latossolo Vermelho Escuro em dez locais diferentes na região do Triângulo Mineiro. Entretanto, em consequência de problemas diversos, só foi possível a colheita da soja em quatro locais, com todos os tratamentos. Características químicas e físicas de amostras compostas de solos dos locais testados estão no quadro 1.

Em cada local, foi separado um bloco de 10 x 56 m, posteriormente dividido em quatro sub-blocos, tendo, cada um, área de 140m². Após sorteado, foi aplicado, em cada sub-bloco, calcário nas doses 0-0, 5-1, 0 e 2 toneladas por hectare. O valor neutralizante do calcário era de 77%.

Aplicado o calcário a lanch, foi ele incorporado com enxada, depois disto, dividiu-se o sub-bloco em dez parcelas, tendo cada uma as dimensões de 5x2, 8m. Em cada parcela, abriram-se quatro sulcos e aplicaram-se os adubos, conforme os tratamentos.

Os tratamentos escolhidos foram em número de dez, incluindo três níveis de nitrogênio, três de potássio e quatro de fósforo. Estes tratamentos serão mencionados no decorrer deste trabalho, da seguinte forma: N0P1K1, N1P1K1, N2P1K1, N1P0K1, N1P1K1, N1P2K1, N1P3K1, N1P1Ko, N1P1K1 e N1P1K2.

Os níveis escolhidos foram:

Nitrogênio - 0, 100 e 200 kg de N/ha, aplicado como sulfato de amônio (20% de N).

Fósforo - 0, 100, 300 e 300 kg de P₂O₅/ha, aplicado como superfosfato triplo (45% de P₂O₅).

Potássio - 0, 90 e 180 kg de K₂O/ha, aplicado como cloreto de potássio (60% de K₂O).

Após a aplicação do adubo, foram plantadas sementes de soja (Glycine max) do cultivar 'Pelicano' (sem inoculação), de tal modo que 35 sementes ficassem espalhadas em um metro de sulco. A colheita foi realizada numa área útil de 5,60m².

QUADRO 1 - Algumas características físicas e químicas dos solos onde se instalaram os ensaios.

Características	Locais			
FÍSICAS (a)	1	2	3	4
Argila (%)	16	16	21	22
Silte (%)	12	4	8	5
Areia fina (%)	29	39	48	29
Areia grossa (%)	43	41	23	44
QUÍMICA (a)				
pH (b)	5,8	5,6	5,6	5,5
MO (c)	1,32	1,51	1,15	1,29
K (ppm) (d)	+ 100	55	30	30
P (ppm) (d)	11,8	21,8	4,4	16,0

(a) Análise efetuada no Laboratório do Departamento de Fito-tecnia da U. F. V.

(b) Em água na relação 1:1 (8)

(c) MO: Matéria Orgânica - Método de Walkley Black (8)

(d) Usando extrator "Norte Carolina" (20).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de produção de soja, em quilogramas de grãos por hectare, estão contidos no quadro 2. Os valores obtidos tem uma amplitude de variação normal e uma média de 1432 kg/ha.

Os dados de campo foram analisados estatisticamente, e os resultados mostram significância (nível de 1%) para locais e para tratamentos. A interação tratamentos x calcário não foi significativa, fato não verificado por FREITAS et alii (7), em

solos de Goiás. A ausência da significação para o caso presente, possivelmente, seja explicada por duas circunstâncias: (a) pouco espaço de tempo para a reação do calcário com o solo, uma vez que o plantio se verificou no mesmo dia da aplicação do calcário; (b) ausência de condições reativas do solo, que pudessem ser alteradas por influência do calcário. Possivelmente, isto seja em razão do valor do pH do solo ser alto, indicativo de menor quantidade de alumínio em solução.

Os dados de produção de soja foram relacionados com os níveis de cada elemento, por meio de equação do 1º ou de 2º grau. As figuras 1, 2 e 3 representam as relações obtidas.

Verificou-se que apenas o local 2 não deu resposta à aplicação de nitrogênio. Nos locais 1 e 4, obtiveram-se respostas idênticas, enquanto que no local 3 a resposta foi menor. Quanto se analisaram os dados em conjunto, obteve-se resposta quadrática significativa ao nitrogênio. Considerando as equações do 2º grau obtidas com os dados dos locais 1, 4 e em conjunto, os valores máximos de produção com a derivação das equações foram, respectivamente, de 126, 121 e 129 kg de N/ha.

QUADRO 2 - Produção média de soja, em kg/ha

Tratamento	Locais				Média geral
	1	2	3	4	
NoPK1	1329	1666	1053	699	1187
N1PK1	1811	1750	1423	1293	1569
N2PK1	1656	1769	1398	1058	1470
N1PoK1	1775	1432	1038	1055	1325
N1PK1	1573	1571	1453	1102	1425
N1P2K1	1703	1520	1357	1087	1417
N1P3K1	1834	1828	1482	1323	1617
N1PKo	1655	1413	1190	846	1276
N1PK1	1826	2019	1148	1039	1508
N1PK2	1619	1752	1563	1167	1525

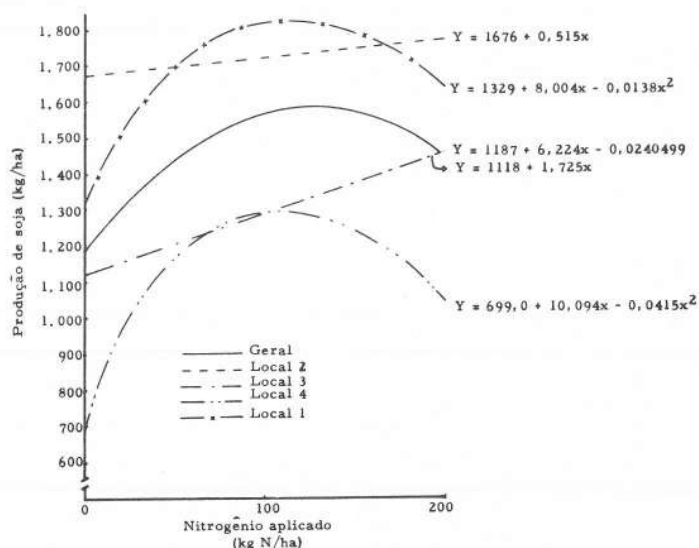


FIGURA 1 - Equação de regressão da resposta da soja à aplicação de nitrogênio em solos LVE, no Triângulo Mineiro.

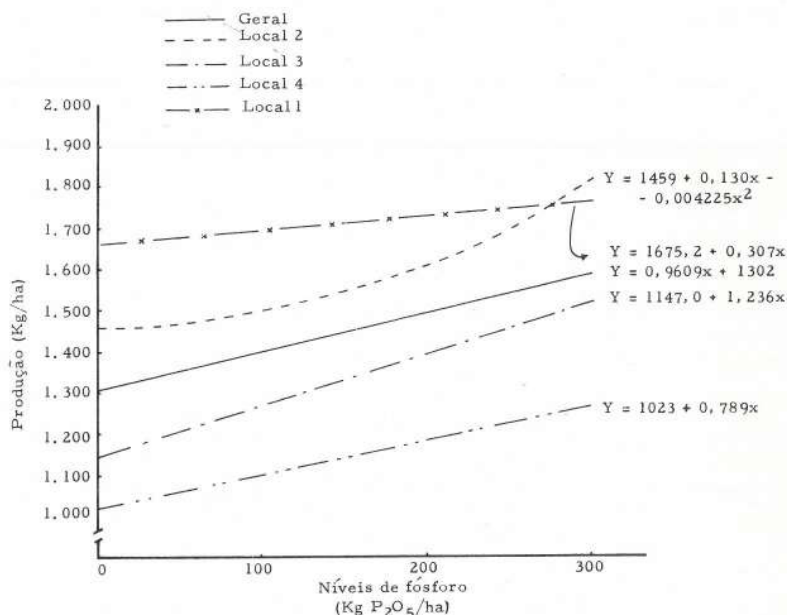


FIGURA 2 - Equação de regressão da resposta de soja a aplicação de P₂O₅ em solos LVE do Triângulo Mineiro.

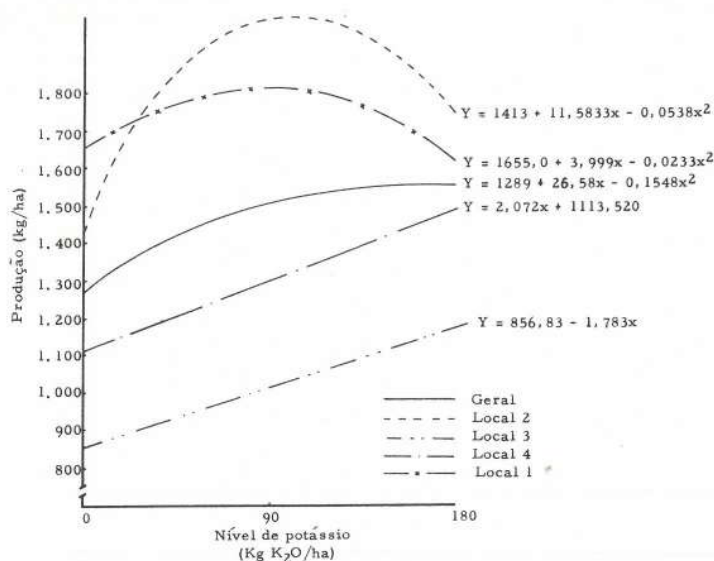


FIGURA 3 - Equação de regressão da resposta de soja à aplicação de potássio em solos LVE, no Triângulo Mineiro.

A resposta ao nitrogênio não é comum, quando as sementes são inoculadas com Rhizobium japonicum (11, 16, 17). Entretanto, no caso presente, não houve inoculação, e em consequência da pobreza destes solos era esperada resposta ao nitrogênio.

Em relação ao fósforo, os locais se mostraram com deficiência acentuada, provocando uma relação linear entre a produção e fósforo aplicado. Este comportamento era esperado diante da referida deficiência, e está de acordo com os dados já obtidos por diversos pesquisadores (9, 13, 14, 16).

A soja mostrou resposta ao potássio em todos os locais ensaiados, sendo linear nos locais 3 e 4, e quadrática no local 2 e quando se agruparam todos os dados. Muito embora já tenha sido obtido resposta a potássio em solos deste tipo (14), as respostas obtidas neste ensaio foram marcantes. O local 1 não mostrou resposta a potássio, o que era esperado diante do alto teor deste elemento no seu solo, conforme mostra o quadro 1.

O exame das curvas de regressão de cada elemento

sugere que o grau de fertilidade dos quatro locais seja o mesmo, variando, entretanto, a produtividade, mercê de condições outras que não a fertilidade. Esta circunstância permite também estudar o efeito dos elementos em conjuntos e para todos os locais em conjunto, determinando-se, deste modo, o mínimo de fertilizantes a ser aplicado.

Assim, fez-se o ajustamento dos dados a uma equação múltipla, obtendo-se a seguinte equação:

$$Y = 22,360N - 0,00133N^2 + 3,873P - 0,0013P^2 + 1,582K - \\ - 0,00751K^2 - 0,1263NP - 0,1179NK + 0,2210PK + 961,893$$

com um coeficiente de determinação de 0,6915, significativo a 1%.

A equação de regressão múltipla foi usada para determinar os níveis máximos econômicos, usando-se a expressão:

$(PE) \times \frac{dY}{dE} - PP = 0$, na qual PE é o preço unitário de elemento; $\frac{dY}{dE}$ é a derivada da equação em relação ao elemento em estudo e PP é o preço unitário do produto.

Considerando o preço de Cr\$ 0,50 por quilograma de soja; Cr\$ 1,75 o quilograma de N; Cr\$ 1,50 o quilograma de P_2O_5 e Cr\$ 0,70 o quilograma de K_2O , as quantidades máximas econômicas foram 116 kg de N/ha, 65 kg de P_2O_5 /ha e 64,4 kg de K_2O /ha.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Em quatro locais do Triângulo Mineiro, com o mesmo tipo de solo, Latossolo Vermelho Escuro, textura média, foi lançado um ensaio com a finalidade de se estudar a resposta da soja à aplicação de nitrogênio (sem inoculação das sementes) fósforo, potássio e calcário.

Os níveis estudados foram 0, 100, 200 kg de N/ha; 0, 100, 200 e 300 kg de P_2O_5 /ha; 0, 90 e 180 kg de K_2O /ha e 0 - 0,5 - 1,0 e 2t de calcário/ha.

Estes níveis de NPK foram combinados em dez tratamentos, que constituíram um dos quatro sub-blocos, instalados em cada local. Cada sub-bloco recebeu um nível de calcário.

Os resultados mostraram que não houve efeito de cal-

cário e não houve interação calcário tratamento, mas os efeitos de tratamentos e local foram significativos.

Para o estudo econômico, os dados de produção foram ajustados a uma equação de regressão múltipla, cujo coeficiente de determinação foi igual a 0,6915.

Considerando os preços de Cr\$ 0,50/kg de soja; Cr\$ 1,70/kg de N; Cr\$ 1,60/kg de P_2O_5 e Cr\$ 0,70/kg de K_2O , as doses econômicas foram: 115 kg de N/ha; 65 kg de P_2O_5 /ha e 64 kg de K_2O /ha.

5. SUMMARY

The response of soybeans to the application of nitrogen (without inoculation of the seeds), phosphorus and potassium was studied in oxisoil from Minas Triangle with and without the application of limestone.

The levels of fertilizer used for this trial were 0, 100 and 200 kg of N/ha; 0, 100, 200 and 300 kg de P_2O_5 /ha; 0, 90 and 180 kg de K_2O /ha; and 0, 1/2, 1, and 2 ton of limestone/ha.

The above levels of NPK, each of which represents one sub-block, were combined in ten treatments and installed in one place. Each sub-block received one level of limestone.

The results showed that behavior of soybeans was not affected by the application of limestone.

A multiple regression equation was calculated for fertilizers as a function of price of soybeans and from this was concluded that the most economic levels of fertilizers are as follows:

115 kg of nitrogen/ha
65 kg de P_2O_5 /ha
64 kg de K_2O /ha

6. LITERATURA CITADA

1. ALVIM, P. T. Teoria sobre a formação dos campos cerrados. Rev. Bras. Geo., Rio de Janeiro, 16(4):496-498. 1954.
2. ALVIM, P. T. & ARAUJO, W. A. El suelo como factor ecológico en el desarrollo de la vegetación en el centro oeste del Brasil. Turrialba, Costa Rica, 2:153-160. 1952.
3. ARENS, K. As plantas lenhosas dos campos cerrados como flora adaptada a deficiências minerais no solo. In: Simpósio sobre o cerrado. Ed. da Universidade de São Paulo, 1963. p. 285-303.

4. BEIGUELMAN, B. Cerrado: vegetação oligotrófica. Ciência e Cultura, São Paulo, 14: 99-107. 1962.
5. BRAGA, J.M. Fosfato de Araxá. Resultados Experimentais. (Revisão Bibliográfica) Univ. Federal de Viçosa, 1970. 61 p. (Bol. nº 21).
6. FERRI, M. G. Histórico dos trabalhos botânicos sobre o cerrado. In: Simpósio sobre o Cerrado. Ed. da Universidade de São Paulo, 1963. p. 15-50.
7. FREITAS, L.M.M., McCLUNG, A. C. & LOTT, W. L. Experimentos de adubação em dois solos de campo cerrado. IRI, São Paulo, s.d. 32 p. (Bol. nº 21).
8. JACKSON, M. L. Soil chemical analysis. New York, Prentice Hall, 1958. 438 p.
9. KALCKMAN, R. E. Cultura e adubação da soja. Pelotas, Instituto Agronômico do Sul, 1961. s/pág.
10. MARSHALL, C. E. The physical chemistry and mineralogy of soils. New York, John Wiley & Sons, 1964. 388 p.
11. McCLUNG, A. C., FREITAS, L. M. M., MIKKELSEN, D. S. & LOTT, W. L. A adubação do algodoeiro em solos de campo cerrado no Estado de São Paulo. IRI, São Paulo, s.d. 35 p. (Bol. nº 27).
12. McCLUNG, A. C., FREITAS, L. M. M., GALLO, J. R., QUINN, L. R. & MOTT, G. O. Alguns estudos preliminares sobre possíveis problemas de fertilidade em solos de diferentes campos cerrado de São Paulo e Goiás. IRI, São Paulo, s.d. 26 p. (Bol. nº 13).
13. MENARD, L. N. & CROCOMO, O. Ciclo do fósforo. Piracicaba, Centro Acadêmico "Luiz de Queiroz", 1959. 16 p.
14. MIKKELSEN, D. S., FREITAS, L. M. M. & McCLUNG, A. C. Efeitos de calagem e adubação na produção de algodão, milho, soja em três solos de campocerrado. IRI, São Paulo, s.d. 48 p. (Bol. nº 29).

15. MIYASAKA, S., SILVA, J. C. & GALLO, J. R. Adubação da soja. I. Ensaio preliminares de adubação mineral em terra roxa misturada. Bragantia, Campinas, 19: 668-674. 1960.
16. MIYASAKA, S., WUTKE, A. C. P. & VENTURINI, W. R. Adubação da soja. II. Adubação mineral em "terra roxa misturada com argilito do Glacial". Bragantia, Campinas, 21:617-630. 1962.
17. MIYASAKA, S. Nutrição e adubação da soja. 1967. s. p. (mimeografado).
18. PRATT, P. F. Química do solo. Rio de Janeiro, Convênio USAID/MA, 1966. 88 p.
19. TISDALE, L. & NELSON W. L. Soil fertility and fertilizers. New York, The Macmillan Co., 1958. 694 p.
20. VETTORI, L. Método de análise de solo, Rio de Janeiro, M. Agric., 1962. 24 p. (Bol. nº 57).