

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

### III — Efeitos da adubação fosfatada, potássica e calagem na produção de grãos, altura da planta e da inserção da pri- meira vagem\*

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

#### 1. INTRODUÇÃO

A experimentação com a cultura da soja no Espírito Santo visa ao fornecimento de dados técnicos para a implantação da cultura dessa leguminosa no Estado.

A adubação é uma técnica agrônômica imprescindível na cultura, principalmente quando se usam variedades melhoradas. Dos macronutrientes utilizados na adubação, sobressaem o fósforo e o potássio, uma vez que o nitrogênio pode ser suprido, na maioria das vezes, quase que totalmente, pela inoculação das sementes com *Rhizobium japonicum*. A adubação fosfatada tem proporcionado aumentos significativos na produção de grãos (1, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 13), ao passo que os efeitos do potássio são poucos (1 e 3), podendo apresentar ainda resultados inconsistentes (12). São poucos os estudos onde não se encontrou efeito para os dois nutrientes (2, 6).

Estudos realizados pelo PIPAEMG (13) mostram que o potássio tem pequeno efeito sobre a produção média de grãos; o fósforo mostrou efeito altamente significativo; e o calcário, resultados bastante relevantes. Pela análise de um grupo de experimentos de adubação com fósforo, potássio e calcário, VIDOR *et alii* (14) concluíram que não houve respostas à adubação potássica; em apenas um local houve resposta ao calcário, ao passo que a adubação fosfatada determinou aumentos consideráveis.

Este trabalho tem como objetivo determinar as curvas de resposta de produção de grãos da soja à adubação fosfatada e potássica, com e sem calcário, nos solos do Espírito Santo, visando a determinar as dosagens econômicas de fertilizantes.

#### 2. MATERIAIS E MÉTODO

Foram instalados três ensaios no ano agrícola 1972/73, localizados em "Santa

---

\* 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 Secretaria de Agricultura do Espírito Santo, Prof. Titular da ESAES e Prof. Titular da U.F.V.

Cruz» (Conceição da Barra), «Santana» e «Droga» (São Mateus), em solo Podzólico Vermelho-Amarelo Distrófico.

As amostras de solo dos locais dos ensaios foram quimicamente analisadas, e os resultados encontram-se no Quadro 1.

QUADRO 1 - Resultados das análises químicas das amostras de solo dos locais dos ensaios

| Locais     | Fósforo<br>(ppm) | Potássio*<br>(ppm) | Ca + Mg*<br>meq/100g solo | Al<br>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  |
| Droga      | 2,0              | 52                 | 2,5                       | 0,0                | 5,7  |

\* Extrato: Norte Carolina  
 \*\* pH em H<sub>2</sub>O: relação 1:2,5

Os tratamentos constituíram um fatorial 4 x 3 que, com 4 repetições, foram distribuídos em um delineamento de blocos casualizados. Para fósforo, utilizou-se o superfosfato simples nas dosagens e 0, 60, 120 e 180 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, e para potássio utilizou-se o cloreto de potássio nas dosagens de 0, 90 e 180 kg de K<sub>2</sub>O/ha. A calagem foi efetuada em 2 repetições na dosagem de 2.000 kg/ha, dois meses antes do plantio. O nitrogênio foi usado em todos os tratamentos na dosagem de 16 kg de N/ha, na forma de sulfato de amônio, na época de plantio. As parcelas constituíram-se de áreas de 18 m<sup>2</sup> (6,00 x 3,00m), sendo a área útil de 9 m<sup>2</sup> (5,00 x 1,80 m).

O adubo foi localizado nos sulcos de plantio, 5 cm ao lado e abaixo das sementes. O plantio foi feito com a utilização de sementes da variedade 'IAC-2', previamente inoculadas com *Rhizobium japonicum*, em linhas espaçadas, 0,60 m, com 35 sementes por metro linear, efetuando-se o desbaste 20 dias mais tarde, deixando-se 20 plantas por metro de sulco.

Os ensaios foram instalados aos 14/11, 15/12 e 16/12/72 e colhidos aos 26/04, 03/05 e 04/05/73. No período da colheita mediram-se a altura das plantas e a altura de inserção da 1.<sup>a</sup> vagem, e avaliou-se a produção de grãos.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da produção de grãos, altura da planta e altura da inserção da primeira vagem, de cada ensaio, encontram-se nos Quadros 2, 3 e 4.

A análise estatística dos dados, para cada local, foi significativa ao nível de 1% para o efeito da aplicação de fósforo nas três variáveis estudadas. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por outros pesquisadores (1, 3, 4, 5, 7, 9, 10, 11, 13). O potássio apresentou resposta significativa, ao nível de 5%, apenas no ensaio de «Santa Cruz», apesar dos baixos níveis disponíveis deste elemento nos três locais (Quadro 1), apresentando resultados inconsistentes, à semelhança dos observados por OHLROGGE (12).

A análise conjunta dos resultados dos três locais revelou resposta significativa para fósforo, ao nível de 1%, para as três variáveis analisadas.

Com a média dos resultados dos três experimentos, ajustaram-se equações de regressão para produção de grãos, altura da planta e altura da primeira vagem, como variáveis dependentes dos nutrientes testados, que as influenciaram significativamente. Todos os coeficientes de regressão apresentados são significativos.

As equações ajustadas foram:

Produção (kg/ha):

$$Y = 262,817 + 11,9136 P - 0,03419 P^2 + 87,6665 Ca$$

$$R^2 = 98,0\%$$



QUADRO 3 - Produção média de grãos e altura média das plantas e da inserção da primeira vagem, obtidos no ensaio de adubação instalado em "Santana", São Mateus

| DADOS<br>AVALIADOS                              | NÍVEIS<br>DE $P_2O_5$<br>(kg/ha) | NÍVEIS DE $K_2O$ (kg/ha) |         |       |             |       |
|---|----------------------------------|--------------------------|---------|-------|-------------|-------|
|   |                                  | Com Calagem              |         |       | Sem Calagem |       |
|   |                                  | 0                        | 90      | 180   | Média       | Média |
| Produção<br>(kg/ha)                             | 0                                | 267                      | 373     | 292   | 310,7       | 260   |
|   | 60                               | 1.074                    | 959     | 844   | 959,0       | 892   |
|   | 120                              | 1.238                    | 1.188   | 1.464 | 1.296,7     | 1.162 |
|   | 180                              | 1.495                    | 1.597   | 1.186 | 1.426,0     | 1.468 |
|   | Média                            | 1.018,5                  | 1.029,3 | 946,5 | 998,1       | 945,5 |
| Altura da<br>Planta<br>(cm)                     | 0                                | 32                       | 38      | 32    | 34,0        | 33    |
|   | 60                               | 73                       | 62      | 65    | 66,7        | 73    |
|   | 120                              | 77                       | 74      | 84    | 78,3        | 78    |
|   | 180                              | 78                       | 80      | 89    | 82,3        | 86    |
|   | Média                            | 65,0                     | 63,5    | 67,5  | 65,3        | 67,5  |
| Altura da<br>Inserção<br>da<br>1ª Vagem<br>(cm) | 0                                | 14                       | 14      | 14    | 14,0        | 13    |
|   | 60                               | 18                       | 16      | 18    | 17,3        | 18    |
|   | 120                              | 18                       | 18      | 22    | 19,3        | 20    |
|   | 180                              | 20                       | 19      | 20    | 19,7        | 22    |
|   | Média                            | 17,5                     | 16,8    | 18,5  | 17,6        | 18,2  |
|   |                                  |                          |         |       | 18,5        | 18,3  |

QUADRO 4 - Produção média de grãos e altura média das plantas e da inserção da primeira vagem, obtidas no ensaio instalado em "Droga", São Mateus

| DADOS<br>DE P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>AVALIADOS       | NÍVEIS<br>DE P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>(kg/ha) | NÍVEIS DE K <sub>2</sub> O (kg/ha) |         |         |         |             |         |       |         |
|--|---|------------------------------------|---------|---------|---------|-------------|---------|-------|---------|
|  |   | Com Calagem                        |         |         |         | Sem Calagem |         |       |         |
|  |   | 0                                  | 90      | 180     | Média   | 0           | 90      | 180   | Média   |
| Produção<br>(kg/ha)  | 0   | 376                                | 505     | 474     | 451,7   | 496         | 546     | 540   | 527,3   |
|  | 60  | 1.119                              | 1.055   | 1.152   | 1.108,7 | 1.013       | 1.085   | 933   | 1.010,3 |
|  | 120   | 1.223                              | 1.250   | 1.398   | 1.290,3 | 1.324       | 1.062   | 1.208 | 1.198,0 |
|  | 180   | 1.384                              | 1.298   | 1.520   | 1.400,7 | 1.395       | 1.515   | 1.156 | 1.355,3 |
|  | Média   | 1.025,5                            | 1.027,0 | 1.136,0 | 1.062,8 | 1.057,0     | 1.052,0 | 959,2 | 1.022,7 |
| Altura da<br>Planta<br>(cm)                                  | 0   | 32                                 | 38      | 34      | 34,7    | 38          | 38      | 40    | 38,7    |
|  | 60  | 72                                 | 66      | 72      | 70,0    | 68          | 77      | 62    | 69,0    |
|  | 120   | 77                                 | 80      | 83      | 80,0    | 76          | 75      | 78    | 76,3    |
|  | 180   | 90                                 | 84      | 92      | 88,7    | 81          | 84      | 84    | 83,0    |
|  | Média   | 61,8                               | 67,0    | 70,2    | 68,3    | 65,8        | 68,5    | 66,0  | 66,8    |
| Altura da<br>Inserção<br>da<br>1. <sup>a</sup> Vagem<br>(cm) | 0   | 12                                 | 14      | 14      | 13,3    | 14          | 14      | 14    | 14,0    |
|  | 60  | 18                                 | 19      | 18      | 18,3    | 18          | 18      | 16    | 17,3    |
|  | 120   | 18                                 | 21      | 21      | 20,0    | 18          | 20      | 20    | 19,3    |
|  | 180   | 20                                 | 19      | 20      | 19,7    | 20          | 20      | 19    | 19,7    |
|  | Média   | 17,0                               | 18,2    | 18,2    | 17,8    | 17,5        | 18,0    | 17,2  | 17,6    |

Altura da planta (cm):

$$Y = 35,6083 + 0,662918 P - 0,00218751 P^2$$

$$R^2 = 97,6\%$$

Altura de inserção da 1.ª vagem (cm):

$$Y = 13,4833 + 0,103889 P - 0,00037037 P^2$$

$$R^2 = 94,6\%$$

Nas equações, P (fósforo) é dado em kg de  $P_2O_5$ /ha e Ca (calagem) refere-se à presença (2 t/ha) ou à ausência de calagem.

Na Figura 1 têm-se as curvas de produção de grãos, altura de planta e altura de inserção da primeira vagem, traçadas a partir das equações ajustadas.

Vê-se no Quadro 5 o mapa de preços, elaborado a partir das equações ajustadas, para diversas relações de preços de kg de  $P_2O_5$  para preços de kg de soja. A partir dos preços atuais do kg de  $P_2O_5$  e de soja, obtém-se uma relação que levada ao mapa de preços, determina o nível ótimo econômico do nutriente. Esse nível, levado às equações originais, irá definir a produção de grãos (fixando-se a calagem em 2 t/ha), a altura da planta e da primeira vagem. A máxima produção física será de 1388,3 kg/ha, com a aplicação de 174,2 kg de  $P_2O_5$  e 2 t de calcário por ha.

Se alguma relação não for encontrada no mapa de preços, para a determinação do nível ótimo econômico, basta igualar a derivada primeira da equação ajustada à relação desejada e resolver o sistema.

#### 4. RESUMO E CONCLUSÕES

Na Região Norte do Espírito Santo, em solo Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico, estudou-se o efeito da adubação fosfatada, potássica e da calagem sobre a produção de grãos, altura da planta e da primeira vagem em soja.

Os tratamentos constituíram um fatorial  $4 \times 3$ , com quatro repetições que foram distribuídos num delineamento em blocos ao acaso. Os níveis de  $P_2O_5$  foram 0, 60, 120 e 180 kg/ha; e os de  $K_2O$  foram 0, 90 e 180 kg/ha. A calagem foi feita em duas repetições, na dosagem de 2000 kg/ha. A dosagem de N foi de 16 kg/ha em todos os tratamentos, aplicada na época do plantio. Utilizou-se o cultivar 'IAC-2'.

Ajustaram-se equações de regressão para produção de grãos, altura da planta e altura da primeira vagem como variáveis dependentes dos tratamentos testados, e traçaram-se as curvas correspondentes. Elaborou-se um mapa de preços para as doses ótimas de  $P_2O_5$ , em presença de calagem, que maximizam os lucros para uma larga faixa de preços de  $P_2O_5$  e de soja.

Pelo presente trabalho podem-se obter as seguintes conclusões:

a. A produção de grãos foi altamente beneficiada pela adubação fosfatada em relação à testemunha, havendo aumentos de 269% com aplicação de 60 kg de  $P_2O_5$ /ha e de 367% com aplicação de 120 kg/ha.

b. O aumento da produção de grãos de 87,7 kg/ha, em relação à testemunha, dado pela calagem, pode ser considerado pequeno, visto que os solos estudados nos dois locais apresentaram baixos teores de Ca + Mg.

c. O potássio não proporcionou aumentos significativos em dois dos três locais, embora os solos tenham apresentado baixos teores desse elemento. A presença do horizonte argílico é provavelmente a razão desse resultado.

#### 5. SUMMARY

The effect of the phosphorus and potassium fertilizations, and liming on yield, first pod insertion and plant heights of soybeans (*Glycine max* (L) Merrill), cv. IAC-2) was studied in a dystrophic Red-Yellow Podzolic soil in the Espírito Santo state.

The treatments made up a  $4 \times 3$  factorial with four replications distributed in a randomized block design. The levels of phosphorus and potassium used were 0, 60, 120 and 180 kg of  $P_2O_5$ /ha and 0, 90 and 180 kg of  $K_2O$ /ha as ordinary superphosphate and potassium chloride, respectively. The effect of liming was tested in two of the four replications. Lime was applied at a rate of 2000 kg/ha. All treatments received 16 kg of N/ha at planting time.

Regression equations were adjusted for grain yield, plant and first pod insertion heights as dependent variables of the treatments tested, and curves obtained from these data were plotted.

A price map was prepared for the optimum levels of  $P_2O_5$  for the limed plots, which maximize the profits for a wide range of  $P_2O_5$  and soybean prices.

From this work the following conclusions can be drawn:

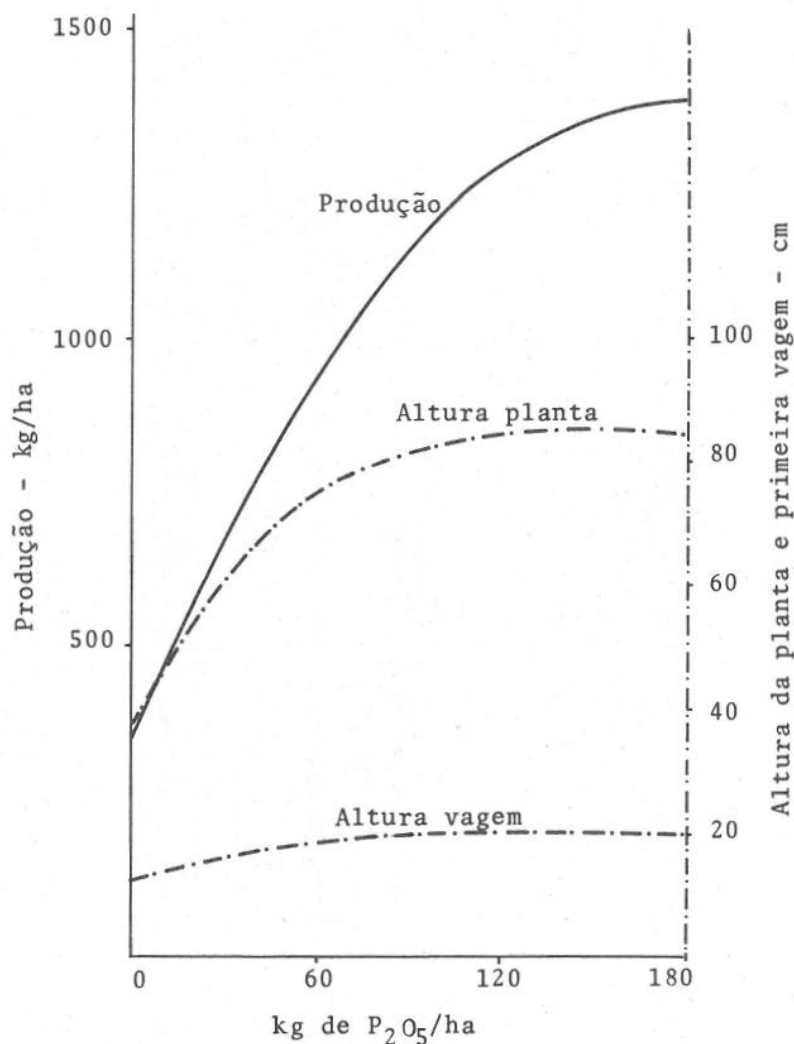


FIGURA 1 - Curvas de produção de grãos, altura da planta e da primeira vagem como variáveis da fertilização fosfatada.  
Média de três locais.

QUADRO 5 - Mapa de Preços: Relações de preços de kg de  $P_2O_5$ , para kg de soja ( $PP_2O_5/PY$ ), que determinam os níveis ótimos de  $P_2O_5$  em kg/ha que proporcionam as produções econômicas e respectivas alturas da planta e da inserção da primeira vagem

| $PP_2O_5/PY$ | Ótimo de $P_2O_5$ (kg/ha) | Produção Econômica (kg/ha) | Altura da Planta (cm) | Altura da 1ª Vagem (cm) |
|--------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------|-------------------------|
| 2,0          | 145,0                     | 1359                       | 86                    | 20,8                    |
| 2,2          | 142,1                     | 1353                       | 86                    | 20,8                    |
| 2,4          | 139,1                     | 1346                       | 86                    | 20,8                    |
| 2,6          | 136,2                     | 1339                       | 85                    | 20,8                    |
| 2,8          | 133,3                     | 1331                       | 85                    | 20,7                    |
| 3,0          | 130,4                     | 1323                       | 85                    | 20,7                    |
| 3,2          | 127,4                     | 1313                       | 85                    | 20,7                    |
| 3,4          | 124,5                     | 1304                       | 84                    | 20,7                    |
| 3,6          | 121,6                     | 1294                       | 84                    | 20,6                    |
| 3,8          | 118,6                     | 1282                       | 83                    | 20,6                    |
| 4,0          | 115,7                     | 1271                       | 83                    | 20,5                    |
| 4,2          | 112,8                     | 1259                       | 83                    | 20,5                    |
| 4,4          | 109,9                     | 1247                       | 82                    | 20,4                    |
| 4,6          | 106,9                     | 1233                       | 81                    | 20,4                    |
| 4,8          | 104,0                     | 1220                       | 81                    | 20,3                    |
| 5,0          | 101,0                     | 1206                       | 80                    | 20,2                    |
| 5,2          | 98,2                      | 1191                       | 80                    | 20,1                    |
| 5,4          | 95,2                      | 1175                       | 79                    | 20,0                    |
| 5,6          | 92,3                      | 1159                       | 78                    | 19,9                    |
| 5,8          | 89,4                      | 1142                       | 77                    | 19,7                    |
| 6,0          | 86,4                      | 1125                       | 77                    | 19,7                    |

a. The grain yield was significantly affected by the phosphorus fertilization. The levels of 60 and 120 kg of  $P_2O_5$ /ha caused and increase of 269% and 367% respectively in relation to the control plot yield.

b. The significant effect of liming on grain yield was small (87.7 kg/ha) although the levels of exchangeable Ca + Mg in the soils are considered as low.

c. Potassium fertilization did not cause any significant increase in the plant characteristics studied although the soils presented low available levels of this nutrient. The presence of an argillic horizon is probably the reason for this result.

## 6. LITERATURA CITADA

- BRAGA, J.M., DEFELIPO, B.V. & ANDRADE, D. Adubação da Soja sob vegetação de cerrado na região do Triângulo Mineiro. *Revista Ceres*, 19(10): 52-62. 1972.
- FREITAS, L.M.M. de, 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).
- LIMA, L.A.P., VIEIRA, C., SEDIYAMA, T. & SEDIYAMA, C.S. Resposta diferencial de quatro variedades de soja a adubação fosfatada e potássica em três localidades do Estado de Minas Gerais. *Experientiae*, 17 (4): 63-83. 1974.
- 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. *Bragantia*, 27 (25): 279-289. 1968.

5. MASCARENHAS, H.A.A., MIYASAKA, S., IGUE, T. & FREIRE, E.S. Adubação da soja. VIII — Efeito de doses crescentes de calcário, fósforo e potássio em solo Podzólico Vermelho-Amarelo, Variação Piracicaba. *Bragantia*, 29(8): 81-89. 1970.
6. 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).
7. MIYASAKA, S., DEMATTE, J.D. & IGUE, T. Estudo da interação das variedades de soja Pelicano e Mineira com os diferentes níveis de adubação mineral. In: *I Simpósio Nacional de Soja*, Campinas, 1969. p. 24-25.
8. MIYASAKA, S., SILVA, J.G. & GALLO, J.R. Adubação da Soja. I. Ensaios preliminares de adubação mineral em terra-roxa, misturada. *Bragantia*, 19 (42): 667-674. 1960.
9. 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.
10. MIYASAKA, S., FREIRE, E.S. & MASCARENHAS, H.A.A. Ensaio de adubação da soja e do feijoeiro em solo de arenito de Botucatu, com vegetação de cerrado. *Bragantia*, 23(5): 45-54. 1964.
11. 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: XXIX-XXXIII. 1966.
12. OHLROGGE, A.J. Mineral nutrition of soybeans. In: NORMAN, A.G. *The soybean*. New York, Academic Press, 1967. 125-160 p.
13. PROGRAMA INTEGRADO DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS DO ESTADO DE MINAS GERAIS. *Programa Soja — Relatório Anual 72/73*. Secretaria da Agricultura de Minas Gerais, Belo Horizonte. 1973. 97 p.
14. VIDOR, C., JARDIM FREIRE, J.R., GONÇALVES, H.M., GOMES, J. E., GUTERRES, J.P. & GONÇALVES, J. Análise de um grupo de experimentos de adubação com fósforo, potássio e calcário em *Glycine max* (L.) Merrill. *Agronomia Sulriograndense*, 9 (1): 33-39. 1973.