



EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA
 Vinculada ao Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária - MAARA
 CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA - CNPSo
 Rodovia Carlos João Strass (Londrina/Warta) Acesso Orlando Amaral
 Fone: (043) 320-4166 - Fax: (043) 320-4186 - Tlx: 432208
 Caixa Postal 231 - CEP 86.001-970 - LONDRINA, PR

PESQUISA EM ANDAMENTO

Nº 16, agosto/94, p.1/7

ESTUDO DE MICRONUTRIENTES NA CULTURA DA SOJA EM UM LATOSSOLO ROXO EUTRÓFICO ARGILOSO DE LONDRINA, PR

Gedi Jorge Sfredo¹
 Clóvis Manuel Borkert¹
 Cesar de Castro²

O aumento progressivo das produções de soja, fruto do uso intensivo de técnicas agrícolas modernas, vem promovendo uma retirada crescente de micronutrientes dos solos, sem que se estabeleça uma reposição adequada. Associado a esse fato, a má correção da acidez e o seu manejo inadequado, promovendo um decréscimo acentuado no teor de matéria orgânica, provavelmente, estariam alterando a disponibilidade de micronutrientes essenciais à nutrição da soja e ao perfeito estabelecimento da associação *Bradyrhizobium* x soja.

Estudos realizados em diferentes regiões do Brasil têm demonstrado deficiência ou toxidez aguda de vários elementos no solo, inclusive com aparecimento de sintomas visuais. O molibdênio (Mo), o cobalto (Co), o zinco (Zn), o cobre (Cu), o manganês (Mn) e o boro (B) são os elementos que apresentam maior deficiência principalmente nos solos de cerrado e afetam drasticamente as espécies cultivadas nessa região. Entretanto, mesmo nas regiões onde os micronutrientes não apresentavam problemas, como na região Sul, já foram detectadas deficiências.

A participação do Mo como cofator nas enzimas nitrogenase, redutase do nitrato e oxidase do sulfeto, está intimamente relacionada com o transporte de elétrons durante as reações bioquímicas. A nitrogenase é uma enzima adaptativa, presente em microrganismos procariotes capazes de fixar o N₂.

A simbiose entre espécies de *Rhizobium* e *Bradyrhizobium* com as leguminosas caracteriza-se como um dos sistemas fixadores de N₂ mais eficientes que se conhece na atualidade.

Leguminosas eficientemente noduladas apresentam concentrações de Mo nos nódulos que chegam a ser dez vezes superiores às encontradas nas folhas. Em condições de deficiência de Mo, ele tende a se acumular nos nódulos, em detrimento das outras partes da planta (Pate, citado por Vidor e Peters, 1988).

¹ Engº Agrº, Ph.D., Pesquisador da EMBRAPA-Centro Nacional de Pesquisa de Soja (CNPSo), Caixa Postal 231, CEP 86.001-970 - Londrina, PR.

² Engº Agrº, M.Sc., Pesquisador da EMBRAPA-Centro Nacional de Pesquisa de Soja, Caixa Postal 231, CEP 86001-970 - Londrina, PR.

A redução do nitrato a nitrito é catalizada pela enzima adaptativa redutase do nitrato, que requer a presença de flavina (NAD) e molibdênio, durante a reação. Plantas nutridas com nitrato apresentam maior concentração de Mo do que as nutridas com amônio. Esta diferença na concentração é devido, quase que inteiramente, ao Mo presente na redutase do nitrato (Gupta & Lipsett, citados por Vidor & Peres, 1988).

Como as quantidades de Mo requeridas pelas plantas são pequenas, a sua aplicação, via semente, através da peletização, constitui-se na forma mais prática e eficaz de adubação (Gupta & Lipsett e Reisenauer citados por Vidor & Peres, 1988). Não houve toxidez ao *B. japonicum*, quando a peletização com Mo foi feita imediatamente antes da semeadura da soja, ocorrendo uma excelente nodulação e aumento no rendimento de grãos.

Além de diferenças entre as espécies, ocorrem também diferenças de concentrações de Mo entre as partes componentes da planta, as quais variam de acordo com a espécie. Assim, na maturidade, a concentração de Mo, em soja, seguiu a ordem grão > folha > cascas dos legumes > caule. Mais de 58% do total de Mo requerido pela soja foi absorvido nos primeiros 45 dias. No final do ciclo, cerca de 67% do Mo estava contido nos legumes, evidenciando a grande translocação deste micronutriente durante o crescimento da soja (Singh & Kumar, citados por Vidor & Peres, 1988).

As respostas à adubação com Mo, no Brasil, têm sido variáveis. Diversos experimentos conduzidos com soja não apresentaram aumentos de rendimento de grãos ou matéria seca (Bellintani Neto & Lám-Sanchez, 1974; Borges *et al.*, 1974; Galvão, 1984; Kolling *et al.*, 1981; Lám-Sanches & Awad, 1976 e Mascarenhas *et al.*, 1967, 1973), embora tivesse ocorrido um aumento significativo na nodulação em uma das pesquisas (Bellintani Neto & Lám-Sanchez, 1974). Por outro lado, aumentos significativos foram obtidos por Buzetti *et al.* (1981), em resposta à adubação com 400 g/ha de molibdato de sódio, em latossolo vermelho-escuro. Similarmente, Vitti *et al.* (1984) obtiveram aumentos de até 32,7% pela utilização de doses crescentes de um produto comercial contendo 10% de Mo e 1% de Co.

Lantmann *et al.* (1989) observaram que a resposta da soja à adição de Mo esteve intimamente relacionada com o pH do solo, sendo que as maiores respostas foram obtidas com pH em CaCl₂ baixo (< 4,3 em LRA e < 4,8 em LEa).

O objetivo deste trabalho foi verificar se há resposta a um ou mais micronutrientes para a cultura da soja.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi instalado a campo, nas safras 1992/93 e 1993/94, em latossolo roxo eutrófico muito argiloso, na EMBRAPA-CNPSo, Londrina, PR, cujas análises encontram-se na Tabela 1. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com oito tratamentos no 1º ano e 15 tratamentos no 2º ano, com quatro repetições. Os tratamentos avaliados foram: Cofermol Pó (10,63% de Mo, 1,22% de Co e 0,20% de Fe), 210g/ha no 1º e 2º anos; Cofermol L (5,0% de Mo, 1,0% de Co, 0,2% de Fe e 4,0% de Zn), 300, 600 e 900ml/ha, no 1º ano, e só 300ml no 2º ano; Biocrop (6,0% de Mo, 0,5% de Co, 3,5% de Zn e 2,5% de B), 200g/ha no 1º e 2º anos; Nutrimins (5,0% de Mo e 1,0% de Co), 300ml no 1º e 2º anos; Plantin II (0,2% de Mo, 1,0% de Fe, 6,0% de Zn, 3,0% de B, 0,5% de Mn, 0,5% de Cu, 1,0% de Mg, 1,5% de Ca, 3,5% de S e 4,5% de N), 1.000g/ha só no 1º ano e tratamentos com soluções preparadas em laboratório com os nutrientes isolados (Mo, Zn, B, Mn, Cu, Co e Ni) ou em mistura (Mo + Co + Zn + B e Mo + Co), só no 2º ano. Todos esses tratamentos foram inoculados com *B. japonicum* e aplica-

dos via semente. Tanto no 1º como no 2º ano houve uma testemunha, inoculada só com *B. japonicum* e, no 2º ano, utilizou-se 30 kg/ha de FTE BR-12 aplicado a lanço e incorporado (Tabela 2).

TABELA 1. Análise química de um LRe de Londrina, PR, do experimento de produtos contendo micronutrientes. EMBRAPA-CNPSo. Londrina, PR. 1994.

Profun- didade cm	pH CaCl ₂	meq/100g de solo						%			ppm
		Al	K	Ca	Mg	H+Al	CTC	Al	C	V	P
0-20	5,21	0,00	0,40	5,50	1,87	3,07	10,84	0,00	1,57	72	10,4
20-40	5,25	0,00	0,44	5,75	2,04	2,95	11,18	0,00	1,53	74	9,4

TABELA 2. Relação de tratamentos com vários produtos contendo micronutrientes, aplicados via semente, em LRe de Londrina, PR, safra 1993/94. EMBRAPA-CNPSo. Londrina, PR. 1994.

Tratamentos/ produtos	% do elemento no sal	g/ha do elemento
1 Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O	40% Mo	20
2 Zn SO ₄ ·7H ₂ O	23% Zn	40
3 H ₃ BO ₃	18% B	5
4 MnSO ₄ ·H ₂ O	33% Mn	10
5 CuSO ₄ ·5H ₂ O	26% Cu	5
6 CoCl ₂ ·6H ₂ O	25% Co	10
7 NiCl ₂ ·6H ₂ O	25% Ni	5
8 (Mo + Co + Zn + B) - 100mg + 800mg + 3480mg + 555 mg dos sais em 20ml de água		
9 (Mo + Co) - 1000mg + 800mg dos sais em 20ml de água		
10 Cofermol pó - 210/ha - 22g/ha Mo; 3g/ha Co; 0,4g/ha Fe (420mg do produto/2 kg de sementes)		
11 Biocrop - 200g/ha - 12g/ha Mo; 1g/ha Co; 70g/ha Zn; 5g/ha B (400mg do produto/2 kg de sementes)		
12 Nutrimins - 500ml/ha - 25g/ha Mo; 5g/ha Co (10ml do produto/2kg de sementes)		
13 Cofermol L - 300ml/ha - 15g/ha Mo; 3g/ha Co; 0,6g/ha Fe; 12g/ha Zn (6ml do produto/2 kg de sementes)		
14 Só inoculante (10g/2kg de sementes)		
15 ¹ FTE-BR-12 - 30kg/ha - 2,7kg/ha Zn; 540g/ha B; 240g/ha Cu; 900g/ha Fe; 600g/ha Mn; 30g/ha Mo		

CV %

¹ Aplicado a lanço e incorporado.

A adubação de base constou de 250 kg/ha, da fórmula 0-28-20, a lanço e incorporada. No 1º ano, a cultivar de soja usada como teste foi a BR-16 e, no 2º ano, a BR-37.

RESULTADOS PARCIAIS

Na safra 1992/93, houve respostas significativas sobre a produção de soja (480 kg/ha), com a adição de Mo e Co e houve aumento de 6% no teor de proteína dos grãos, equivalente a 300 kg/ha, quando se aplicou estes elementos. (Tabela 3).

Na safra 1993/94, isolou-se o efeito dos elementos e os resultados mostraram evidências de deficiência de molibdênio (Mo), pois as produtividades de grãos de soja foram sempre superiores quando se aplicou este nutriente, quando comparadas à testemunha só inoculada. Isto também ocorreu com o peso de 100 grãos (Tabela 4).

Pela análise química dos grãos, apesar de haver pouca diferença entre os tratamentos, quanto ao teor de proteína, verifica-se que as diferenças entre os tratamentos sem Mo e com Mo são grandes, quando se transforma o teor de proteína em kg/ha (Tabela 6). As diferenças em Kg/ha estão entre 359 e 584 kg/ha de proteína, a favor dos tratamentos com Mo. Isso mostra a grande influência de Mo no transporte do N dentro da planta.

Os resultados da análise química das folhas mostram que os teores de N, K e Cu, correlacionam positivamente com a produção e o peso de 100 grãos. Já para Ca, Mg e Zn a correlação é negativa e, para os demais nutrientes nas folhas, não há correlação (Tabela 5). Na Tabela 6, verifica-se que as relações K/Ca , K/Mg , $K/Ca + Mg$, $\frac{Ca+Mg+K}{Mn}$ e P/Zn correlacionam positivamente com a produção e com o peso de 100 grãos, enquanto que para as demais relações entre nutrientes não há correlação.

TABELA 3. Produção de grãos (kg/ha), proteína (%), kg/ha e diferença para a testemunha, da cultivar de soja BR-16, safra 1992/93, em função de vários produtos contendo micronutrientes, aplicados via semente, em LRe de Londrina, PR. EMBRAPA-CNPSo. Londrina, PR. 1993.

Tratamentos	Proteína			
	Grãos kg/ha	%	kg/ha	Diferença em relação à testemunha kg/ha
1. Cofermol pó 210 g/ha	3550ab ¹	38,55d	1371abc	166
2. Cofermol L 300 ml/ha	3419ab	40,63bcd	1389ab	184
3. Cofermol L 600ml/ha	3454ab	43,47ab	1504a	299
4. Cofermol L 900 ml/ha	3335abc	42,72ab	1428ab	223
5. Nutrimins 500 ml/ha	3597a	41,86abc	1505a	300
6. Biocrop 200 g/ha	3435ab	44,27a	1521a	316
7. Só inoculado (testemunha)	3117c	38,52d	1205c	-
8. Plantin II 1000 g/ha	3285bc	39,28cd	1291bc	86
CV%	5,42	4,66	8,00	

¹ Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

TABELA 4. Produção de grãos (kg/ha), proteína (%), kg/ha e diferença para a testemunha), da cultivar de soja BR-37, safra 1993/94, em função de vários produtos contendo micronutrientes, aplicados via semente, em LRe de Londrina, PR. EMBRAPA-CNPSo. Londrina, PR. 1994.

Tratamentos ¹ Nº	Grãos		Proteína		
	kg/ha	%	%	kg/ha	Diferença kg/ha da testemunha
1 Mo	3916a ²	100	37,78ab	1479	535
2 Zn	3163cde	81	37,71ab	1193	249
3 B	3181bcde	81	37,36ab	1188	244
4 Mn	2892e	74	37,46ab	1083	139
5 Cu	3074de	78	40,08a	1232	288
6 Co	2845e	73	35,41b	1007	63
7 Ni	2734e	70	37,14ab	1015	71
8 Mo + Co + Zn + B	3622abcd	92	35,97b	1303	359
9 Mo + Co	3631abcd	93	38,77ab	1408	464
10 Cofermol Pó	3638abcd	93	35,92b	1307	363
11 Biocrop	3760abc	96	37,82ab	1422	478
12 Nutrinins	3821ab	98	37,77ab	1443	499
13 Cofermol L	3790abc	97	40,32a	1528	584
14 Só inoculante	2668e	68	35,39b	944	-
15 ³ FTE-BR-12	2533e	65	35,52b	900	-44
CV%	12,10		5,54		

¹ Ver Tabela 2.

² Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

³ Aplicado a lanço e incorporado.

TABELA 5. Coeficientes de correlação (r) entre os teores de nutrientes nas folhas, produção de grãos (kg/ha) e peso de 100 grãos (g), obtidos com tratamentos à base de micronutrientes, aplicados via semente, em LRe de Londrina, safra 1993/94. EMBRAPA-CNPSo. Londrina, PR. 1994.

Variáveis	P	Ca	Mg	K	Zn	Mn	Fe	Cu	Kg/ha	g/100 grãos
N	0.21	-0.85**	-0.67**	0.62**	-0.71**	-0.49	0.05	0.67**	0.82**	0.85**
P	-	0.05	0.19	0.12	-0.06	-0.29	-0.16	0.04	-0.01	-0.02
Ca		-	0.69**	-0.41	0.73**	0.61**	-0.32	-0.76**	-0.72**	-0.78**
Mg			-	-0.66**	0.87**	0.35	0.25	-0.49*	-0.89**	-0.90**
K				-	-0.69**	0.03	-0.50*	0.43	0.87**	0.77**
Zn					-	0.55*	0.20	-0.68**	-0.86**	-0.87**
Mn						-	-0.31	-0.58*	-0.30	-0.38
Fe							-	0.27	-0.28	-0.24
Cu								-	0.65**	0.67**
Produção									-	0.97**

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

TABELA 6. Coeficientes de correlação (r) entre relações de nutrientes nas folhas, produção de grãos (kg/ha) e peso de 100 grãos (g), obtidos com tratamentos à base de micronutrientes, aplicados via semente, em LRe de Londrina, safra 1993/94. EMBRAPA-CNPSo. Londrina, PR. 1994.

Variáveis	$\frac{K}{Ca}$	$\frac{K}{Mg}$	$\frac{K}{Ca+Mg}$	$\frac{Ca}{Mn}$	$\frac{Ca+Mg}{Mn}$	$\frac{Ca+Mg+K}{Mn}$	$\frac{Ca+Mg}{Zn}$	$\frac{P}{Zn}$	kg/ha	$\frac{g}{100 \text{ grãos}}$
Ca/Mg	0.01	0.42	0.14	-0.09	-0.32	-0.17	0.56*	0.10	0.23	0.17
K/Ca	-	0.91**	0.99**	-0.41	-0.42	0.55*	0.03	0.70**	0.96**	0.92**
K/Mg		-	0.96**	-0.41	-0.51*	0.43	0.26	0.68**	0.96**	0.91**
K/Ca+Mg			-	-0.42	-0.46	0.52*	0.10	0.71**	0.98**	0.94**
Ca/Mn				-	0.97**	0.53*	0.23	0.22	-0.36	-0.33
Ca+Mg/Mn					-	0.52*	0.08	0.15	-0.41	-0.37
Ca+Mg+K/Mn						-	0.20	0.82**	0.54*	0.54*
Ca+Mg/Zn							-	0.23	0.15	0.02
P/Zn								-	0.71**	0.69**
kg/ha									-	0.97**

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

LITERATURA CITADA

- BELLINTANI NETO, A.M.; LAM-SÁNCHEZ, A. Efeito de molibdênio sobre a nodulação e produção de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Científica**, Jaboticabal, v.1, p.13-17, 1974.
- BORGES, A.C.; FREIRE, J.R.J.; BRAGA, J.A. Experimento sobre o efeito da calagem, molibdênio, enxofre e zinco sobre a nodulação e fixação do nitrogênio em soja. In: REUNIÃO LATINOAMERICANA SOBRE *Rhizobium*, 7. Resistência; 1974. **Anais**. Resistência, RELAR, 1974. p.40-56.
- BUZETTI, S.; MAURO, A.O.; VARGAS, J.T.D. Efeito de vários micronutrientes na cultura de soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. cv. UFV-1. In: UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. **Relatório técnico científico**. Ilha Solteira: UNESP, 1981. p.66-68. (Curso de Agronomia).
- KOLLING, J.; SCHOLLES, D.; BROSE, A. Efeito do molibdênio aplicado em diferentes formulações sobre a nodulação e rendimento de grãos de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Agron. Sulriogr.**, v.17, p.239-248. 1981.
- LAM-SÁNCHEZ, A.; AWAD, M. Efeito da simazina e do molibdênio no rendimento, conteúdo protéico e nodulação da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) e da simazina no rendimento e conteúdo protéico do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) **Científica**, Jaboticabal, v.4, p.56-58, 1976.
- LANTMANN, A.F.; BORKERT, C.M.; SFREDO, G.J.; OLIVEIRA, M.C.N. de. Resposta da soja a molibdênio em diferentes níveis de pH do solo. **Rev. Bras. de Ci. do Solo**, Campinas, v.13, n.1, p.45-49. 1989.
- 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 latossol Roxo com vegetação de Cerrado. **Bragantia**, Campinas, v.26, p.373-379, 1967.
- MASCARENHAS, H.A.A.; KIIHL, R.A.S.; NAGAI, V.; BATAGLIA, O.C. Aplicação de micronutrientes em soja cultivada em solos de Cerrado. **O Agrônomo**, Campinas, v.25, p.71-73, 1973.
- VIDOR, C.; PERES, J.R.R. Nutrição de plantas com molibdênio e cobalto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 17, 1986, Londrina. Enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira. **Anais...**, Londrina: EMBRAPA-CNPSo/IAPAR/SBCS, p.179-203. 1988.
- VITTI, G.C.; FORNASIERI FILHO, D.; PEDROSO, P.A.C.; CASTRO, R.S.A. Fertilizante com molibdênio e cobalto na cultura da soja. **Rev. bras. Ci. Solo**, Campinas, v.8, p.349-352, 1984.