

RESPOSTA DA SOJA A POTÁSSIO E A FÓSFORO EM PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO DE BALSAS, MA¹

GEDI JORGE SFREDO², ESTEFANO PALUDZYSZYN FILHO³ e EDILSON RIBEIRO GOMES⁴

RESUMO - Com a expansão da cultura da soja na região de baixas latitudes do Brasil, faz-se necessário realizar estudos para estabelecer tecnologias para seu cultivo, já que poucas pesquisas ali foram feitas. As recomendações de adubação e calagem são efetuadas através de adaptações de outras regiões do País. Com o objetivo de avaliar a resposta à adubação fosfatada e potássica, foi conduzido, em 1984/85 e 1985/86, um experimento no município de Balsas, MA, com doses de K (0, 40, 80 e 120, no primeiro ano, e 0, 50, 100 e 150 kg de K₂O/ha no segundo ano) e de P (0, 80, 160 e 240, no primeiro ano e 0, 100, 200 e 300 kg P₂O₅/ha no segundo ano) aplicadas no sulco de plantio. O experimento foi realizado em um Podzólico Vermelho-Amarelo, tendo sido cultivado anteriormente com arroz de sequeiro por dois anos, sem adubação e sem calagem. Foram incorporadas 3 t/ha de calcário, mais 10 kg de Zn/ha. As sementes receberam inóculo de *Bradyrhizobium japonicum* (200 g/50 kg de sementes). Os resultados mostraram grande resposta a P, com pontos de máxima produção na dose próxima a 200 kg P₂O₅/ha e dose econômica de 150 kg/ha, nos dois anos de cultivo. Para o K a dose que proporcionou produção máxima foi de 50 kg de K₂O/ha, com dose econômica abaixo de zero.

Termos para indexação: *Glycine max*, baixas latitudes, cerrados, produção de grãos, doses econômicas.

SOYBEAN RESPONSE TO POTASSIUM AND PHOSPHORUS IN A PALEUDULT SOIL AT BALSAS, MA.

ABSTRACT - With the expansion of soybeans to the low latitude region of Brazil, studies to establish new technologies for the crop are necessary since very little research has been done in that area. Usually recommendation for soil fertilization and liming are based on information adapted from other regions. With the objective of evaluate P and K fertilization, a field experiment was conducted during the 1984/85 and 1985/86 seasons, in the county of Balsas, MA, Brazil. The dosages of K were: 0, 40, 80 and 120 of K₂O/ha⁻¹, in the first year, and 0, 50, 100 and 150 kg K₂O/ha⁻¹ in the second year. P was applied at 0, 80, 160, 240 P₂O₅/ha⁻¹ in the first year and 0, 100, 200 and 300 kg of P₂O₅/ha⁻¹ in the second year, applied to the planting rows. The research was conducted in a Paleudult soil that had been cultivated with high land rice for two previously years, without fertilization or liming. Three tons/ha⁻¹ of lime and 10 kg of Zn/ha⁻¹ in addition to the inoculant applied to the seed (200 g/50 kg) were used. The results showed great response to P with maximum yield at dosages close to 200 kg of P₂O₅/ha⁻¹ and the economical dose of 150 kg/ha⁻¹ during the two years of study. For potassium, maximum yield was obtained with 50 kg of K₂O/ha⁻¹, and the economic dose bellow zero.

Index terms: *Glycine max*, low latitude, cerrados, economics dosis.

INTRODUÇÃO

Os solos da região dos cerrados, de maneira geral, são deficientes em K e P, pois são bastante intemperizados, o que faz com que as reservas destes nutrientes, nesses solos, não suportem cultivos sucessivos, devido às grandes quantidades extraídas pela soja. Portanto, a sua restituição ao solo deve ser feita com adubações potássicas e fosfatadas.

¹ Aceito para publicação em 5 de abril de 1994.

² Eng.-Agr., Ph.D., EMBRAPA-Centro Nacional de Pesquisa de Soja (CNPSo), Caixa Postal 1061, CEP 86001-970, Londrina, PR. Bolsista do CNPq.

³ Eng.-Agr., M.Sc., EMBRAPA-Centro Nacional de Pesquisa de soja (CNPSo), Campo Experimental, Caixa Postal 131, CEP 65300-000 Balsas, MA.

⁴ Eng.-Agr., M.Sc., Empresa Maranhense de Pesquisa Agropecuária (EMAPA), Caixa Postal 176, CEP 65001-970 São Luís, MA.

A resposta da cultura da soja à adubação potássica é muito grande. Sousa (19--) observou que, em LE argiloso do cerrado, o simples aumento de 24 para 45 ppm de K aumentou a produtividade em 840 kg/ha de grãos. Este autor considera como nível de suficiência, nesse tipo de solo, 50 ppm de K (0,13 meq/100 g de solo).

Com a expansão da cultura da soja, na região de baixas latitudes do Brasil, são necessários estudos para estabelecer tecnologias para seu cultivo, já que poucas pesquisas foram feitas na região. As recomendações de adubação são efetuadas através de adaptações de outras regiões do País.

Borkert et al. (1993), para solos argilosos do Paraná, determinaram que, acima de 0,10 meq/100 g de solo de K, não há resposta à aplicação deste nutriente, ficando este valor como nível crítico.

Um dos nutrientes mais importantes para a produção de grãos na região dos cerrados é o P, devido à baixa disponibilidade deste elemento em condições naturais. Portanto, é indispensável a prática da adubação fosfatada para obtenção de produção satisfatória para a cultura da soja (Sousa, 19--).

Vários trabalhos em solos de cerrados mostraram que a resposta a P é alta no primeiro ano de cultivo.

Sousa et al. (1987) estabeleceram como nível crítico de P, para solos de cerrado com teor de argila entre 21 e 40%, 14 ppm de P e o nível de 5,1 a 10,0 ppm de P como baixo. Eles recomendaram para essas regiões 60 kg de P_2O_5 como correção e 60 kg/ha como manutenção.

Em solos do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, Siqueira et al. (1987) também estabeleceram os mesmos limites que Sousa et al. (1987), confirmando que, no caso de P, são as características dos solos e não o clima, que determinam seus níveis críticos.

Oliveira et al. (1992), estudando o efeito de adubações anteriores na nodulação e rendimento da soja num Latossolo-Amarelo da Amazônia, mostraram que o P no solo aumentou de três para 16 ppm, quando foram aplicados 150 kg/ha de P_2O_5 no arroz e 150 kg/ha de P_2O_5 na soja, no ano seguinte. Na planta, o teor de P aumentou de 0,18%, para 0,30%. A produção da soja, nos

mesmos tratamentos, aumentou de 239 para 2.348 kg/ha de grãos, e o teor de N, de 4,8 para 5,2%. O peso dos nódulos aumentou de 6 mg/planta para 116 mg/planta, quando foram aplicados 150 kg/ha de P_2O_5 em relação à testemunha, sem aplicação de fosfato. Isso mostra o benefício do P sobre a produção, nodulação e acúmulo de N nas plantas.

Lobato (1982) observou um grande incremento na produção de soja até a dose de 300 kg/ha de P_2O_5 , aplicado a lanço, em Latossolo Vermelho-Amarelo argiloso com teor de P menor que 1 ppm, sem, entretanto, ter calculado a dose econômica.

O objetivo deste trabalho foi o de determinar curvas de resposta do P e do K que proporcionassem o maior retorno econômico, para a cultura da soja.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi conduzido, em 1984/85 e 1985/86, um experimento no município de Balsas, MA, com doses de K (0, 40, 80 e 120 no primeiro ano e 0, 50, 100 e 150 kg K_2O /ha no segundo ano), e de P (0, 80, 160, 240 no primeiro ano e 0, 100, 200 e 300 kg P_2O_5 no segundo ano) aplicadas no sulco de plantio. O solo usado foi um Podzólico Vermelho-Amarelo, que já vinha sendo cultivado com arroz de sequeiro por dois anos sem adubação e sem calagem. Foram incorporadas 3 t/ha de calcário dolomítico e 10 kg de Zn/ha. As sementes de soja receberam 200 g de inoculante turfoso por 50 kg de sementes. A análise do solo é apresentada na Tabela 1. As cultivares de soja usadas foram a Tropical, no primeiro ano, e a Carajás, no segundo ano.

As fontes de fertilizantes foram o superfosfato triplo, cloreto de K e sulfato de zinco.

O delineamento usado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos foram arranjados em fatorial 4 x 4. As parcelas tinham 36 m² (6 x 6 m) de área total e 12 m² (3 x 4 m) de área útil. O espaçamento foi de 0,50 m entre linhas, com uma população entre 380 e 400 mil plantas/ha.

Os tratos culturais constaram de capinas manuais e pulverização com inseticidas para controle de pragas.

Foram efetuadas análises de variância para produção de grãos em cada ano. Foi feita análise de regressão múltipla da produção de grãos em função de doses de P_2O_5 e K_2O .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados são apresentados nas Tabelas 2, 3 e 4 e na Fig. 1, onde se verificou grande resposta a P, com pontos de máxima produção na dose próxima a 200 kg P₂O₅/ha/ano e na dose econômica de 150 kg/ha/ano, nos dois anos de cultivo. Quanto ao K, a dose que proporcionou produção máxima foi de 50 kg K₂O/ha/ano, porém sem viabilidade econômica na sua aplicação. (Tabela 4 e Fig. 1).

No primeiro ano, houve interação entre P e K, indicando que a dose de P pode ser diminuída, caso seja aplicada uma dose de 40 kg de K₂O/ha (Tabela 2).

Eram esperadas respostas positivas à aplicação de P já no primeiro ano de cultivo, pois o teor desse elemento no solo era baixo (6,7 ppm). O teor de

K no solo era bom (0,15 meq/100 g) e por isso não se esperava resposta. Conforme Sousa et al. (1987), para um solo com teores de argila entre 21 e 40%, caso deste solo utilizado nesse trabalho (28% de argila) (Tabela 1), os níveis de P entre 5,1 e 10,0 ppm de P são considerados baixos.

Os resultados confirmam conclusões de outros pesquisadores, quanto a solos de Cerrado, em que há resposta ao P já no primeiro ano de cultivo, em solos com baixo teor desse elemento, e quanto ao K, há falta de resposta econômica à sua aplicação em solos com teores acima de 0,12 meq/100 g de solo (Sousa, 19--).

A recomendação de P₂O₅ para solos de cerrado com baixo teor de P é de 120 kg/ha (60 de correção + 60 de manutenção) para solos com argila entre 21% e 40%, e a recomendação de K₂O para solos com mais de 0,12 meq/100 g de solo é de

TABELA 1. Análise química e granulométrica do Podzólico Vermelho-Amarelo de Balsas, MA, antes do primeiro cultivo, na profundidade de 0 a 20 cm.

| pH CaCl ₂ | meq/100 ml de solo | | | | | % | | | | | ppm p ² |
|-------------------------|--------------------|-----------------|------------------|------------------|----------------------|----|------------|--------|-------|-------|-----------------------|
| | Al ³⁺ | K ²⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | H + Al ³⁺ | Al | C orgânico | Argila | Silte | Areia | |
| 4,1 | 1,0 | 0,15 | 1,04 | 0,33 | 5,00 | 39 | 1,5 | 28 | 2 | 70 | 6,7 |

¹ Al³⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com KCl N.

² K⁺ e P extraídos com 0,05N HCl + 0,025N H₂SO₄.

³ H⁺+Al³⁺ obtido com a correlação entre pHSMP e H+Al.

TABELA 2. Produção de grãos de soja (kg/ha) (cv. Tropical) em função de doses de P₂O₅, e K₂O, em Balsas, MA. EMBRAPA-CNPSO/EMAPA Balsas, MA. 1984/85.

| P ₂ O ₅ (kg/ha) | K ₂ O (kg/ha) | | | | Média kg/ha |
|--|--------------------------|-----------|-------------|------------|----------------|
| | 0 | 40 | 80 | 120 | |
| 0 | 1.100 c AB ¹ | 843 c B | 834 b B | 1.251 b A | 1.007 |
| 80 | 1.388 bc B | 1.849 a A | 1.793 a A | 1.569 abAB | 1.650 |
| 160 | 1.496 b A | 1.718 abA | 1.634 a A | 1.736 a A | 1.646 |
| 240 | 1.860 a A | 1.461 b B | 1.902 a A | 1.524 abAB | 1.687 |
| Média | 1.461 | 1.468 | 1.541 | 1.520 | 1.498 |
| | | | CV = 15,23% | | |

¹ Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

60 kg/ha como manutenção (EMBRAPA, 1993). Borkert et al. (1993) recomendam de 90 a 100 kg de P_2O_5 /ha quando o teor de P é baixo, e de 70 kg de K_2O /ha para solos com teores de K entre 0,11 e 0,20 meq/100 g de solo. Pelos resultados obtidos neste trabalho, a dose econômica de P está de 40 a 50 % acima destas recomendações, provavelmente pelo baixo preço dos fertilizantes nesta data (Tabela 4).

Portanto, os resultados obtidos neste trabalho confirmam as recomendações desses autores, pois com 0,15 meq de K/100 g de solo não houve resposta econômica a K (Tabelas 1 e 4). Entretanto, para que não haja decréscimo no teor de K no solo, deve-se aplicar a dose recomendada para manutenção, que é de 60 kg de K_2O /ha.

A Tabela 4 mostra as equações de regressão, a máxima eficiência técnica (MET) e a máxima efi-

TABELA 3. Produção de grão de soja (kg/ha) da cultivar Carajás em função de doses de P_2O_5 e K_2O em Balsas, MA. EMBRAPA-CNPSO/EMAPA. Balsas, MA. 1985/86.

| P_2O_5 (kg/ha) | K_2O (kg/ha) | | | | Média kg/ha |
|---------------------|------------------------|-----------|-----------|-----------|----------------|
| | 0 | 50 | 100 | 150 | |
| 0 | 1.049 c A ¹ | 1.101 c A | 1.026 c A | 1.038 b A | 1.053 c |
| 100 | 1.851 b A | 1.925 b A | 1.904 b A | 1.986 a A | 1.916 b |
| 200 | 2.256 a A | 2.365 a A | 2.307 a A | 2.040 a A | 2.242 a |
| 300 | 2.277 a A | 2.418 a A | 2.305 a A | 2.198 a A | 2.300 a |
| Média | 1.858A | 1.952A | 1.885A | 1.815A | 1.878 |

CV = 12,56%

¹ Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

TABELA 4. Equações de regressão da produção de soja em função de doses de P e de K, máximas eficiências técnicas (MET), máximas eficiências econômicas (MEE) e coeficientes de determinação (R^2), safras 1984/85, 1985/86 e soma dos dois anos, em Podzólico Vermelho-Amarelo de Balsas, MA. (EMBRAPA-CNPSO/EMAPA). 1993.

| Ano | Função de produção | P_2O_5 - kg/ha | | K_2O - kg/ha | | R^2 |
|--|--|------------------|------------------|----------------|------------------|-------|
| | | MET | MEE ¹ | MET | MEE ¹ | % |
| A. 84/85 | $Y = 932 + 8,73P - 0,0235P^2 + 2,22K - 0,0043K^2 - 0,0090PK$ | 170 | 146 | 80 | -143 | 71** |
| B. 85/86 | $Y = 1015 + 10,38P - 0,0201P^2 + 2,61K - 0,0164K^2 - 0,0036PK$ | 250 | 180 | 52 | - 5 | 98** |
| C. 2 anos ² | $Y = 1947 + 9,61P - 0,0109P^2 + 2,43K - 0,0059K^2 - 0,0028PK$ | 428 | 302 | 103 | - 47 | 94** |
| D. $K^3 = \frac{104,51 Z + 11,23 x - 87,41 y}{Z}$ (kg de K_2O /ha) | | | | | | |
| E. $P^3 = \frac{441 Z - 0,128 KZ - 45,87 x}{Z}$ (kg de P_2O_5 /ha) | | | | | | |

¹ Cálculo pelos preços em 30/11/93: P_2O_5 = Cr\$ 118,00/kg; K_2O = Cr\$ 80,00/kg; Soja = Cr\$ 37,50/kg.

² Soma dos dois anos. Equação usada para elaboração da Fig. 1.

³ Equações para o cálculo da dose mais econômica (Z = preço de 1 kg de soja; x = preço de 1 kg de P_2O_5 ; y = preço de 1 kg de K_2O).

** Significativo a 1% de probabilidade.

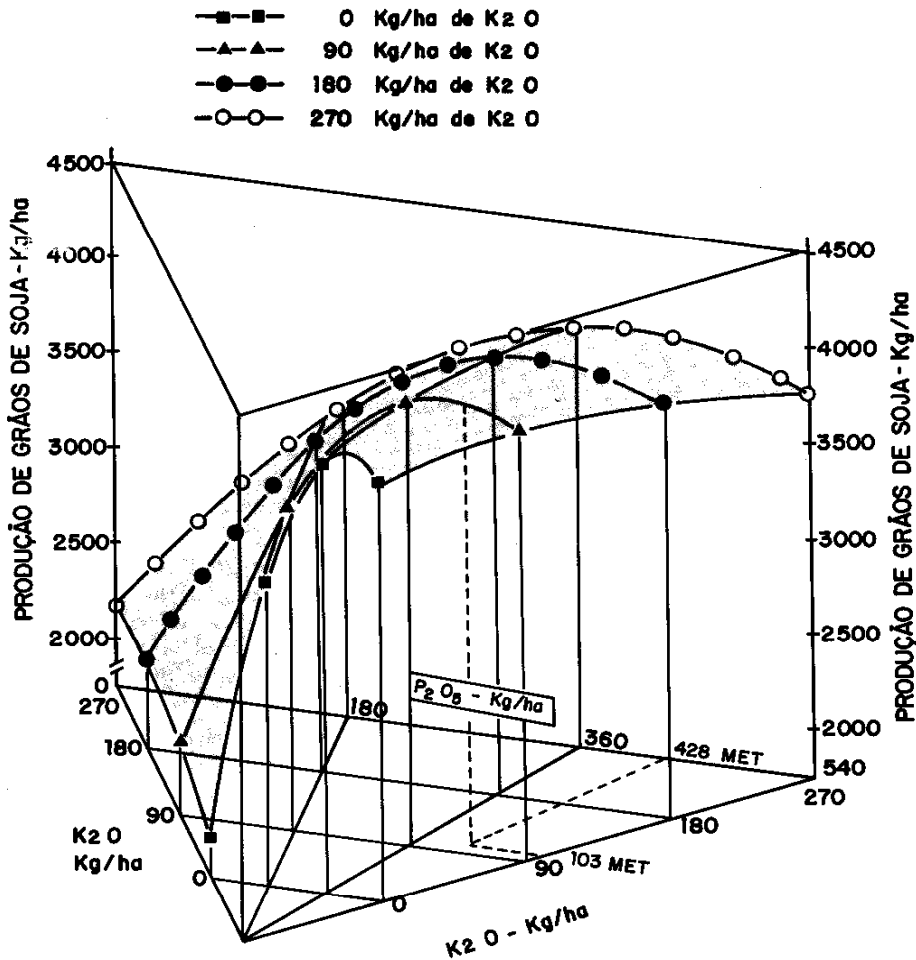


FIG. 1. Relação de produção de grãos de soja (kg/ha) com doses de P_2O_5 e K_2O , na soma de dois anos de cultivo (1984/85 e 1985/86) em Podzólio Vermelho-Amarelo de Balsas, MA. EMBRAPA-CNPSO/EMAPA. Londrina, 1993.

ciência econômica (MEE). Na média dos dois anos, a MEE ficou em 150 kg P_2O_5 /ha/ano. As recomendações de P_2O_5 para solos de cerrado com teor baixo de P (6,7 ppm) é de 120 kg/ha, com pouca diferença em relação aos resultados obtidos nesse trabalho (Sousa et al., 1987).

Lins et al. (1989), para solos de cerrado com teor muito baixo em P (3,6 ppm), encontraram que a dose que otimiza a produção de soja é de 200 kg

P_2O_5 /ha, o que confirma a recomendação de 180 kg P_2O_5 /ha (120 como correção, para o primeiro ano, e 60 como manutenção), de Sousa et al. (1987).

Para o cálculo da dose mais econômica (MEE), tanto para P_2O_5 como para K_2O , pode-se utilizar as equações D e E da Tabela 4. Para isso, basta substituir as letras Z, x e y (preço do kg da soja, P_2O_5 e K_2O , respectivamente) na equação D, cal-

culando-se a dose de K_2O e em seguida substituir as incógnitas na equação E para o cálculo da dose de P_2O_5 (Tabela 4).

CONCLUSÕES

1. Neste solo com baixo teor de P, a dose que proporciona a produção máxima econômica é de 150 kg de P_2O_5 /ha.

2. Houve resposta à aplicação de K até 50 kg na média dos dois anos, sem retorno econômico.

REFERÊNCIAS

- BORKERT, C.M.; SFREDO, G.J.; SILVA, D.N. da. Calibração de potássio trocável para soja em latossolo roxo distrófico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.17, n.2, p.223-226, 1993.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. (Londrina, PR). *Recomendações técnicas para a cultura da soja na região central do Brasil - 1993/94*. Londrina, 1993. 119p. (EMBRAPA-CNPSO. Documentos, 64).
- LINS, I.D.G.; COX, F.R.; SOUSA, D.M.G. de. Teste de um modelo matemático para otimizar a adubação fosfatada na cultura da soja em solos sob cerrado com diferentes teores e tipos de argila. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 13, n.1, p.65-73, 1989.
- LOBATO, E. Adubação fosfatada em solos da região Centro-Oeste. In: OLIVEIRA, A.J. de; LOURENÇO, S.; GOEDERT, W. *Adubação fosfatada no Brasil*. Brasília: EMBRAPA-DID, 1982. p.201-239. (EMBRAPA. Documentos, 21).
- OLIVEIRA, L.A. de; SMYTH, T.J.; BONETTI, R. Efeito de adubações anteriores na nodulação e rendimento da soja e do feijão-caupi num latossolo amarelo da Amazônia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.16, n.2, p.195-201, 1992.
- SIQUEIRA, O.J.F.; SCHERER, E.E.; TASSINARI, G.; ANGHINONI, I.; PATELLA, J.F.; TEDESCO, M.J.; MILAN, P.A.; ERNANI, P.R. *Recomendações de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina*. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1987. 100p.
- SOUSA, D.M.G. de; MIRANDA, L.N. de; LOBATO, E. *Interpretação de análise de terra e recomendação de adubos fosfatados para culturas anuais nos Cerrados*. Brasília: EMBRAPA-CPAC, 1987. 7p. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico, 51).
- SOUSA, D.M.G. de. *Calagem e adubação da soja no Cerrado*. Porto Alegre: DEAGRO - Departamento Agrônomo - Adubos TREVO, [19--]. 17p. (Culturas Brasileiras, 2).