

PESQUISA E EXPERIMENTAÇÃO COM SOJA (*Glycine max* (L) Merrill) NO ESTADO DO ESPIRITO SANTO.

IV — Efeitos da adubação nitrogenada, fosfatada e potássica na produção de grãos, altura da planta e da 1.^a vagem*

Danilo Milanez
Roberto Ferreira de Novais
José Augusto Pereira Gabetto
Wilson Ferreira da Fonseca
Tuneo Sedyama**

1. INTRODUÇÃO

A cultura da soja vem crescendo consideravelmente em todo o mundo, sobretudo no Brasil. A experimentação com a cultura no Espírito Santo visa a obtenção de dados para a implantação dessa leguminosa no Estado. O uso de variedades melhoradas, quando associadas a adubações equilibradas, proporciona rendimentos significativos e econômicos no cultivo dessa leguminosa.

A adubação nitrogenada da soja pode ser substituída pela inoculação das sementes com *Rhizobium japonicum*, como mostram os trabalhos realizados por MIYASAKA *et alii* (9, 10). Entretanto, FREITAS *et alii* (3) e RIOS *et alii* (16), em solos sob vegetação de cerrado, obtiveram respostas à aplicação do nitrogênio. ARRUDA *et alii* (1), utilizando três variedades, durante três anos, concluíram que houve efeito significativo durante dois anos para os tratamentos com aplicação de nitrogenados.

A soja tem respondido bem à adubação fosfatada (2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 17) sendo poucos os trabalhos que não tiveram resposta satisfatória (3). BRAGA *et alii* (2), em ensaios instalados em solos sob vegetação de cerrado, obtiveram resposta linear com aplicação de até 180 kg de P_2O_5 /ha. MIYASAKA *et alii* (10), em trabalhos realizados em «Terra-roxa misturada com argilite do glacial», obtiveram aumentos da ordem 276%, com uso da adubação fosfatada.

PEREIRA *et alii* (15), estudando o efeito de fontes e doses de fósforo, observaram aumento de rendimento para todas as fontes de fósforo testadas.

As respostas ao potássio são menos frequentes ou nulas (6, 8, 9, 12, 13), podendo apresentar resultados inconsistentes (14).

* Trabalho financiado, em parte pela Aracruz Florestal S/A.

Recebido para publicação em 14-10-1977.

** Os autores são, respectivamente, Pesquisador da EMCAPA, Prof. Titular da U.F.V., Eng.^o-Agr.^o da Secret. Agric. do Espírito Santo, Prof. Titular da ESAES e Prof. Titular da U.F.V.

É objetivo deste trabalho determinar as curvas de resposta da soja às adubações nitrogenada, fosfatada e potássica, nos solos da Região Norte do Espírito Santo, visando a determinar as doses econômicas dos fertilizantes.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram instalados, no ano agrícola 1972/73, dois ensaios de adubação N, P e K em solo Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico nas localidades de «Santa Cruz» (Conceição da Barra) e «Santana» (São Mateus). O solo em estudo apresenta uma camada bastante arenosa de aproximadamente 20 cm (até 95% de areia), seguida de uma camada compacta de argila.

Os resultados das análises dos solos dos locais dos ensaios encontram-se no Quadro 1.

QUADRO 1 - Resultados das análises dos solos dos locais dos ensaios					
Locais	Fósforo* (ppm)	Potássio* (ppm)	Ca + Mg* meq/100g solo	Al meq/100 solo	pH**
Santa Cruz	1,0	21	1,5	0,2	5,6
Santana	1,5	32	1,4	0,0	5,8

* Extrator: Norte Carolina
 ** pH em H₂O: relação 1:2,5

Os tratamentos constituíram um fatorial 3 x 3 x 3, distribuídos em confundimento parcial de dois graus de liberdade da interação NPK, segundo o grupo W (4), distribuídos em blocos ao acaso.

Os níveis dos elementos utilizados foram os seguintes:

N — 0, 40 e 80 kg/ha na forma de sulfato de amônio.

P₂O₅ — 0, 80 e 160 kg/ha na forma de superfosfato simples.

K₂O — 0, 90 e 180 kg/ha na forma de cloreto de potássio.

A calagem foi efetuada dois meses antes do plantio, na proporção de 2000 kg/ha, com o objetivo de aumentar os níveis de Ca + Mg disponíveis. O adubo foi localizado nos sulcos de plantio, 5 cm ao lado e abaixo das sementes. Utilizaram-se no plantio sementes do cultivar 'IAC-2', previamente inoculadas com *Rhizobium japonicum*. Foi aplicado 1/3 da dose de nitrogênio no plantio e os 2/3 restantes, 45 dias depois. As parcelas constituíram-se de áreas com 18 m² (6,0 x 3,0 m), sendo a área útil de 9 m² (5,00 x 1,80 m). O plantio foi feito em linhas espaçadas, 0,60 m, com 35 sementes por metro linear de sulco, efetuando-se o desbaste 25 dias mais tarde, deixando-se 20 plantas por metro.

Os ensaios foram instalados aos 15 e 16/12/72 e colhidos aos 04/05/73, anotando-se a altura das plantas e da inserção da 1.^a vagem, em seguida avaliou-se a produção de grãos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da produção de grãos, da altura das plantas e da inserção da primeira vagem encontram-se no Quadro 2.

Houve resposta positiva e significativa da aplicação de nitrogênio, ao nível de 5%, para produção de grãos, nos dois locais, e ao nível de 1% para altura de planta no ensaio de «Santana». Para fósforo, houve resposta, ao nível de 1%, nos dois locais, para a produção de grãos, para a altura da planta e para a inserção da primeira vagem.

As respostas ao nitrogênio estão de acordo com as que foram encontradas por ARRUDA *et alii* (1) e RIOS *et alii* (16), estes trabalhando em solo sob vegetação de cerrado. O máximo efeito do nitrogênio foi obtido com a aplicação de 53,2 kg de N/ha.

QUADRO 2 - Produções médias de grãos, alturas médias das plantas e da inserção da primeira vagem, obtidos nos ensaios de Santa Cruz (Conceição da Barra) e Santana (São Mateus), no ano agrícola 1972/1973*

ELEMENTOS E NÍVEIS EM kg/ha	SANTA CRUZ				SANTANA	
	Produção (kg/ha)	Altura média das plantas (cm)	Altura de inserção da primeira vagem (cm)	Produção (kg/ha)	Altura média das plantas (cm)	Altura de inserção da primeira vagem (cm)
NITROGÊNIO (kg de N/ha)						
0	867,6 b	59,7 a	16,5 a	1.008,8 b	61,9 b	16,2 a
40	1.077,6 a	63,2 a	17,6 a	1.503,4 a	71,0 a	15,7 a
80	1.055,2 a	65,1 a	16,7 a	1.381,9 ab	73,9 a	16,8 a
FÓSFORO (kg de P_2O_5 /ha)						
0	224,2 c	29,7 c	12,2 b	393,6 c	33,2 c	12,8 b
80	1.192,0 b	73,2 b	18,7 a	1.415,5 b	79,8 b	17,9 a
160	1.584,2 a	85,1 a	19,9 a	2.084,9 a	93,8 a	18,0 a
POTÁSSIO (kg de K_2O /ha)						
0	954,4 a	61,0 a	16,7 a	1.364,2 a	67,8 a	15,7 a
90	1.025,4 a	65,0 a	17,7 a	1.198,5 a	69,8 a	16,7 a
180	1.020,4 a	62,0 a	16,4 a	1.531,3 a	69,2 a	16,3 a
Média	1.000,1	62,7	16,9	1.298,3	68,9	16,2
C.V. %	12,02	7,32	8,54	19,00	8,83	9,36
DMS 5 %	161,9	6,3	2,2	362,3	5,8	1,9

* Em cada coluna as médias assinaladas pela mesma letra não apresentam diferenças significativas, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

Os acréscimos de produção por causa do efeito do fósforo foram altamente significativos. Efeitos semelhantes foram obtidos por outros autores em solos de São Paulo (6, 7, 8, 10) e de Minas Gerais (2,5 e 15). A produção aumentou de 224,2 kg/ha (testemunha) para 1.192,0 e 1.584,2 kg/ha, respectivamente, com a aplicação de 80 e 160 kg de P_2O_5 /ha, no ensaio de «Santa Cruz». No ensaio de «Santana» os acréscimos foram de 393,6 kg/ha (testemunha) para 1.415,5 e 2.084,9 kg, com a aplicação das mesmas doses de fósforo.

Não houve resposta significativa à aplicação do potássio, embora as análises dos solos em estudo (Quadro 1) tenham apresentado baixos teores disponíveis desse elemento, apresentando resultados inconsistentes, de acordo com os que foram observados por OHLROGGE (14).

A partir da média dos resultados dos dois experimentos, foram ajustadas equações que representassem os dados de produção de grãos, altura da planta e da inserção da primeira vagem, como variáveis dependentes dos nutrientes que as influenciaram, significativamente.

As equações ajustadas foram:

Produção (kg/ha):

$$Y = 682,052 + 14,120 N - 0,132500 N^2 + 15,3346 P - 0,03625 P^2$$

$$R^2 = 94,41\%$$

Altura da planta (cm):

$$Y = 26,4445 + 0,194443 N - 0,00104165 N^2 + 0,767359 P - 0,0025263 P^2$$

$$R^2 = 97,16\%$$

Altura de inserção da primeira vagem (cm):

$$Y = 12,4444 + 0,106249 P - 0,000407986 P^2$$

$$R^2 = 89,25\%$$

Nitrogênio (N) e fósforo (P), nas equações, são dados, respectivamente, em kg de N/ha e P_2O_5 /ha.

A partir das equações, elaborou-se um mapa de preços (Quadro 3), onde se determinam as dosagens ótimas de fertilizantes para obtenção de produções máximas econômicas. A máxima produção física será de 2.679,1 kg/ha, com a aplicação de 53,2 kg de N e 211,5 kg de P_2O_5 /ha.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

O efeito da adubação N, P e K em soja foi estudado em solo Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico, na Região Norte do Espírito Santo. Os tratamentos constituíram um fatorial $3 \times 3 \times 3$, distribuídos em 'confundimento' parcial de dois graus de liberdade da interação NPK, segundo o grupo W, sendo os seguintes os níveis de fertilizantes usados em kg/ha:

N — 0, 40 e 80 na forma de sulfato de amônio.

P_2O_5 — 0, 80 e 160 na forma de superfosfato simples.

K_2O — 0, 90 e 180 na forma de cloreto de potássio.

O nitrogênio foi aplicado, 1/3, no plantio e o restante 45 dias após. A calagem foi de 2.000 kg/ha, 2 meses antes do plantio.

Foram ajustadas equações de regressão para produção de grãos, altura da planta e da primeira vagem, como variáveis dependentes dos elementos que alteraram significativamente estas variáveis. Elaborou-se um mapa de preços para as doses ótimas de N e P_2O_5 , que maximizam os lucros para uma ampla faixa de preços de N, P_2O_5 e soja.

Com o presente trabalho podem-se obter as seguintes conclusões:

1. Houve efeito significativo para aplicação de nitrogênio na produção de grãos nos dois ensaios e para altura de vagem em um ensaio.

2. Os aumentos de produção, proporcionados pela adubação fosfatada, em relação à testemunha, foram de 259,6 e 429,7% com aplicação de 80 e 160 kg de P_2O_5 /ha no ensaio de «Santana» e de 431,7 e 606,6% no ensaio de «Santa Cruz».

3. Não houve resposta significativa à aplicação de potássio.

5. SUMMARY

The response of soybeans (*Glycine max* (L.) Merrill cv. 'IAC-2') to three levels of nitrogen (0,40 and 80 kg N/ha), combined with three levels of phosphorus (0, 80 and 160 kg of P_2O_5 /ha) and three levels of potassium (0, 90 and 180 kg of K_2O /ha) was studied. Trials were carried out at two localities in Espírito Santo State, «Santana» (São Mateus) and «Santa Cruz» (Conceição da Barra), both having a dystrophic Red-Yellow Podzolic soil.

QUADRO 3 - Mapa de preços; Relações de preço de kg de N para preços de kg de soja (PN/PY), em combinação com relações de preços de kg de P_2O_5 para preços de kg de soja (PP_2O_5/PY) que determinam as doses ótimas de N e de P_2O_5 que proporcionam as produções econômicas e as respectivas alturas de planta e da primeira vagem

PN PY	$\frac{PP_2O_5}{PY}$	Ótimo de N (kg/ha)	Ótimo de P_2O_5 (kg/ha)	Produção Econômica (kg/ha)	Altura da planta (cm)	Altura da 1.ª vagem (cm)
4.0	3.0	38.1	170.1	2.587	89.8	18.7
4.0	3.5	38.1	169.2	2.584	90.3	18.9
4.0	4.0	38.1	156.3	2.569	90.6	19.1
4.0	4.5	38.1	148.4	2.560	90.6	19.1
4.0	5.0	38.1	147.5	2.476	89.9	19.2
4.0	5.5	38.1	135.6	2.440	89.9	19.3
4.0	6.0	38.1	170.1	2.578	89.6	18.7
4.0	6.5	38.1	173.2	2.556	90.1	18.9
4.0	7.0	38.1	156.3	2.530	90.3	19.1
4.0	7.5	38.1	149.4	2.501	90.4	19.2
4.0	8.0	38.1	135.6	2.468	90.2	19.3
4.0	8.5	38.1	170.1	2.482	89.7	19.3
4.0	9.0	38.1	173.2	2.432	89.3	18.7
4.0	9.5	38.1	169.2	2.547	90.1	18.9
4.0	10.0	38.1	156.3	2.521	90.2	19.2
4.0	10.5	38.1	149.4	2.492	89.9	19.3
4.0	11.0	38.1	147.5	2.459	89.5	19.3
4.0	11.5	38.1	135.6	2.423	89.1	18.7
4.0	12.0	38.1	170.1	2.560	89.1	18.9
4.0	12.5	38.1	169.2	2.538	89.6	19.1
4.0	13.0	38.1	156.3	2.512	89.9	19.2
4.0	13.5	38.1	148.4	2.482	89.7	19.3
4.0	14.0	38.1	147.5	2.432	89.3	18.7
4.0	14.5	38.1	135.6	2.418	89.4	18.9
4.0	15.0	38.1	170.1	2.550	89.4	19.1
4.0	15.5	38.1	169.2	2.527	89.7	19.2
4.0	16.0	38.1	156.3	2.502	89.6	19.3
4.0	16.5	38.1	149.4	2.472	89.7	19.3
4.0	17.0	38.1	147.5	2.439	89.5	19.3
4.0	17.5	38.1	135.6	2.403	89.0	19.3
4.0	18.0	38.1	170.1	2.537	88.6	18.7
4.0	18.5	38.1	169.2	2.515	88.1	18.9
4.0	19.0	38.1	156.3	2.484	88.4	19.1
4.0	19.5	38.1	148.4	2.460	89.7	19.2
4.0	20.0	38.1	147.5	2.427	89.7	19.3
4.0	20.5	38.1	135.6	2.390	88.8	19.3
4.0	21.0	38.1	170.1	2.524	88.3	18.7
4.0	21.5	38.1	169.2	2.502	88.9	18.9
4.0	22.0	38.1	156.3	2.476	89.2	19.1
4.0	22.5	38.1	149.4	2.447	89.2	19.2
4.0	23.0	38.1	147.5	2.414	89.0	19.3
4.0	23.5	38.1	135.6	2.378	88.5	19.3

The treatments made up a 3 x 3 factorial distributed in a randomized block design. The sources of the nutrients used were ammonium sulfate, ordinary superphosphate, and potassium chloride.

Regression equations were adjusted for grain yield, plant and first pod heights as dependent variables of the levels of the nutrients applied. A price map was prepared for the optimum levels of N and P₂O₅ which maximize the profits for a wide range of N, P₂O₅, and soybean prices.

From the results the following conclusions can be drawn:

1. The N applied increased significantly the yield in both experiments and the pod insertion height in one experiment.
2. The yield increase obtained with phosphorus fertilization was of 259.6 and 429.7% for the levels of 80 and 160 kg of P₂O₅/ha in the experiment at «Santa Cruz» and of 431.7 and 606.6% in the experiment at «Santa Cruz».
3. There was no significant response to potassium fertilization.

6. LITERATURA CITADA

1. ARRUDA, N.B. DOBEREINER, J. & GERMER, C.M. Inoculação, adubação nitrogenada e revestimento calcário, em três variedades de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). *Pesq. Agropec. Bras.* 3:201-205. 1968.
2. BRAGA, J.M., DEFELIPO, B.V. & ANDRADE, D. Adubação da soja em solos sob vegetação de cerrado na região do Triângulo Mineiro. *Revista Ceres*, 19 (101):52-62. 1972.
3. FREITAS, L.M.M., McCLUNG, A.C. & LOTT, W.L. *Experimentos de adubação em dois solos de campo cerrado*. São Paulo, IRI, 1960. 32 p. (Boletim 21).
4. GOMES, F.P. *Curso de Estatística Experimental*. 5.^a edição. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura «Luiz de Queiroz», 1973. 430 p.
5. 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(4):63-83. 1974.
6. MASCARENHAS, H.A.A., MIYASAKA, S., IGUE, T. & 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(25):279-289. 1968.
7. MASCARENHAS, H.A.A., MIYASAKA, S., IGUE, T. & FREIRE, E.S. Adubação da soja. VIII — Efeitos de doses crescentes de calcário, fósforo e potássio em solo Podzólico Vermelho-Amarelo, variação Piracicaba. *Bragantia*, 29(8): 81-89. 1970.
8. MIKKELSEN, 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, IRI, 1963. 48 p. (Boletim 29).
9. MIYASAKA, S., SILVA, J.G. & GALLO, J.R. Adubação da soja. I — Ensaios preliminares de adubação mineral em Terra-Roxa misturada. *Bragantia*, 19 (1):667-674. 1960.
10. MIYASAKA, S., WUTKE, A.C.P. & VENTURINI, W.R. Adubação da soja. II — Adubação mineral em «Terra-Roxa» misturada com argilito do Glacial. *Bragantia*, 21(34):617-630. 1962.
11. MIYASAKA, S., FREIRE, E.S. & MASCARENHAS, H.A.A. Adubação da soja. III — Efeitos de N, P, K, S e micronutrientes em solo do Arenito Botucatu com vegetação de cerrado. *Bragantia*, 23(7):65-71. 1964.
12. MIYASAKA, S., FREIRE, E.S. & MASCARENHAS, H.A.A. Ensaio de Adubação da soja e do feijoeiro em solo de Arenito Botucatu, com vegetação de cerrado. *Bragantia*, 23(5):45-54. 1964.

13. MIYASAKA, S., ALENCAR, C. & FREIRE, E.S. Resposta da soja a adubação com N, P, K, S e micronutrientes em solo pobre de Itararé, no Sul do Planalto Paulista. *Bragantia*, 25(25):XXIX—XXXIII. 1966.
14. OHLROGGE, A.J. Mineral nutrition of soybeans. In: NORMAN, A.G. *The Soybean*. New York, Academic Press, p. 125-160. 1967.
15. PEREIRA, J., BRAGA, J.M. & NOVAIS, R.F. de. Efeito de fontes e doses de fósforo na adubação da soja (*Glycine max* (L) Merrill) em um solo sob campo cerrado. *Revista Ceres*, 21(115):227-246. 1974.
16. RIOS, G.P. & SANTOS, H.L. dos. Adubação nitrogenada da soja (*Glycine max*) em solos sob vegetação de cerrado. *Pesq. Agropec. Bras.* 8:63-67. 1973.
17. VIDOR, S. & FREIRE, J.R.J. Relação de substituição entre calcário e fósforo aplicados ao solo na cultura da soja (*Glycine max* (L) Merrill). *Agron. Sulrio-grandense*. 7(2):187-193. 1972.