

COMISSÃO IV — FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

EFEITO DE MICRONUTRIENTES E DO COBALTO NA PRODUÇÃO DA SOJA EM SOLO DE CERRADO⁽¹⁾

E. Z. GALRÃO⁽²⁾

RESUMO

Avaliou-se, em condições de campo, o efeito de micronutrientes e do cobalto na produção de grãos, número e peso de nódulos da soja (cultivar Savana), num latossolo vermelho-amarelo, franco-argilo-arenoso. Utilizou-se como esquema experimental um fatorial fracionado $1/2$ de 2^6 em dois blocos incompletos com dezesseis tratamentos cada um. As variáveis e doses (kg/ha) constituíram-se de 0 e 1 de B; 0 e 0,4 de Co; 0 e 2 de Cu; 0 e 4 de Mn; 0 e 0,25 de Mo e 0 e 6 de Zn. Os nutrientes foram aplicados a lanço e apenas no primeiro cultivo. O zinco aumentou o rendimento de grãos em 188 e 190 kg/ha, respectivamente, no primeiro e no segundo cultivo; o boro aumentou o rendimento de grãos em 141 kg/ha, o número e o peso de nódulos por planta em 9 e 18 mg apenas no segundo cultivo, e o cobre aumentou o rendimento de grãos em 578 kg/ha e o peso de nódulos por planta em 18 mg somente no segundo cultivo. Houve efeito das interações Cu x Mn, B x Co e Mo x Zn, no rendimento de grãos.

Termos de indexação: micronutrientes, cobalto, soja, cerrado.

SUMMARY: *EFFECT OF MICRONUTRIENTS AND COBALT ON SOYBEAN YIELD GROWN IN A CERRADO SOIL*

The effect of micronutrients and cobalt on yield, number and dry weight of nodules of soybean was evaluated in a field experiment conducted during two crop seasons in a Red Yellow Latosol (Typic Acrustox). The experimental design was a fractioned factorial $1/2$ of 2^6 , in two incomplete blocks, with sixteen treatments in each block. The elements were broadcast and applied only for the first crop. The following rates (kg/ha) were used: 0 and 1 of B; 0 and 0.4 of Co; 0 and 2 of Cu; 0 and 4 of Mn; 0 and 0.25 of Mo and 0 and 6 of Zn. Zinc affected the first and second crop by increasing the grain yield in 188 and 190 kg/ha, respectively. Boron showed its effects only in the second crop by increasing the grain yield in 141 kg/ha, the number and weight of nodules per plant in 9 and 18 mg. Copper also affected only the second crop by increasing the grain yield in 578 kg/ha and the weight of nodules per plant in 18 mg. There were effects of interactions Cu x Mn, B x Co and Mo x Zn on the grain yields.

Index terms: Micronutrients, cobalt, soybean, cerrado soil.

INTRODUÇÃO

A maioria dos trabalhos com micronutrientes em solos de cerrado tem avaliado o efeito de um conjunto

deles, impossibilitando, portanto, concluir sobre o efeito de cada elemento isolado (Lopes, 1975; Galvão, 1986). Além disso, estudos avaliando o efeito residual dos micronutrientes e de suas interações, principalmente em condições de campo, são praticamente inexistentes.

⁽¹⁾ Recebido para publicação em outubro de 1988 e aprovado em janeiro de 1989.

⁽²⁾ Pesquisador do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), EMBRAPA, Caixa Postal 70.0023, CEF 73301 Planaltina (DF).

Os objetivos deste trabalho foram avaliar o efeito de cada micronutriente e do cobalto, bem como de suas interações, no rendimento de grãos, número e peso de nódulos da soja.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido num latossolo vermelho-amarelo, franco-argilo-arenoso, fase cerrado (Brasil, 1966) do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Planaltina (DF) de novembro de 1986 a maio de 1988. No seu início, a análise do solo (0-20cm de profundidade) indicou 2,0% de M.O.; pH 5,3 (1:1) em água; pH 4,2 em $\text{CaCl}_2 10^{-2}\text{M}$; 0,5 meq/100ml de Al^{3+} trocável; 0,4 meq/100 ml de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$; 51,5% de saturação por Al^{3+} ; 0,7 ppm de P; 29 ppm de K^+ ; 77 ppm de Fe; 4,0 ppm de Mn; 0,8 ppm de Zn; 0,2 ppm de Cu, 0,15 ppm de B; 21% de argila; 0,0 de silte; 61% de areia fina e 18% de areia grossa. As determinações do pH, Al^{3+} , $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$, P e K^+ foram feitas conforme Brasil (1966). Os teores de Fe, Mn, Zn e Cu foram extraídos pelo método de Mehlich-1 (HCl 0,05N + H_2SO_4 0,025N), na relação solo:solução de 1:10 com quinze minutos de agitação, e determinados por espectrofotometria de absorção atômica. O B foi extraído segundo Gupta (1967) e determinado pelo método da azometina H. A matéria orgânica foi determinada conforme Jackson (1964) e a análise granulométrica, feita segundo o Serviço Nacional... (1979).

No preparo do solo, efetuaram-se estas operações na seqüência: aração, catação de raízes e gradeação. Em 2/9/86, incorporaram-se 5,0t/ha de calcário dolomítico mediante enxada rotativa. Usou-se calcário com 60,8% de PRNT, 30,0% de CaO e 17,0% de MgO, realizando-se dois cultivos nas estações chuvosas dos anos agrícolas 1986/87 e 1987/88. A adubação básica do primeiro deles, executada após 36 dias da aplicação do calcário, constou da aplicação a lanço de 500kg da fórmula 0-20-20 e 1.000kg de superfosfato simples (21% de P_2O_5) por hectare. No segundo cultivo, a adubação básica constou da aplicação a lanço de 500kg/ha da fórmula 0-20-20. Em ambos, os fertilizantes foram incorporados ao solo mediante enxada rotativa.

O esquema experimental constou de um fatorial fracionado $1/2$ de 2^6 em dois blocos incompletos, com dezesseis tratamentos cada um (Cochran & Cox, 1957). As variáveis e doses, em quilograma/hectare, foram: 0 e 1 de B (bórax); 0 e 0,4 de Co (sulfato); 0 e 2 de Cu (sulfato); 0 e 4 de Mn (sulfato); 0 e 0,25 de Mo (molibdato de sódio) e 0 e 6 de Zn (sulfato). Os adubos de cada tratamento foram distribuídos a lanço, apenas por ocasião do primeiro cultivo, e incorporados ao solo mediante enxada rotativa. Visando obter uma distribuição mais homogênea dos nutrientes, eles foram previamente misturados com 3kg de solo seco do próprio experimento mais 1kg de gesso.

A soja (cultivar Savana) foi semeada em parcelas constituídas de oito linhas com 8m de comprimento, espaçadas de 0,5m, com uma semeadeira manual, a uma

densidade aproximada de trinta sementes por metro linear de sulco, deixando-se vinte plantas após o desbaste. As sementes foram tratadas com inoculante produzido no Laboratório de Microbiologia do CPAC, nas doses de 1,0 e 0,5kg por 40kg de sementes, respectivamente, no primeiro e no segundo cultivo. As parcelas eram separadas entre si por 2m entre as cabeceiras e por 1m no sentido longitudinal. No florescimento, fez-se a coleta de folhas de cinquenta plantas por parcela, retirando-se a terceira folha com pecíolo de cada planta (Trani et al., 1983) para a análise química. As amostras foram secas em estufa a 65°C por 72 horas e moídas. Na determinação de P, K, Ca, Mg, Zn, Fe, Cu e Mn, a digestão das amostras foi feita por via úmida com ácido sulfúrico e água oxigenada. Na determinação de B, a digestão foi por via seca. As concentrações de Ca, Mg, Zn, Fe, Cu e Mn foram determinadas por espectrofotometria de absorção atômica; a de K, por fotometria de chama; a de P, conforme Murphy & Riley (1962), a de B pelo método da azometina H, e a de N segundo Bremner & Keeny (1965). No florescimento, fez-se a coleta de seis plantas por parcela, determinando-se, em cada planta, o número e o peso de nódulos.

Aos 130 dias, aproximadamente, da semeadura, colheram-se as quatro fileiras centrais de cada parcela, deixando-se 1m nas extremidades como bordadura. A área útil de cada parcela foi de 12m^2 (6 x 2m). Após a colheita, efetuou-se a amostragem do solo (0-20cm de profundidade), coletando-se vinte subamostras por parcela. As determinações de pH, Al^{3+} , $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$, K^+ , P, Fe, Mn, Cu, Zn e B foram feitas conforme referido.

Na avaliação dos efeitos de tratamentos, utilizou-se a análise de variância, e na comparação das médias pelo teste DMS, a estatística T de Student.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação do zinco aumentou o rendimento de grãos em 188 e 190kg/ha, respectivamente, no primeiro e no segundo cultivo (Quadro 1). Em ambos, o tratamento sem zinco apresentou teores desse nutriente abaixo de 1,0 ppm e teores foliares inferiores ao nível crítico de 20 ppm, sugerido por Trani et al. (1983). Conforme Ritchey et al. (1986), o nível crítico de zinco num LE argiloso, para uma planta sensível a esse nutriente, como o milho, é de 1,0 ppm (Mehlich 1). Portanto, a resposta ao zinco foi devida à sua carência no solo. Respostas da soja ao zinco em solos de cerrado são relatadas nos trabalhos de Freitas et al. (1958), Galvão (1984) e Ritchey et al. (1986). Nos dois últimos, conduzidos num LE argiloso, o teor de zinco da testemunha era de 0,4 ppm (Mehlich 1), ou seja, abaixo do nível crítico de 1,0 ppm sugerido por Ritchey et al. (1986).

O boro teve efeito apenas no segundo cultivo: sua aplicação aumentou o rendimento de grãos em 141kg/ha (Quadro 1), o número e peso de nódulos em 9 e 18mg (Quadro 2). Não existe nível crítico desse

elemento para a soja em solos de cerrado. O teor de boro do tratamento que não o recebeu foi de 0,14 ppm e, daquele que o recebeu, 0,22 ppm (Quadro 1). Deduz-se, portanto, que o seu nível crítico esteja compreendido entre esses dois valores. Por outro lado, a deficiência de boro foi acusada pela planta, pois o seu teor foliar do tratamento sem boro (14 ppm) está abaixo do nível crítico de 20 ppm sugerido por Trani et al. (1983) e da faixa de suficiência (20-100 ppm) apresentada por Jones Junior (1973).

O cobre também só apresentou efeito no segundo cultivo: aumentou o rendimento de grãos em 578kg/ha (Quadro 1) e o peso de nódulos em 18mg (Quadro 2).

Quadro 1. Efeito da aplicação do zinco, do boro e do cobre no rendimento de grãos (13% de umidade), nos teores desses nutrientes no solo e na folha da soja ('Savana'), cultivada num latossolo vermelho-amarelo de cerrado⁽¹⁾

Nutriente ⁽²⁾	Dose	Grãos	Teor	
			Solo	Folha
	kg/ha		ppm	
1º Cultivo				
Zn	0	2295a	0,8a	18,0a
	6	2483b	1,9b	29,8b
	CV (%)	7,3	12,4	7,1
2º Cultivo				
Zn	0	2218a	0,6a	16,6a
	6	2408b	1,8b	32,0b
	CV (%)	6,4	18,1	10,1
B	0	2243a	0,14a	14a
	1	2384b	0,22b	27b
	CV (%)	6,4	26,7	22,0
Cu	0	2024a	0,0 ⁽³⁾ a	1,7a
	2	2602b	0,2b	6,5b
	CV (%)	6,4	46,4	12,0

⁽¹⁾ Em cada cultivo e para cada nutriente, os valores com a mesma letra não são significativamente diferentes pelo teste T ao nível de 5%.

⁽²⁾ Cada nutriente foi aplicado apenas no primeiro cultivo.

⁽³⁾ Traços (teor < 10⁻² ppm).

Quadro 2. Efeito da aplicação do boro e do cobre no número e peso de nódulos, do segundo cultivo da soja ('Savana'), cultivada num latossolo vermelho-amarelo de cerrado

B ⁽¹⁾	Nódulo	Nódulo	Cu ⁽¹⁾	Nódulo
kg/ha	nº/planta	mg/planta	kg/ha	mg/planta
O	27a	85a	0	84a
1	36b	103b	2	102b
MS (0,05)	7	15		14
CV (%)	29,3	19,5		19,5

⁽¹⁾ Aplicado apenas no primeiro cultivo.

DMS: Diferença mínima significativa pelo teste T ao nível de 5%.

Não existe nível crítico de cobre para a soja em solos de cerrado. Seu teor no tratamento com cobre foi de 0,2 ppm e no sem cobre, de traços. Portanto, o nível crítico desse elemento deve ser inferior a 0,2 ppm. Como o teor de cobre do tratamento que não o recebeu foi de traços, ou seja, tão pequeno que ficou abaixo do limite de detecção, fez-se, então, nova extração na relação solo:solução de 1:4, em vez de 1:10; mesmo assim, extraíram-se novamente traços de cobre. Isso mostra a limitação do método em avaliar a disponibilidade de cobre, pois, enquanto extraiu traços desse elemento do solo, a soja produziu 2.024kg/ha de grãos (Quadro 1).

Os teores foliares de cobre, tanto no tratamento com cobre como sem ele, estão abaixo do nível crítico de 10 ppm sugerido por Trani et al. (1983). Por outro lado, Jones Junior (1973) cita como faixa de suficiência a que varia de 5 a 20 ppm. Com base nessa faixa, o teor de cobre (6,5 ppm) do tratamento que o recebeu está em nível de suficiência e do tratamento sem cobre (1,7 ppm), em nível de deficiência. Galvão (1984), após dois cultivos de arroz e um de milho, não obteve resposta da soja à aplicação nem de boro nem de cobre num LE argiloso. Ritchey et al. (1986), no mesmo tipo de solo, após dois cultivos de milho, também não obtiveram resposta da soja ao boro. A diferença de resposta da soja ao boro e ao cobre nesses dois tipos de solo, ou seja, no LE (Galvão, 1984; Ritchey et al., 1986) e no LV deste estudo, pode estar associada, em parte, ao conteúdo de argila de cada um deles, pois ambos possuem teores de matéria orgânica semelhantes (2,0%). Enquanto o LE possui 45% de argila, o LV possui 21%. Portanto, este último possui menor capacidade de suprimento desses nutrientes; como se viu, a soja mostrou-se deficiente em boro e cobre já no segundo cultivo (Quadro 1). A diferença de suprimento de cobre entre esses dois solos foi acusada pelo método químico (Mehlich 1), usado na mesma relação solo:solução e com o mesmo tempo de agitação para ambos. Assim, o teor de cobre do solo após a colheita da soja foi de 0,5 ppm no LE (Galvão, 1984) e de traços no LV (Quadro 1).

Quanto aos outros nutrientes (Co, Mn, Mo), não houve resposta a nenhum deles isoladamente. Os teores de cobalto e de molibdênio não foram determinados nem no solo nem na folha. Por outro lado, os teores de manganês do solo, do segundo cultivo, foram de 5,3 e 4,2 ppm, respectivamente, do tratamento com e sem manganês. Como não houve resposta a esse nutriente, deduz-se que o seu nível crítico seja inferior a 4,2 ppm. Os teores foliares - 48 e 38 ppm, respectivamente, do tratamento com e sem manganês estão em nível de suficiência, conforme Trani et al. (1983) e Jones Junior (1973). Conclui-se que a não-resposta da soja a esse nutriente tenha sido devido a tê-lo o solo em quantidade suficiente.

As interações Cu x Mn (primeiro cultivo), B x Co e Mo x Zn (segundo cultivo) foram significativas apenas para o rendimento de grãos (Quadro 3). Nas interações Cu x Mn e B x Co, o efeito de um nutriente só foi significativo na ausência do outro. Assim, na interação Cu x Mn o manganês aumentou o rendimento em 263kg/ha

Quadro 3. Efeito das interações entre os nutrientes no rendimento de grãos (13% de umidade) da soja ('Savana'), cultivada num latossolo vermelho-amarelo de cerrado

1º Cultivo ⁽¹⁾			2º Cultivo ⁽¹⁾					
Cu	Mn	Grãos	B	Co	Grãos	Mo	Zn	Grãos
kg/ha								
0	0	2202a	0	0	2087a	0	0	2293a
0	4	2465bc	0	0,4	2399b	0	6	2305a
2	0	2510c	1	0	2436b	0,25	0	2143a
2	4	2379ac	1	0,4	2331b	0,25	6	2513b
DMS (0,05)		200			168			168
CV (%)		7,3			6,4			6,4

⁽¹⁾ Cada nutriente foi aplicado apenas no primeiro cultivo.
DMS: Diferença mínima significativa pelo teste T ao nível de 5%.

e o cobre 308kg/ha. Na interação B x Co, o boro aumentou o rendimento em 349kg/ha e o cobalto em 312kg/ha. Por outro lado, na interação Mo x Zn, o efeito de um nutriente só foi significativo na presença do outro. O zinco aumentou o rendimento em 370kg/ha e o molibdênio em 208kg/ha de grãos. Em nosso meio, estudos que avaliam efeitos de interações entre micronutrientes, principalmente em condições de campo, são praticamente inexistentes. No trabalho de revisão de Olsen (1973), que menciona as diferentes interações entre os micronutrientes, não é feita nenhuma referência às encontradas no presente estudo.

CONCLUSÕES

1. O zinco limitou o rendimento de grãos nos dois cultivos; o boro e o cobre, apenas no segundo.
2. Houve efeito das interações Cu x Mn (primeiro cultivo), e B x Co e Mo x Zn (segundo cultivo), no rendimento de grãos.

AGRADECIMENTOS

Aos laboratoristas Nirceu W. Linhares, Ademar Verneque, Elzino Rodrigues e Asemar R. de Farias, pelas análises de solo e tecido vegetal; ao Técnico Agrícola Deocleciano S. Lima, pelo auxílio na instalação e condução do experimento, e ao colega José R. R. Peres, do CPAC, pelas sugestões apresentadas.

LITERATURA CITADA

- 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)
- BREMNER, J.M. & KEENY, D.R. Steam distillation methods for determination of ammonia, nitrate and nitrite. *Anal. Chem. Acta.*, New York, 32:485-495, 1965.
- COCHRAN, W.G. & COX, G.M. Factorial experiments in fractional replication. In: COCHRAN, W.G. & COX, G.M. eds. *Experimental designs*. 2.ed. New York, John Wiley, 1957. cap. 6, p.244-292.
- FREITAS, L.M.M. de; McCLUNG, A.C. & LOTT, W.L. Experimentos de adubação em dois solos de campo cerrado. São Paulo, Instituto de Pesquisas IBEC Research Institute, 1958. 29p. (Boletim Técnico, 21)
- GALRÃO, E.Z. Efeito de micronutrientes e do cobalto na produção e composição química do arroz, milho e soja em solo de cerrado. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 8:111-116, 1984.
- GALRÃO, E.Z. Micronutrientes. In: GOEDERT, W.J., ed. *Solos dos Cerrados: tecnologia e estratégias de manejo*. São Paulo, Nobel/Brasília, EMBRAPA-CPAC, 1986. p.237-259.
- GUPTA, U.C. A simplified method for determining hot-water-soluble boron in podzol soils. *Soil Sci.*, Baltimore, 103:424-427, 1967.
- JACKSON, M.L. Determinaciones de materia organica en los suelos. In: JACKSON, M.L., ed. *Análisis químico de suelos*. Barcelona, Omega, 1964. cap.9, p.282-310.
- JONES JUNIOR, J.B. Plant tissue analysis for micronutrients. In: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M. & LINDSAY, W.L., eds. *Micronutrients in Agriculture*. 2.ed. Madison, Soil Science Society of America, 1973. p.319-346.
- LOPES, A.S. A survey of the fertility status of soils under "cerrado" vegetation in Brazil. Raleigh, North Carolina State University, 1975. 138p. (Tese de Mestrado)
- MURPHY, J. & RILEY, J.P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chem. Acta.*, New York, 27:31-36, 1962.
- OLSEN, S.R. Micronutrient interactions. In: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M. & LINDSAY, W.L., eds. *Micronutrients in Agriculture*. 2.ed. Madison. Soil Science Society of America, 1973. p.319-346.
- RITCHIEY, K.D.; COX, F.R.; GALRÃO, E.Z. & YOST, R.S. Disponibilidade de zinco para as culturas do milho, sorgo e soja em Latossolo Vermelho-Escuro argiloso. *Pesq. Agropec. bras.*, Brasília, 21(3):215-255, 1986.
- SERVIÇO NACIONAL DE LEVANTAMENTO E CONSERVAÇÃO DE SOLOS. Manual de métodos de análises de solo. Rio de Janeiro, 1979. 1v.
- TRANI, P.E.; HIROCE, R. & BATAGLIA, O.C. Análise foliar: amostragem e interpretação. Campinas, Fundação Cargill, 1983. 18p.