

ADUBAÇÃO COM MOLIBDÊNIO EM SOJA, NA PRESENÇA OU AUSÊNCIA DE CALCÁRIO APLICADO NA SUPERFÍCIE DO SOLO, EM PLANTIO DIRETO

MOLYBDENUM FERTILIZATION, IN THE PRESENCE OR ABSENCE OF LIME APPLIED TO THE SOIL SURFACE, UNDER NO-TILLAGE

Marcio Voss¹ Delmar Pöttker²

RESUMO

Um experimento foi desenvolvido em 1997/1998 em Latossolo Vermelho Distrófico típico, em Passo Fundo, com pH em água 4,9 e 41,2mmol_e de Al³⁺dm⁻³, para estudar os efeitos de calcário aplicado na superfície do solo, e de molibdênio, sobre o rendimento de grãos da soja. O efeito residual do calcário e a reaplicação de Mo foram estudados no mesmo local, em 1998/1999. O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por: 1) Mo na semente + calcário; 2) Mo foliar + calcário; 3) calcário; 4) Mo na semente; 5) Mo foliar e 6) testemunha. Aplicaram-se 2t ha⁻¹ de calcário dolomítico. O molibdênio foi aplicado na dose de 12g ha⁻¹, nas sementes, e 30g ha⁻¹ quando via foliar, aos 30-33 dias após a emergência. A soja respondeu à adubação molibídica, mesmo nos tratamentos com calcário, em ambas as safras. Os resultados indicam que a calagem superficial não disponibilizou molibdênio em quantidades suficientes para o desenvolvimento da soja, cultivada em plantio direto em Latossolo ácido. A aplicação de Mo nas sementes e via foliar tiveram a mesma eficiência.

Palavras-chave: micronutrientes, nodulação, *Glycine max*.

SUMMARY

An experiment was carried out in 1997/1998 on Dark Red Latosol (Haplorthox), in Passo Fundo, with pH (H₂O) 4.9 and 41.2mmol_e of Al³⁺dm⁻³, to study the effects of lime, applied on the surface of the soil, and molybdenum, on soybean yields. The residual effect of lime and the reapplication of Mo was studied at the same location, in 1998/1999. The experimental design was the complete randomized block, with four replications. The treatments consisted of: 1) lime + Mo applied on the seeds; 2) lime + foliar application of Mo; 3) lime; 4) Mo applied on soybean seeds; 5) Mo applied on soybean leaves and 6) no lime and no Mo. Lime was applied at a rate of 2t ha⁻¹, at the surface of soil. Molybdenum was applied at the rate of 12g ha⁻¹, on the seeds, and 30g ha⁻¹, when foliar applied, 30-33 days after emergency. Soybean responded to applied Mo, even in the treatments

with lime, in both seasons. The results of the two experiments indicated that the superficial application of lime did not release enough Mo for the development of no-tillage soybean in the acid soil used. The fertilization of molybdenum on the seeds or foliar way had the same efficiency.

Key words: Micronutrients, soybean nodulation, *Glycine max*.

INTRODUÇÃO

As bactérias do gênero *Rhizobium* e *Bradyrhizobium* estão entre os microrganismos que transformam o nitrogênio do ar (N₂) em forma assimilável pelas leguminosas (HOLT *et al.*, 1994). Pela associação com o *Bradyrhizobium*, a soja, que forma nódulos em suas raízes para hospedá-lo, é cultivada sem necessitar da adubação química de nitrogênio, não obstante a grande demanda dessa planta por esse nutriente para produzir grãos com alto teor em proteínas. A capacidade de reduzir o N₂ se deve à enzima nitrogenase, que tem na sua estrutura protéica os elementos enxofre, ferro e molibdênio (MILLER, 1991). A soja complementa o N fixado simbioticamente absorvendo o N disponível no solo. Parte desse N, sob a forma de nitrato, após absorvido pelas plantas, também tem de ser reduzido para ser assimilado por elas, por meio de enzimas denominadas nitrato-redutases, que, de igual modo, têm o molibdênio (Mo) como co-fator (MARSCHNER, 1990).

Tem sido verificada deficiência de Mo em diversas regiões produtoras de soja e de outras

¹Engenheiro Agrônomo, Doutor, Pesquisador da Embrapa Trigo. CP 451, 99001-970, Passo Fundo, RS. E-mail: voss@cnpt.embrapa.br
Autor para correspondência.

²Engenheiro Agrônomo, PhD., Pesquisador da Embrapa Trigo. Passo Fundo, RS. E-mail: delmar@cnpt.embrapa.br.

leguminosas, provocando queda de produtividade (FRANCO & DAY, 1980; SANTOS *et al.*, 1991, SFREDO *et al.*, 1994; JACOBSEN *et al.*, 1996). A recomendação oficial de Mo para a soja no Rio Grande do Sul foi feita inicialmente para solos arenosos da unidade de mapeamento São Pedro (Podzólico Vermelho Amarelo), baseado em resultados obtidos pela Universidade Federal de Santa Maria (SANTOS, 1999). A partir de 1997, estendeu-se a recomendação também para solos argilosos do Rio Grande do Sul e Santa Catarina e um dos parâmetros usados para a recomendação em solos argilosos é o pH abaixo de 5,5 (REUNIÃO..., 1997). Sabe-se que quanto maior a acidez, mais insolúvel fica o Mo; assim, mesmo estando presente no solo, a sua disponibilidade para as plantas diminui (FRANCO & DAY, 1980). No sentido inverso, a correção da acidez do solo pode corrigir a deficiência de Mo para as plantas (RUBIN, 1995). O calcário, no sistema plantio direto é aplicado à superfície do solo, sem incorporação. Como a mobilidade do calcário é lenta, a correção da acidez do solo fica restrita a poucos centímetros de profundidade nos primeiros meses após a sua aplicação, formando um gradiente de pH, Ca e Mg (BEN *et al.*, 1997). Por ocasião da instalação do experimento, a recomendação de calcário para solos sob sistema plantio direto era de 1 a 2 ton ha⁻¹ (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO-RS/SC, 1994).

O objetivo do presente experimento foi verificar se a aplicação de calcário à superfície de um solo ácido argiloso, conforme preconizado no sistema plantio direto, dispensaria a adição de Mo via semente ou foliar recomendada para a cultura da soja.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram desenvolvidos nas safras 1997/1998 e 1998/1999 em Passo Fundo, no delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos, em delineamento fatorial, foram combinações de adubação molibídica (molibdato de amônio) nas sementes (12g Mo ha⁻¹) e via foliar (30g Mo ha⁻¹) e testemunha sem molibdênio, com presença e ausência de calcário. Aplicaram-se 2t ha⁻¹ de calcário dolomítico com PRNT 70% sobre a superfície do solo, em agosto de 1997.

O solo no qual foi implantado o experimento é um Latossolo Vermelho Distrófico típico, com 51% de argila, da Unidade de Mapeamento Passo Fundo (EMBRAPA-CNPS, 1999), localizado em reserva de solo ácido na área experimental da Embrapa Trigo, de Passo Fundo, onde vêm sendo cultivadas soja e culturas de inverno sem calagem, e há cinco anos está sob sistema de plantio direto. A análise química do solo, processada após a colheita do experimento conduzido na safra agrícola 1997/1998 e na safra 1998/1999, encontra-se na tabela 1. A cultura que antecedeu os ensaios foi aveia preta, semeada em abril e manejada em outubro com dessecante glyphosate.

A soja, cv. BR-16, foi semeada em 15 de novembro de 1997, sem adubação de base, com semeadora para plantio direto, especial para parcelas, com espaçamento de 0,45m, com oito linhas de 5,5m de comprimento. As estirpes Semia 587 e Semia 5019, de *Bradyrhizobium elkanii*, foram inoculadas nas sementes momentos antes da semeadura. Esse inoculante foi produzido pela Fepagro (Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária), em Porto Alegre, em substrato turfoso, e continha mais de 2x10⁸ células viáveis por grama. Usaram-se 200 gramas de inoculante por 50kg de sementes, com 200ml de água com 10% de açúcar. A emergência de plântulas ocorreu em seis a sete dias após a semeadura.

Aplicou-se Mo nos tratamentos via semente, por ocasião da semeadura de soja, e via foliar, no estádio V6. A aplicação foliar foi realizada com o auxílio de um pulverizador manual, usando-se

Tabela 1 - Análise química de solo (Latosolo Vermelho Distrófico típico, unidade de mapeamento Passo Fundo, fase argilosa), após a colheita de soja. Passo Fundo.

Profundidade cm		Al	Ca	pH	Al	Ca	Mg	MO	P	K
		% da CTC		H ₂ O	mmol _c dm ⁻³			g dm ⁻³	mg dm ⁻³	
1998										
0-2,5	Sem Cal.	21,3	13,0	5,0	26,0	15,8	20,3	37	18,6	218
2,5-5	Sem Cal.	36,3	7,4	4,7	43,1	8,8	10,1	30	9,2	138
5,0-10	Sem Cal.	37,9	5,0	4,5	50,0	6,6	7,4	29	8,3	108
0-2,5	Com Cal.	0,4	34,9	5,8	0,5	45,3	47,5	37	13,5	180
2,5-5	Com Cal.	30,5	11,2	4,9	37,7	13,8	19,0	31	9,6	106
5,0-10	Com Cal.	32,0	7,3	4,7	42,0	9,6	14,0	30	7,1	102
1999										
0-2,5	Sem Cal.	24,5	18,2	4,9	28,0	20,8	13,2	35	12,7	274
2,5-5	Sem Cal.	30,2	9,3	4,6	42,0	12,9	7,0	28	9,2	162
5-10	Sem Cal.	30,9	7,3	4,4	48,5	11,5	6,2	28	13,5	54
0-2,5	Com Cal.	7,1	37,0	5,3	9,3	48,5	30,7	33	10,7	196
2,5-5	Com Cal.	26,3	18,3	4,8	34,1	23,8	15,8	30	12,9	90
5-10	Com Cal.	33,2	7,0	4,5	47,6	10,0	4,7	28	6,2	98
0-20	Sem Cal.	80,3	18,5	4,6	41,2	9,5	0,9	25	3,5	74

água em quantidade equivalente a 100ℓ ha⁻¹. A aplicação foi feita na soja ainda com o orvalho da manhã, cuidando-se para não provocar contaminação por deriva nas parcelas vizinhas. Como fonte de Mo empregou-se molibdato de amônio, p.a.

Usou-se o herbicida sethoxydim, em pós-emergência, em dezembro. Combateram-se lagartas desfolhadoras por duas vezes durante o ciclo da cultura, com inseticida à base de lambdacialotrina. Aplicou-se fungicida benomyl na soja em fim de ciclo para combater o oídio.

A nodulação foi avaliada no estágio R 2 (início de florescimento), em 0,5m na segunda linha de semeadura, a 1,0m da cabeceira da parcela, de 0 a 15cm de profundidade. No florescimento pleno, coletaram-se 20 folhas da soja de cada parcela, pegando-se ao acaso as quartas folhas a partir do ápice da planta para análise de N, P, K, Ca e Mg. Colheram-se as plantas de outras três linhas de 5,0m para determinação do rendimento de grãos e do peso de mil sementes, corrigindo-se o seu peso para 13% de umidade.

No mesmo local do experimento anterior, manteve-se a marcação das parcelas e instalou-se novo experimento para verificar-se o efeito residual do calcário e sua interação com o Mo. A soja, cv. BR-16, foi inoculada e semeada em 9 de novembro de 1998, sem adubação de base, com o mesmo procedimento descrito no experimento anterior. A emergência de plântulas ocorreu em nove a dez dias após a semeadura.

Aplicou-se o Mo nos tratamentos correspondentes, da mesma forma que no experimento da safra anterior, sendo a aplicação via foliar no estágio V6.

Em pós-emergência, aplicou-se por 2 vezes o herbicida sethoxydim. Combateram-se lagartas desfolhadoras por três vezes durante o ciclo da cultura, com inseticida à base de lambdacialotrina.

Neste experimento, não foi avaliada a nodulação, uma vez que não se encontrou efeito no ano anterior. A colheita foi feita manualmente em abril de 1999. Determinou-se o rendimento de grãos em 3m² e o peso de mil sementes, corrigindo-se o seu peso para 13% de umidade.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No primeiro cultivo de soja, a população média de plantas por ocasião da colheita foi de 33,8m⁻², sem variação significativa entre os tratamentos. Não houve deficiência hídrica durante o ciclo da cultura de soja. Observa-se que os teores de P, de K e de Mg no solo foram altos, mas o de Ca foi alto apenas nos tratamentos com calcário, nos primeiros 2,5cm de profundidade, sendo baixo nos demais tratamentos e profundidades (Tabela 1).

Os dados da tabela 2 foram analisados quanto à existência de interações entre molibdênio e calagem, mas estas não foram significativas no rendimento de grãos ou peso de mil sementes e, por isso esses dados foram apresentados na forma normal usada para blocos ao acaso. SANTOS (1991) encontrou interação entre molibdênio e calagem no rendimento de grãos de soja por 5 anos desde a calagem, sendo maior no primeiro ano, na unidade de mapeamento São Pedro (Podzólico Vermelho Amarelo).

Os resultados da tabela 2, referentes ao ano agrícola 1997/1998, mostraram que as maiores produtividades de grãos foram obtidas nos tratamentos que receberam Mo, que foram iguais estatisticamente entre si. A aplicação superficial de calcário, na ausência de adubação com Mo, também elevou significativamente a produtividade da cultura

Tabela 2 – Rendimento de grãos e peso de mil sementes obtidos em função da calagem na superfície do solo e/ou da aplicação de molibdênio na semente ou via foliar em plantas de soja. Passo Fundo.

Tratamento	Rendimento de grãos* (kg ha ⁻¹)	Peso de mil sementes * (g)
Ano agrícola 1997/1998		
Mo na semente + calcário	2836a	165a
Mo foliar + calcário.	2764a	155a
Calcário	2009 b	138a
Mo na semente	2792a	143a
Mo foliar	2583a	156a
Testemunha	769 c	119 b
CV %	14,28	6,33%
Ano agrícola 1998/1999		
Mo na semente + calcário	2151a	145ab
Mo foliar + calcário.	2299a	143ab
Calcário	1469 b	130 bc
Mo na semente	2063a	148a
Mo foliar	2057a	144ab
Testemunha	588 c	124 c
CV %	20,64%	5,55%

* Aplicada em agosto de 1997.

** Valores seguidos de mesmas letras, em cada ano agrícola, são estatisticamente iguais pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade de erro.

em relação ao tratamento testemunha, porém foi cerca de 27% menor do que a média dos tratamentos com Mo.

Não houve diferenças no peso de nódulos (dados não mostrados). A biomassa nodular obtida, de 214 a 254mg pl⁻¹ foi estatisticamente igual em todos os tratamentos e é considerada suficiente, pela literatura, para a fixação simbiótica de nitrogênio (VARGAS & SUHET, 1980), desde que não haja condições limitantes para a simbiose, como falta de umidade, estirpes ineficientes ou deficiência de nutrientes. Entre os nutrientes que podem afetar a fixação biológica de nitrogênio, destaca-se o fósforo (MUNNS, 1977). No solo do experimento, o P apresentou teores altos (Tabela 1).

Por outro lado, a diferença verificada no rendimento de grãos entre a testemunha e os tratamentos apenas com Mo sugerem que a disponibilidade desse micronutriente no solo estava muito baixa, proporcionando, na planta, teores limitantes de Mo para a atividade das enzimas responsáveis pela redução do nitrogênio.

O teor de Ca do solo também pode ter limitado a produtividade da cultura, pois encontrou-se teor alto de Ca apenas na camada de 0 a 2,5cm nos tratamentos com calcário (Tabela 1). Apesar disso, a produtividade obtida permitiu a expressão do efeito da adubação com Mo, com grande diferença em relação à testemunha, superando também o tratamento que recebeu apenas calcário.

Os pesos de mil grãos foram semelhantes nos diversos tratamentos, exceto na testemunha, que foi significativamente menor (Tabela 2).

No segundo cultivo da soja, os resultados de rendimento de grãos e de peso de mil sementes mostraram comportamento similar aos do primeiro cultivo (Tabela 2, ano agrícola 1998/1999). A diminuição de rendimento dessa safra em relação à anterior deve-se, provavelmente, à ocorrência de deficiência hídrica no primeiro mês da instalação do experimento e na fase final do ciclo da soja.

O aumento da produtividade da cultura nos tratamentos com Mo, com ou sem calagem, indica que esse micronutriente foi limitante nas condições de acidez presentes nesse solo e, ainda, que a calagem à superfície, na quantidade empregada, não possibilitou disponibilização suficiente de molibdênio.

Parte dessa ocorrência pode ser atribuída à menor quantidade de raízes de soja nos primeiros 2,5 centímetros de solo (MITCHELL & RUSSELL, 1971). Nessa zona é que se verificou correção dos fatores de acidez do solo nos tratamentos com calcário (Tabela 1); abaixo de 2,5cm, os resultados

da análise dos fatores de acidez do solo calcariado à superfície equivalem aos do solo não calcariado, na profundidade de 0-2,5cm.

Uma possibilidade para explicar esses resultados seria a de que esse solo não contivesse Mo suficiente para suprir as exigências da soja. Porém, em área adjacente, do mesmo solo, em que anteriormente se incorporou calcário, não se verificou resposta a Mo, mesmo em dose muito maior do que a recomendada (dados não mostrados).

Outra possível explicação é a de que se adicionou calcário em quantidade inferior à necessária. Segundo as recomendações em vigor para a calagem em superfície, estabelecida após a instalação do ensaio (REUNIÃO..., 1997), a quantidade correta a ser usada seria a de 2,67 toneladas de calcário com PRNT 100%, pois o solo apresentou pH 4,9 e 41,2mmol_c de Al³⁺dm⁻³. É de se ressaltar que a distribuição normalmente desuniforme de calcário feita nas lavouras leva a partes com quantidades menores do que as recomendadas. Assim, mesmo que a quantidade recomendada fosse o suficiente para disponibilizar Mo no solo do presente estudo, as quantidades usadas no ensaio contemplariam essas zonas de sub-calagem devido à dificuldade de distribuição uniforme a nível de lavoura.

No entanto, ficou claro que não é dispensável o uso de Mo quando se aplica a calagem à superfície em solo muito ácido, pois o calcário atua apenas na superfície, pelo menos, nos dois primeiros anos. Em que pese essa necessidade de adubar com molibdênio, adicionar calcário à superfície em plantio direto, é, sem dúvida, uma prática mais vantajosa sob aspectos econômicos e ambientais do que lavar o solo e incorporar alta dose de calcário.

CONCLUSÕES

A calagem na superfície de um Latossolo Vermelho Distrófico típico, fase argilosa, da Unidade de Mapeamento Passo Fundo, promoveu um aumento da produção de grãos de soja, mas este foi inferior ao obtido com a aplicação apenas de molibdênio tanto no primeiro quanto no segundo ano de aplicação de calcário.

A aplicação de molibdênio nas sementes e via foliar foram equivalentes em eficiência.

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. José Eloir Denardin, pelas sugestões fornecidas e à bióloga Janúzia Fontes Bellaver, pelo apoio nas avaliações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEN, J.R., PÖTTKER, D., FONTANELI, R.S., *et al.*. Efeito da aplicação de calcário na superfície do solo sobre fatores de acidez em campo natural. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 1997, Rio de Janeiro. **Resumos...** Rio de Janeiro : Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. p.205.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO-RS/SC. **Recomendações de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.** 3.ed. Passo Fundo : EMBRAPA-CNPT, 1994. 224p.
- EMBRAPA-CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília : Embrapa. Serviço de Produção de Informação, 1999. 412p.
- FRANCO, A.A., DAY, J.M. Effects of lime and molybdenum on nodulation and nitrogen fixation of *Phaseolus vulgaris* L. in acid soils of Brazil. **Turrialba**, San José, v.30, p.99-105, 1980.
- HOLT, J.G., KRIEG, N.R., SNEATH, P.H.A., *et al.* **Bergey's manual of determinative bacteriology.** 9.ed. Baltimore : Williams & Wilkins, 1994. 787p.
- JACOBSEN, L.A., VOSS, M., PÖTTKER, D. Adubação com molibdênio em soja no Rio Grande do Sul, na safra 1994/1995. In: EMBRAPA-CNPT. **Soja: resultados de pesquisa do Centro Nacional de Pesquisa de Trigo,** 1994/95. EMBRAPA, 1996. p.216-220.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** London : Academic , 1990. 674p.
- MILLER, R.W. Molybdenum nitrogenase. In: DILWORTH, M.S., GLENN, A.R., (ed.) **Biology and biochemistry of nitrogen fixation.** Amsterdam : Elsevier, 1991. p.9-36.
- MITCHELL, R.L., RUSSELL, W.S. Root development and rooting patterns of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) evaluated under field conditions. **Agronomy Journal**, Madison, v.63, p.313-316, 1971.
- MUNNS, D.N. Mineral nutrition and the legume symbiosis. In: HARDY, R.W.F., GIBSON, A.H. (eds.) **A treatise on dinitrogen fixation.** Section IV. New York : John Wiley & Sons, 1977. p.353-392.
- REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 25, Passo Fundo, 1997. **Anais...** Passo Fundo : Embrapa Trigo, 1997. 260p.
- RUBIN, S.A.L., SANTOS, O.S., RIBEIRO, N.D., *et al.* Tratamento de sementes de soja com micronutrientes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.5, n.1, p.39-42, 1995.
- SANTOS, O.S. Micronutrientes na cultura da soja. Encarte técnico. In: POTAFOS. **Informações agronômicas,** Piracicaba, 1999. V.85.
- SANTOS, O.S. Molibdênio. In: FERREIRA, M.E., CRUZ, M.C.P. (ed.). **Micronutrientes na agricultura.** Piracicaba : POTAFOS/CNPq, 1991. p.191-217.
- SFREDO, G.J., BORKERT, C.M., CASTRO, C. **Estudo de micronutrientes na cultura da soja em um Latossolo Roxo Eutrófico argiloso de Londrina, PR.** Londrina : EMBRAPA-CNPSo, 1994. 7p. (EMBRAPA-CNPSo. Pesquisa em Andamento, 16).
- VARGAS, M.A.T., SUHET, A.R. Efeito da inoculação e níveis de inoculantes na soja cultivada em um solo de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.15, p.343-347, 1980.