

# **RESPOSTA DA SOJA E DO MILHO AO ENXOFRE NUM LATOSOLO VERMELHO-ESCURO SOB VEGETAÇÃO DE CERRADO DO DISTRITO FEDERAL<sup>(1)</sup>**

**L. VILELA<sup>(2)</sup>, K. D. RITCHHEY<sup>(3)</sup> & J. E. SILVA<sup>(2)</sup>**

## **RESUMO**

Com o objetivo de avaliar a resposta da seqüência de cultivos soja-milho-milho-soja-milho ao enxofre, conduziu-se um ensaio durante cinco anos agrícolas, de 1979-80 a 1983-84, num latossolo vermelho-escuro, textura argilosa, originalmente sob cerrado, no Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (EMBRAPA-CPAC), Planaltina (DF). Os tratamentos foram: 0, 36, 71, 107 e 427 kg ha<sup>-1</sup> de S na forma de gesso argamassa ( $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ ). Além desses, introduziram-se dois tratamentos adicionais: um que não recebeu S, mas com a incorporação anual dos restos culturais, e outro com 30 kg ha<sup>-1</sup> de S na forma de flor-de-enxofre. Os adubos sulfurados foram aplicados a lanço e incorporados com rotavator, antes do primeiro cultivo, em parcelas de 7,2 x 14 m. O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com quatro repetições. Os rendimentos de grãos cresceram com a aplicação de doses crescentes de S. A magnitude de resposta à aplicação de S aumentou com os cultivos. A dose de 107 kg ha<sup>-1</sup> de S, aplicada antes do primeiro cultivo, foi suficiente para manter produtividades satisfatórias de grãos durante os cinco cultivos. O gesso e a flor-de-enxofre foram agronomicamente equivalentes como fontes de S. A incorporação dos restos culturais, na ausência de S, reduziu o rendimento de grãos, somente quando se cultivou milho após milho.

**Termos de indexação:** enxofre, gesso, efeito residual, restos culturais.

**SUMMARY: SULPHUR RESPONSE SOYBEAN AND CORN IN CLAYEY DARK RED LATOSOL OF THE BRAZILIAN CERRADOS**

*Sulphur (S) responses were tested in the 1979-80 to 1983-84 cropping seasons in clayey Dark-Red latosol (Haplustox), under cerrado vegetation, located at the Cerrado Agricultural Research Center (EMBRAPA-CPAC), near Brasília, Federal District, Brazil. Gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ ) was used as a source of S applied at a rates of 0, 36, 71, 107 and 427 kg ha<sup>-1</sup> of S at once before cropping. Two additional treatments were added: one without S fertilizer plus annual incorporation of crop residues to test S supply from harvest residues; and other using elemental sulphur at a rate of 30 kg ha<sup>-1</sup> to test the efficiency of this source. All fertilizers were broadcasted in plots 7.2 x 14 m, grouped in a randomized complete block design with four replications. The annual sequence soybean-corn-corn-soybean-corn was used for treatment evaluation. Grain yield response increased with increasing S rates and response became greater*

<sup>(1)</sup> Recebido para publicação em julho de 1994 e aprovado em junho de 1995.

<sup>(2)</sup> Pesquisador do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), EMBRAPA, Caixa Postal 08223, CEP 73301-970 Planaltina (DF).

<sup>(3)</sup> Pesquisador do USDA-ARS, Appalachian Soil and Water Conservation Research Laboratory, Beckley, WV.

*as the number of crops increased. The residual effect of 107 kg ha<sup>-1</sup> of S was enough to keep adequate productivities along five years. Gypsum and elemental S showed similar results in plant production. In the absence of S fertilizer, the incorporation of harvest residues reduced grain yield only when corn was planted after corn.*

*Index terms:* sulphur; gypsum; residual effect; crop residues.

## INTRODUÇÃO

A importância da aplicação de enxofre em solo de cerrado foi demonstrada por McClung et al., 1959, e Mascarenhas et al., 1967. Os trabalhos realizados em latossolos revelaram resposta da soja (Freitas et al., 1963; Mascarenhas et al., 1967) e do milho (Freitas et al., 1963) à aplicação de enxofre.

Segundo Malavolta (1982a), as informações disponíveis no País são insuficientes para fazer recomendações de doses de enxofre para diferentes culturas. Esse autor sugere usar 20-30 kg ha<sup>-1</sup> de S como adubação de manutenção para milho e soja.

Com a intensificação do uso de fertilizantes concentrados, como uréia e superfosfato triplo, a deficiência de enxofre tenderá a agravar-se, comprometendo a produtividade de grãos na região dos Cerrados.

Para ser absorvido pelas plantas, o S elementar (S<sup>0</sup>) aplicado ao solo, na forma de flor-de-enxofre, deve ser oxidado a sulfato, principal forma absorvida pelas plantas. Esse processo depende, principalmente, do número e das espécies de microorganismos responsáveis pela oxidação de S (Vitolins & Swaby, 1969). Portanto, a redução na taxa de oxidação de S, provocada por uma população inadequada desses microrganismos, poderá diminuir a disponibilidade inicial do nutriente (Weir et al., 1963) como, também, sua perda por lixiviação na forma de sulfato. Em consequência, seu efeito residual poderá ser maior do que os fertilizantes que o contêm na forma de sulfato. Weir et al. (1963) observaram que o efeito residual do S<sup>0</sup> foi superior ao gesso.

A quantificação do efeito residual é fundamental para o manejo e a economia da adubação com enxofre. Na região dos Cerrados, praticamente inexistem trabalhos publicados que estimem o efeito residual de enxofre.

Independente das condições ambiente e experimentais, McLachlan, citado por Tisdale et al. (1986) observou que o efeito residual de enxofre, de modo geral, é baixo. Contudo, Sousa et al. (1992) verificaram que 39 meses após a aplicação de 2 t ha<sup>-1</sup> de gesso, num latossolo vermelho-escuro argiloso, anteriormente sob vegetação de cerrado, o sulfato estava retido na camada de 15-90 cm de profundidade. Portanto, em solos onde não ocorram restrições ao crescimento radicular em profundidade, é provável que o efeito residual de enxofre seja prolongado.

Na região dos Cerrados, a incorporação dos restos culturais é uma prática comum. Como se sabe, a mineralização é um dos principais processos envolvidos na disponibilidade de S para as plantas. Assim, a adição de restos culturais com alta relação C/S poderá

provocar a imobilização deste nutriente (Stewart et al., 1966) e, com isso, aumentar ainda mais a sua deficiência.

Este estudo teve como objetivo principal avaliar a disponibilidade natural de enxofre do solo, bem como a resposta de culturas anuais a sua aplicação, como, também, seu efeito residual.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em um latossolo vermelho-escuro, textura argilosa, no Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Planaltina (DF) em 1979. A análise da amostra superficial (0-20 cm) do solo apresentou 27 g kg<sup>-1</sup> de matéria orgânica (M.O.); pH 4,9 (1:1) em água; 8,7 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Al<sup>3+</sup>; 8,1 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup>; 0,5 mg dm<sup>-3</sup> de P e 0,7 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de K<sup>+</sup>, sendo pH, Al<sup>3+</sup>, Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup>, P e K<sup>+</sup> determinados conforme Brasil (1966), e a M.O., segundo Jackson (1964). Não se realizou nenhuma análise de S no solo.

As doses de enxofre testadas foram: 0 (zero), 36, 71, 107 e 427 kg ha<sup>-1</sup> de S na forma de gesso argamassa (CaSO<sub>4</sub>.1/2H<sub>2</sub>O), retirando-se das parcelas os restos culturais após a colheita. Além desses, introduziram-se dois tratamentos adicionais; um que não recebeu S, mas que teve a incorporação anual dos restos culturais com rotavator e outro, que recebeu 30 kg ha<sup>-1</sup> de S na forma de flor-de-enxofre (S<sup>0</sup>). Antes do primeiro cultivo, os adubos sulfurados foram aplicados a lanço e incorporados com rotavator em parcelas de 7,2 x 14 m. As parcelas foram agrupadas em blocos casualizados, com quatro repetições.

No preparo do solo, efetuaram-se as seguintes operações em seqüência: aração e catação de raízes. Cinco semanas antes da primeira semeadura, incorporaram-se 5,0 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico (PRNT 56%), mediante enxada rotativa. A dose de calcário foi estimada pela seguinte fórmula: 2 x Al<sup>3+</sup> + [2-(Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup>)]. A adubação básica, realizada 30 dias após a calagem, constou da aplicação a lanço de 350 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (superfosfato triplo), 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (cloreto de potássio), 9 kg ha<sup>-1</sup> de Zn (óxido de zinco) e 0,5 kg ha<sup>-1</sup> de Mo (molibdato de sódio). Os fertilizantes foram incorporados ao solo por enxada rotativa a uma camada superficial aproximada de 10 cm.

Como planta teste, no primeiro cultivo, utilizou-se a soja cv. IAC-5, semeada em linhas espaçadas de 60 cm. As sementes foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum*, na dosagem de 0,02 kg de inoculante kg<sup>-1</sup> de sementes. Aos 15 dias após a emergência,

realizou-se o desbaste, deixando-se 25 plantas por metro linear.

No segundo ano de cultivo, 1980-81, após a aplicação a lanço e a incorporação ao solo de 4,7 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico (PRNT 53%), 367 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (superfosfato triplo) e 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (cloreto de potássio), semeou-se o milho cv. Cargill 111 em linhas espaçadas de 80 cm e com densidade de quatro plantas por metro linear após o desbaste. Esta segunda aplicação de calcário foi realizada com o objetivo de elevar o pH do solo para 6,0. A adubação nitrogenada foi toda aplicada em duas coberturas, logo após a emergência e aos 25 dias da primeira, totalizando 160 kg ha<sup>-1</sup> de N (uréia). No terceiro ano, 1981-82, novamente semeou-se o milho cv. Cargill 111 com a mesma população de plantas do ano anterior. A adubação recebida foi apenas de nitrogênio em cobertura, efetuada aos 10, 27 e 52 dias depois da semeadura, totalizando 138 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de uréia.

No quarto ano, 1982-83, após a aplicação a lanço e incorporação ao solo de 160 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (superfosfato triplo) e 150 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (cloreto de potássio), semeou-se soja cv. Cristalina em linhas espaçadas de 40 cm, com 30 plantas por metro linear. As sementes foram inoculadas com rizóbio na seguinte dosagem: 0,016 kg de inoculante kg<sup>-1</sup> de semente.

No último cultivo, 1983-84, semeou-se novamente milho cv. Cargill 111. O espaçamento entre linhas e a população de plantas foram os mesmos utilizados nos demais anos de cultivo com milho. Decorridos 7, 24 e 60 dias da semeadura, realizaram-se as adubações de cobertura com nitrogênio, totalizando 160 kg ha<sup>-1</sup> de N (uréia).

No segundo cultivo com soja, com o objetivo de estabelecer a relação entre o nível interno de S na folha e a produção de grãos de soja, coletaram-se, no início do florescimento, a partir do ápice, as terceiras folhas com pecíolo (Trani et al., 1983), 30 por parcela. O material coletado foi seco em estufa a 65°C, por 72 horas, e moído. As determinações de enxofre foram feitas conforme método descrito por Greweling (1976).

A análise estatística dos dados foi realizada com auxílio do programa SAS. Efetuou-se análise da variância com todos os tratamentos para avaliar o efeito dos extras e de regressão para doses de S (gesso) *vs.* rendimento de grãos e teores de S na folha de soja *vs.* rendimento de grãos. Os graus de liberdade foram decompostos a fim de calcular a soma de quadrados (SQ) para os níveis de S (gesso) e, com esse valor, determinar os desvios das regressões e avaliar os ajustes dos modelos de regressões testados. Os desvios das regressões foram calculados por: SQ de S - SQ de regressão.

Como não houve resposta a S no primeiro cultivo, não se ajustou nenhum modelo de regressão. Para os demais cultivos, a função ajustada foi:

$$Y = b_0 + b_1 S^{0.5} + b_2 S.$$

Os valores de R<sup>2</sup> dos modelos ajustados foram estimados pela seguinte relação: SQ da regressão/SQ dos níveis de S.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apesar de terem sido significativos os desvios de regressão para os dois últimos cultivos, o que possibilita melhorar o ajuste com outros modelos, optou-se pela manutenção do modelo usado para facilitar as comparações e por ser um dos que melhor representam a resposta de produções de grãos em níveis de fertilizantes (Colwell et al., 1988).

As culturas da soja e do milho responderam à aplicação de enxofre (Figuras 1 e 2). Apenas no primeiro cultivo, a soja não respondeu a esse nutriente, provavelmente devido aos rendimentos relativamente baixos (média de 1.856 kg ha<sup>-1</sup>) aliado à disponibilidade do S oriundo da decomposição da biomassa nativa que foi suficiente para o suprimento da cultura. Por outro lado, a quantidade de S extraído pela soja é relativamente pequena, em média de apenas 8,6 kg ha<sup>-1</sup> de S, conforme Bataglia & Mascarenhas (1978).

A magnitude de resposta ao enxofre aumentou com os cultivos (Figuras 1 e 2), indicando, provavelmente, o início do esgotamento das reservas nativas de S do solo. Até o quarto cultivo, 1982-83, as produções de grãos da testemunha (dose zero de S) oscilaram entre 75 e 94% das máximas obtidas com a dose de 427 kg ha<sup>-1</sup> de S. Contudo, no quinto cultivo, o rendimento da testemunha caiu para 38% do obtido com a dose de 427 kg ha<sup>-1</sup> de S. Neste cultivo, a diferença entre os tratamentos foi mais acentuada: para as doses 36, 71 e 107 kg ha<sup>-1</sup> de S, as produtividades de grãos foram, respectivamente, 69, 74 e 96% da obtida com a dose mais alta de enxofre. Os rendimentos no tratamento que recebeu 107 kg ha<sup>-1</sup> de S oscilaram entre 90 e 98% dos máximos obtidos com a dose de 427 kg ha<sup>-1</sup> de S.

Com base em resultados relatados por Bataglia & Mascarenhas (1978) e Büll (1993), estimou-se a extração de enxofre pelas culturas durante os cinco cultivos do tratamento que recebeu 107 kg ha<sup>-1</sup> de S.

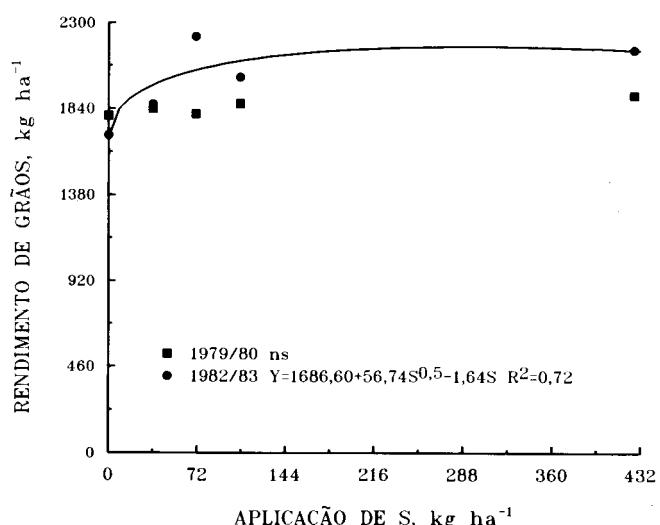


Figura 1. Resposta da soja, variedade IAC-5 (1979/80) e Cristalina (1982/83), à aplicação de S (gesso) num latossolo vermelho-escurinho.

A exportação estimada foi de 72 kg ha<sup>-1</sup> de S, equivalente a 67% do aplicado. Por outro lado, considerando o retorno dos restos culturais, esta exportação se reduziria a 40%. Tais dados justificam o efeito residual da dose de 107 kg ha<sup>-1</sup> de S e o início da redução de rendimento no tratamento que recebeu 71 kg ha<sup>-1</sup> de S a partir do quinto cultivo.

A incorporação dos restos culturais afetou apenas o rendimento do milho durante o segundo e o terceiro cultivos (Quadro 1). Enquanto no segundo o efeito foi positivo, no terceiro foi negativo. A imobilização de S durante a decomposição dos restos culturais de milho incorporados é a provável explicação da redução de rendimento. Stewart et al. (1966), em estudos de incubação, verificaram que a taxa de decomposição da palha de trigo num solo deficiente em S foi dependente do seu teor no material incorporado. Os mesmos autores verificaram, em casa de vegetação, que a incorporação de palha de trigo com teores inferiores a 1,5 g kg<sup>-1</sup> de S reduziu o desenvolvimento do trigo.

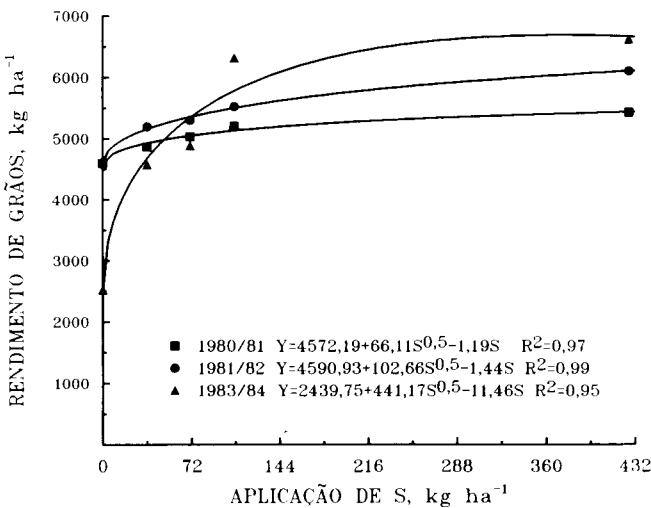


Figura 2. Resposta do milho híbrido Cargill 111 à aplicação de S (gesso) num latossolo vermelho-escuro.

Verificaram também, que quando se adicionou S juntamente com P e K, os teores de S da palhada incorporada não influenciou o desenvolvimento do trigo. O efeito positivo ou a ausência deste, quando da incorporação dos restos culturais da soja, se deve, provavelmente, à rápida decomposição desse material. Do quarto para o quinto cultivo, não se verificou o efeito positivo da incorporação dos restos culturais da soja, na produção do milho, o que pode ser atribuído ao esgotamento das reservas de S do solo, limitando a manifestação do efeito dessa prática.

As respostas obtidas nos tratamentos que receberam 30 kg ha<sup>-1</sup> de S, na forma de flor-de-enxofre (S<sup>0</sup>), e 36 kg ha<sup>-1</sup> de S, na forma de gesso, foram semelhantes, exceto no quinto cultivo, 1983-84, cujo rendimento de grãos de milho no tratamento com gesso foi 20% superior ao S<sup>0</sup> (Quadro 1). Essa diferença foi igual à quantidade aplicada a mais de S na forma de gesso. A

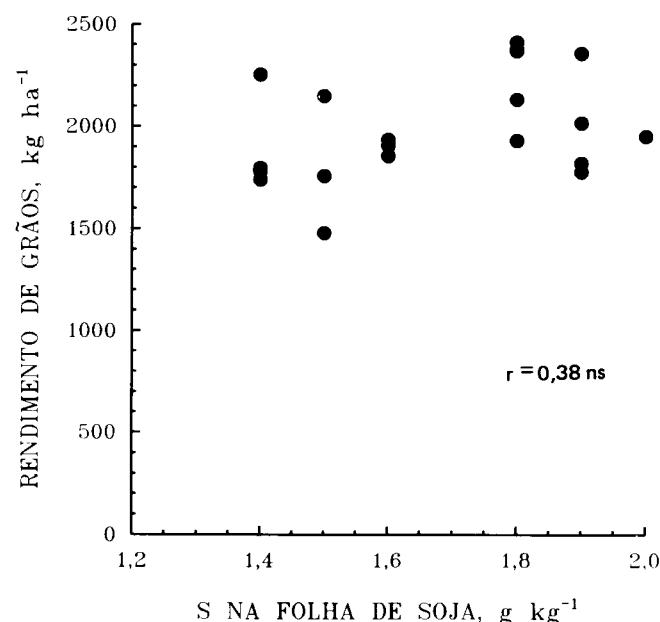


Figura 3. Correlação entre o teor de S na folha da soja cv. Cristalina e rendimento de grãos.

Quadro 1. Rendimento de grãos da soja e do milho em resposta às doses e às fontes de enxofre aplicadas a lanço num latossolo vermelho-escuro originalmente sob cerrado

Enxofre		Soja 1979-80	Milho 1980-81	Milho 1981-82	Soja 1982-83	Milho 1983-84
Doses <sup>(1)</sup>	Fontes <sup>(2)</sup>					
kg ha <sup>-1</sup>				kg ha <sup>-1</sup>		
0+IC		1.915a	5.021a	4.173c	1.593c	2.397c
0		1.803a	4.594b	4.585b	1.698bc	2.522c
30	S <sup>0</sup>	1.848a	4.985ab	4.900ab	1.968a	3.802b
36	Gesso	1.838a	4.859ab	5.195a	1.863ab	4.569a
CV (%)		9,4	4,1	5,0	7,6	11,2

Médias seguidas pela mesma letra em cada coluna não apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

<sup>(1)</sup> IC: incorporação dos restos culturais anualmente. <sup>(2)</sup> S<sup>0</sup>: flor-de-enxofre.

perda de S por lixiviação foi pouco provável. Em ensaio de doses de gesso numa área adjacente, Sousa et al. (1992) verificaram que, em aplicações anuais de 30 kg ha<sup>-1</sup> de S na forma de gesso, a lixiviação do nutriente ocorreu até uma profundidade média de 30 cm. A equivalência das duas fontes, em outras condições ambientais, foi demonstrada em trabalhos de Weir et al. (1963); Jones & Ruckman (1966, 1969), e Soares & Igue (1976).

A correlação entre os teores de S na folha e rendimento de grãos de soja, no penúltimo cultivo, 1982-83, não foi significativa (Figura 3). Em trabalho de revisão, Kamprath & Jones (1986) verificaram que, em muitos estudos desenvolvidos nos Estados Unidos, não se obteve boa relação entre rendimentos de grãos de soja e teor de enxofre no tecido. Os teores de S das folhas, mesmo nos tratamentos que receberam as doses mais elevadas desse nutriente, estão abaixo da faixa de suficiência (2,1 a 4,0 g kg<sup>-1</sup>), conforme Malavolta (1982b), Trani et al. (1983) e Tanaka et al. (1993).

## CONCLUSÕES

1. Os rendimentos de grãos aumentaram com a aplicação de doses crescentes de S.

2. A resposta a S aumentou com o número de cultivos.

3. O efeito residual da dose de 107 kg ha<sup>-1</sup> de S, aplicada antes do primeiro plantio, foi suficiente para manter a produtividade em níveis satisfatórios durante os cinco cultivos.

4. O gesso e a flor-de-enxofre foram equivalentes como fontes de S.

## AGRADECIMENTOS

Ao Pesquisador Lúcio José Vivaldi, do CPAC, pelo auxílio nas análises estatísticas e pelas sugestões apresentadas.

## LITERATURA CITADA

- BATAGLIA, O. C. & MASCARENHAS, H. A. A. Absorção de nutrientes pela soja. Campinas, IAC, 1978. 36p. (Boletim técnico, 41)
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Levantamento semidetalhado dos solos de áreas do Ministério da Agricultura do Distrito Federal. Rio de Janeiro. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, 1966. 135p. (Boletim técnico, 8)
- BÜLL, L. T. Nutrição mineral do milho. In: BÜLL, L. T. & CANTARELLA, H., eds. Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba, POTAPOS, 1993. p.63-145.
- COLWELL, J. D.; SUHET, A. R. & RAIJ, B. van. Statistical procedures for developing general soil fertility models for variables regions. Australia, CSIRO, 1988. 68p. (CSIRO-Division of Soils, Divisional Report, 93)
- FREITAS, L. M. M.; MIKKELSEN, D. S.; McCLUNG, A. C. & LOTT, W. L. Agricultura no cerrado; efeito da calagem e adubação na produção de algodão, milho e soja em três solos de campo cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, São Paulo, Ed. Universidade de São Paulo, 1963. p.323-357.
- GREWELING, T. Chemical analysis of plant tissue. Search Agric., 6:1-35, 1976.
- JACKSON, M. L. Determinaciones de materia orgánica en los suelos. In: JACKSON, M. L., ed. Análisis químico de suelos. Barcelona, Omega, 1964. p.282-310.
- JONES, M. B. & RUCKMAN, J. E. Gypsum and elemental sulfur as fertilizers on annual grass land. Agron. J., Madison, 58:409-412, 1966.
- JONES, M. B. & RUCKMAN, J. Effect of particle size on long-term availability of sulfur on annual-type grass land. Agron. J., Madison, 61:936-939, 1969.
- KAMPRATH, E. J. & JONES, U. S. Plant response to sulfur in the Southeastern United States. In: TABATABAI, M. A., ed. Sulfur in agriculture. Madison, ASA/CSSA/SSSA, 1986. p.323-343. (Agronomy, 27)
- McCLUNG, A. C.; de FREITAS, L. M. M. & LOTT, W. L. Analyses of several brazilian soils in relation to plant responses to sulfur. Soil Sci. Soc. Am. Proc., Madison, 23:221-224, 1959.
- MALAVOLTA, E. Nitrogênio e enxofre nos solos e culturas brasileiras. São Paulo, SN Centro de Pesquisa e Promoção de Sulfato de Amônio, 1982a. 59p.
- MALAVOLTA, E. Potássio, magnésio e enxofre nos solos e culturas brasileiras. 3.ed. Piracicaba, Instituto da Potassa, 1982b. 91p. (Boletim técnico, 4)
- MASCARENHAS, H. A. A.; MIYASAKA, S.; FREIRE, E. S. & IGUE, T. Adubação da soja. VI. Efeitos do enxofre e de vários micronutrientes (Zn, Cu, B, Mn, Fe e Mo), em solo Latosol Roxo com vegetação de cerrado. Bragantia, Campinas, 26:373-379, 1967.
- SOARES, E. & IGUE, T. Estudo comparativo entre fertilizantes fornecedores de enxofre. Bragantia, Campinas, 35:V-X, 1976. (Nota, 2)
- SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E.; RITCHIE K. D. & REIN T. A. Resposta de culturas anuais e leucena a gesso no Cerrado. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GEASSO NA AGRICULTURA, 2., Uberaba, 1992. Anais. Uberaba, Instituto Brasileiro do Fosfato, 1992. p.275-306.
- STEWART, B. A.; PORTER, L. K. & VIETS JR., F.G. Effect of sulfur content of straws on rates of decomposition and plant growth. Soil Sci. Soc. Am. Proc., Madison, 30:355-358, 1966.
- TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A. & BORKERT, C. M. Nutrição mineral da soja. In: SIMPÓSIO SOBRE CULTURA DA SOJA NOS CERRADOS, Uberaba, 1992. Anais. Piracicaba, POTAPOS, 1993. p.105-135.
- TISDALE, R. L.; RENEAU JR., R. B. & PLATOU, J. S. Atlas of sulfur deficiencies. In: TABATABAI, M. A., ed. Sulfur in agriculture. Madison, ASA/CSSA/SSSA, 1986. p.295-322. (Agronomy, 27)
- TRANI, P. E.; HIROCE, R. & BATAGLIA, O. C. Análise foliar: amostragem e interpretação. Campinas, Fundação Cargill, 1983. 18p.
- VITOLINS, M. I. & SWABY, R. J. Activity of sulphur-oxidizing microorganisms in some australian soils. Aust. J. Soil Res., Melbourne, 7:171-183, 1969.
- WEIR, R. G.; BARKUS, B. & ATKINSON, W. T. The effect of particle size on the availability of brimstone sulphur to white clover. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb., Melbourne, 3:314-318, 1963.