

MICRONUTRIENTES E COBALTO NO RENDIMENTO 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 no rendimento 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 2⁶ em dois blocos incompletos com dezesseis tratamentos cada um. As variáveis e as 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 190kg/ha, respectivamente, no primeiro e no segundo cultivo; o boro aumentou o rendimento de grãos em 141kg/ha, o número e o peso de nódulos por planta em 9 e 18mg apenas no segundo cultivo; o cobalto aumentou o peso de nódulos por planta em 54mg apenas no quarto cultivo e o cobre aumentou o rendimento de grãos em 578, 409 e 471kg/ha, respectivamente, no segundo, terceiro e quarto cultivo, e o número e peso de nódulos por planta em 5 e 18mg, respectivamente, no terceiro e no segundo cultivo.

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

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

The effects of micronutrients and cobalt on yield, number and dry weight of nodules of soybean were evaluated in a field experiment carried out during four crop seasons in a Red Yellow Latosol (Typic Acrustox). The experimental design was a fractioned factorial 1/2 of 2⁶, in two incomplete blocks, with sixteen treatments in each block. The elements were broadcast and applied only in 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. Cobalt showed its effects only in the fourth crop by increasing the weight of nodules per plant in 54 mg. Copper affected the second, third and fourth crop by increasing the grain yield in 578, 409 and 471 kg/ha, respectively. Copper also increased the number and weight of nodule per plant in 5 and 18 mg in the third and second crop, respectively.

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. Este trabalho é continuação do de Galvão (1989) (primeiro e segundo cultivos) e teve como objetivos 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.

⁽¹⁾ Recebido para publicação em agosto e aprovado em dezembro de 1990.

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

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi estabelecido 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 1990. No 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 CaCl_2 10^{-2}M ; 0,5meq/100ml de Al^{3+} trocável; 0,4meq/100ml 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 avaliado pelo método da azometina H. A matéria orgânica foi determinada conforme Jackson (1964) e a análise granulométrica, feita de acordo com EMBRAPA (1979).

No preparo do solo, efetuaram-se estas operações na sequência: 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 quatro cultivos nas estações chuvosas dos anos agrícolas 1986/87, 1987/88, 1988/89 e 1989/90. A adubação básica do primeiro, 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. Nos demais cultivos, a adubação básica constou da aplicação a lanço de 500kg/ha da fórmula 0-20-20 em cada um deles. Os fertilizantes foram incorporados ao solo por enxada rotativa.

O esquema experimental constou de um fatorial fracionado $1/2$ de 2^6 em dois blocos incompletos, com dezesseis tratamentos cada um, através do qual avaliou-se o efeito principal de cada variável e de suas interações duplas, sendo as triplas confundidas (plan 6A-6, página 279) de Cochran & Cox (1957).

As seis variáveis com as doses (quilograma/hectare) foram as seguintes: 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 no primeiro cultivo, e incorporados ao solo com enxada rotativa. Visando obter sua distribuição mais homogênea, os nutrientes foram previamente misturados com 3kg de solo seco do próprio experimento mais 1kg de gesso.

A soja (cultivar Savana) foi semeada em trinta e duas 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 em cada um dos demais cultivos. As parcelas eram separadas entre si por 2m entre as cabeceiras e por 1m no sentido longitudinal.

No florescimento, fez-se, aleatoriamente, a coleta de folhas de cinquenta plantas por parcela, retirando-se a terceira

folha com pecíolo de cada planta (Trani et al., 1983) para análise química. As amostras foram secas em estufa a 65° 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 e, na de B, 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 & Ryley (1962); a de B, pelo método da azometina H e, a de N, segundo Bremner & Keeny (1965). No florescimento, coletaram-se seis plantas por parcela, determinando-se, em cada planta, o número e o peso de nódulos.

Aproximadamente aos 130 dias da semeadura, colheram-se as quatro fileiras centrais de cada parcela, deixando-se 1m nas extremidades como bordadura, sendo a área útil de cada parcela 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 cada variável e de suas interações duplas, utilizou-se a análise da variância e, na comparação das médias pelo teste DMS, a estatística t de Student ao nível de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O efeito do cobalto e de cada micronutriente no rendimento de grãos, no número e peso de nódulos é apresentado no quadro 1.

O boro teve efeito apenas no segundo cultivo: sua aplicação aumentou o rendimento de grãos em 141kg/ha, o número e peso de nódulos por planta em 9 e 18mg. A resposta ao boro foi porque o seu teor na folha (14 ppm) do tratamento sem boro estava abaixo do nível crítico de 20 ppm sugerido por Trani et al. (1983) e da faixa de suficiência (20-100 ppm) apresentada por Jones Júnior (1973) (Quadro 2).

A não-resposta a esse nutriente, verificada no primeiro cultivo, foi, provavelmente, em parte, devida à capacidade natural do solo em supri-lo em quantidade suficiente à planta. Por outro lado, a não-resposta ao boro no terceiro e no quarto cultivo foi porque, em ambos, os teores foliares desse elemento do tratamento sem ele atingiram níveis de suficiência conforme Trani et al. (1983) e Jones Júnior (1973). Uma possível explicação para isso seria que o suprimento de boro foi feito também pelas camadas subsuperficiais do solo e/ou pela mineralização da sua matéria orgânica: os teores de boro do solo (0-20cm), com exceção do quarto cultivo, tiveram pouca variação (Quadro 2). Os teores de boro do solo, tanto do tratamento com boro como sem ele, do quarto cultivo, foram inferiores aos dos demais. Presume-se que isso seja devido a sua lixiviação para camadas subsuperficiais, pois seus teores foliares do quarto cultivo só foram inferiores aos do terceiro.

O cobre aumentou o rendimento de grãos no segundo, no terceiro e no quarto cultivo, respectivamente, em 578, 409 e 471kg/ha, o número e o peso de nódulos por planta em 5 (terceiro cultivo) e 18mg (segundo cultivo). Os teores foliares desse elemento, tanto do tratamento com cobre como sem ele, dos quatro cultivos, estão abaixo do nível crítico de 10 ppm sugerido por Trani et al. (1983). Por outro lado, Jones Júnior

(1973) cita como faixa de suficiência a que varia de 5 a 10 ppm de cobre. Com base nessa faixa, os teores de cobre do tratamento sem ele, dos quatro cultivos, estão em nível de

insuficiência. Apesar disso, não houve resposta à sua aplicação no primeiro cultivo. Presume-se que isso seja devido à capacidade natural do solo em supri-lo em quan-

Quadro 1. Rendimento de grãos (13% de umidade), número e peso de nódulos da soja, em função da aplicação de micronutrientes e do cobalto, em latossolo vermelho-amarelo de cerrado, para os quatro cultivos

Tratamento	Nutriente dose	Cultivo ⁽¹⁾											
		1º	2º	3º	4º	1º	2º	3º	4º	1º	2º	3º	4º
		Grãos				Nódulos por planta				Peso seco de nódulos por planta			
		kg/ha				nº				mg			
B	0	2333a	2243a	2765a	2846a	25a	27a	24a	54a	103a	85a	73a	223a
	1	2444a	2384b	2907a	2953a	23a	36b	20a	55a	97a	103b	66a	233a
Co	0	2390a	2262a	2759a	2852a	25a	30a	21a	55a	98a	92a	62a	201a
	0,4	2387a	2364a	2913a	2947a	24a	32a	23a	54a	102a	95a	77a	255b
Cu	0	2334a	2024a	2632a	2664a	24a	29a	19a	53a	99a	84a	71a	220a
	2	2446a	2602b	3041b	3135b	25a	33a	24b	56a	101a	102b	68a	236a
Mn	0	2356a	2316a	2894a	2901a	26a	31a	21a	56a	103a	89a	72a	231a
	4	2422a	2310a	2778a	2897a	23a	31a	22a	54a	96a	98a	67a	225a
Mo	0	2405a	2298a	2798a	2843a	25a	30a	22a	58a	97a	95a	69a	240a
	0,25	2372a	2327a	2875a	2956a	24a	32a	22a	52a	102a	92a	71a	216a
Zn	0	2295a	2218a	2793a	2875a	24a	32a	21a	55a	98a	97a	21a	229a
	6	2483b	2408b	2879a	2923a	25a	29a	22a	54a	103a	90a	22a	227a
DMS (0,05)		141	118	217	209	6	7	4	7	18	15	19	36
CV (%)		7	6	9	9	33	29	26	16	22	19	33	20

(¹) Em cada cultivo, e para cada nutriente, os valores com a mesma letra não apresentam diferenças significativas pelo teste t ao nível de 5%.

Quadro 2. Teores de micronutrientes no solo e na folha da soja, cultivada em latossolo vermelho-amarelo de cerrado⁽¹⁾

Tratamento	Nutriente dose	Cultivo							
		1º	2º	3º	4º	1º	2º	3º	4º
		Solo				Folha			
		kg/ha				ppm			
B	0	0,17a	0,14a	0,16a	0,10a	—	14a	31a	29a
	1	0,23b	0,22b	0,20a	0,17b	—	27b	53b	39b
DMS (0,05)		0,02	0,03	0,05	0,04	—	3	4	2
CV (%)		12	26	35	30	—	22	12	7
Cu	0	0,1a	0,0a	0,1a	0,1a	2,8a	1,7a	2,6a	1,0a
	2	0,5b	0,2b	0,4b	0,5b	4,7b	6,5b	6,3b	3,0b
DMS (0,05)		0,1	0,04	0,1	0,1	0,9	0,4	0,8	0,7
CV (%)		48	46	50	47	30	12	20	44
Mn	0	4,0a	4,2a	4,1a	3,8a	62a	38a	36a	35a
	4	4,9b	5,3b	5,5b	4,6b	70b	48b	41b	40b
DMS (0,05)		0,8	0,4	0,7	0,6	4	2	5	3
CV (%)		21	11	18	15	6	5	14	8
Zn	0	0,8a	0,6a	0,2a	0,7a	18a	17a	21a	30a
	6	1,9b	1,8b	0,7b	1,4b	30b	32b	30b	43b
DMS (0,05)		0,8	0,2	0,2	0,5	2	4	2	3
CV (%)		12	18	42	20	7	10	7	9

(¹) Em cada cultivo e para cada nutriente, os valores com a mesma letra não apresentam diferenças significativas pelo teste t ao nível de 5%.

tidade suficiente à planta. O tratamento que recebeu 2kg/ha de cobre apenas por ocasião do primeiro cultivo, manteve bons rendimentos de grãos nos quatro cultivos, o que revela o prolongado efeito residual desse micronutriente. A análise de solo discriminou o tratamento com cobre do sem ele, nos quatro cultivos.

A aplicação de zinco aumentou o rendimento de grãos em 188 e 190kg/ha respectivamente, no primeiro e segundo cultivo. Em ambos, o tratamento sem zinco apresentou teores foliares inferiores ao nível crítico de 20 ppm sugerido por Trani et al. (1983), o que justifica a resposta verificada a esse nutriente. A não-resposta ao zinco verificada no terceiro e no quarto cultivo deveu-se ao aumento de rendimento que sofreu o tratamento sem zinco desses cultivos em relação aos dois primeiros. Fato semelhante foi constatado por Ritchey et al. (1986) e Galvão (1984) num LE argiloso. No presente estudo, o aumento de rendimento do tratamento sem zinco foi acompanhado de aumento na sua disponibilidade: conforme se pode verificar, os teores foliares de zinco do tratamento sem ele, do terceiro e do quarto cultivo, foram de 21 e 30 ppm respectivamente, estando acima do nível crítico de 20 ppm sugerido por Trani et al. (1983). A causa do aumento na disponibilidade de zinco ao longo dos cultivos é desconhecida. Possivelmente seja devida: a) à mineralização da matéria orgânica do solo; b) a associações endomicorrízicas (Lambert et al., 1979); c) à absorção do zinco das camadas subsuperficiais do solo devido ao aprofundamento do sistema radicular, que, por sua vez, conforme Ritchey et al. (1980), é provocado pela redução do alumínio dessas camadas ao longo dos cultivos por sais aplicados através do calcário e dos fertilizantes. O tratamento que recebeu 6kg/ha de zinco, apenas por ocasião do primeiro cultivo, proporcionou bons rendimentos de grãos nos quatro cultivos, o que revela seu prolongado efeito residual. A análise de solo discriminou o tratamento com zinco do sem ele, nos quatro cultivos. No quarto cultivo, tanto o número como o peso de nódulos por planta foram maiores que nos demais (Quadro 1), não se encontrando explicação para isso.

Quanto aos outros nutrientes (Co, Mn, Mo), não houve resposta a nenhum deles isoladamente no rendimento de grãos (Quadro 1). Em relação ao número e peso de nódulos, apenas a aplicação do cobalto causou aumento de 54mg no peso de nódulos por planta, no quarto cultivo. Os teores de cobalto e molibdênio não foram determinados nem no solo nem na folha. Quanto ao manganês, os teores foliares do tratamento sem ele, dos quatro cultivos, estão todos em nível de suficiência conforme Trani et al. (1983) e Jones Júnior (1973), o que justifica a não-resposta a esse nutriente (Quadro 1). Por outro lado, os teores de manganês do solo do tratamento sem ele variaram de 3,8 a 4,2 ppm. Como não houve resposta a esse nutriente no rendimento de grãos, deduz-se que seu nível crítico para esse solo seja inferior a 3,8 ppm.

Houve efeito das interações Cu x Mn (primeiro cultivo), B x Co e Mo x Zn (segundo cultivo) no rendimento de grãos (Galvão, 1989). No terceiro e no quarto cultivo, nenhuma das interações foi significativa para rendimento de grãos.

CONCLUSÃO

O boro limitou o rendimento de grãos apenas no segundo cultivo; o cobre, nos três últimos e, o zinco, nos dois primeiros.

AGRADECIMENTOS

Aos laboratoristas Nirceu W. Linhares, Ademar Verneque e Elzino Rodrigues, pelas análises de solo e tecido vegetal; ao Técnico Agrícola Deocleciano S. Lima, pelo auxílio na instalação e condução do experimento, e ao colega Lourival Vilela, do CPAC, pela análise estatística.

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.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análises de solo. Rio de Janeiro, 1979. 73p.
- 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. Efeito de micronutrientes e do cobalto na produção da soja em solo de cerrado. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 13:41-44, 1989.
- 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 orgánica 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.I., eds. *Micronutrients in agriculture*. 2.ed. Madison, Soil Science Society of America, 1973. p.319-346.
- LAMBERT, D.H.; BAKER, D.E. & COLE JUNIOR, H. The role of mycorrhizae in the interactions of phosphorus with zinc, copper, and other elements. *J. Soil Sci. Soc. Am.*, Madison, 43:976-980, 1979.
- 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.
- RITCHEY, 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, 21:215-225, 1986.
- RITCHEY, K.D.; SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. & CORREA, O. Calcium leaching to increase rooting depth in a Brazilian Savannah Oxisol. *Agron. J.*, Madison, 72:40-44, 1980.
- TRANI, P.E.; HIROCE, R. & BATAGLIA, O.C. Análise foliar: amostragem e interpretação. Campinas, Fundação Cargill, 1983. 18p.