

REDISTRIBUIÇÃO DE MOLIBDÊNIO APLICADO VIA FOLIAR EM DIFERENTES ÉPOCAS NA CULTURA DA SOJA

Redistribution of molybdenum applied via leaf in different times in soybeans

Leila Maria de Freitas Moraes¹, Regina Maria Quintão Lana², Camila Mendes³,
Eliezer Mendes³, Anderson Monteiro³, Juliana Fonseca Alves³

RESUMO

Objetivou-se com este experimento verificar a translocação de Mo aplicado em diferentes épocas do desenvolvimento da cultura da soja, pela determinação do teor em nódulos radiculares, folhas e grãos. O experimento consta de sete tratamentos instalados em blocos casualizados, e seis repetições. Os tratamentos foram constituídos pelas épocas de aplicação dos micronutrientes: 1) testemunha (sem aplicação); 2) Co e Mo via semente; 3) Co e Mo no estágio V₄; 4) Co e Mo no estágio V₆; 5) Co e Mo no estágio R₁; 6) Co e Mo no estágio R₃; e 7) Co e Mo via semente e no estágio R₃. Nos tratamentos 2, 3, 4, 5 e 6, utilizaram-se as doses de 2,5 g ha⁻¹ de Co e 80 g ha⁻¹ de Mo, enquanto no tratamento 7 forneceu 2,5 g ha⁻¹ de Co e 20 g ha⁻¹ de Mo nas sementes e no estágio R₃ foi feita uma aplicação de 400 g ha⁻¹ de Mo. A partir da aplicação, foram coletadas 20 plantas por parcela durante 9 semanas consecutivas, enquanto nos tratamentos 5 e 6, as coletas foram feitas por 8 e 7 semanas consecutivas, respectivamente. Avaliou-se a translocação de Mo das folhas para os nódulos e grãos, o teor de nitrogênio foliar e nos grãos, teor de proteína e de Mo nos grãos e a produtividade da soja. Os resultados demonstraram que o Mo aplicado via foliar transloca para os nódulos e para os grãos na fase de granação; as aplicações de Mo via foliar ou nas sementes não influenciaram o rendimento da cultura, os teores de nitrogênio e de proteína nos grãos; e a aplicação de 400 g ha⁻¹ de Mo no estágio R₃ aumentou os teores nos grãos.

Termos para indexação: *Glycine max*, micronutrientes, adubação molíbdica nas sementes e foliar.

ABSTRACT

This study had the aim of evaluating the translocation of Mo applied at different times on the development of soybeans, determining their presence in soybean root nodules, leaves and grains. The assay was done in Fazenda Canadá, located in Uberlândia, MG. The experimental design was the one of randomized blocks with seven treatments and six repetitions. The treatments constituted of the following micronutrient application times: 1) control (without application); 2) Co and Mo via seed; 3) Co and Mo at the stage V₄; 4) Co and Mo at the stage V₆; 5) Co and Mo at the stage R₁; 6) Co and Mo at the stage R₃; and 7) Co and Mo at the via seed and stage R₃. The doses 2.5 g ha⁻¹ Co and 80 g ha⁻¹ Mo were used in the treatments 2, 3, 4, 5 and 6, whereas for treatment 7, 2.5 g ha⁻¹ Co and 20 g ha⁻¹ Mo were used in the seeds, and at stage R₃ 400 g ha⁻¹ Mo was applied. Twenty plants in each plot were collected weekly, for 9 weeks, except for treatments 5 and 6. Which were collected for 8 and 7 weeks, respectively. Molybdenum translocation from leaves to nodules and grains, and nitrogen in the leaves and grain, grain protein and molybdenum and culture yield were evaluated. The results had demonstrated that Mo applied on the leaves translocated to the nodules and grains in the filling phase; the applications of Mo on the leaves or on the seeds did not influence the yield of the culture, the protein and nitrogen contents in the grains; and the application of 400 g ha⁻¹ molybdenum in the R₃ stage increased its contents in the grains.

Index terms: *Glycine max*, micronutrient, molybdenum fertilization in the seeds and spray.

(Recebido em 17 de maio de 2006 e aprovado em 26 de abril de 2007)

INTRODUÇÃO

A soja é uma oleaginosa muito importante que seria inviável economicamente se dependesse da aplicação de todo nitrogênio, devido a alta demanda, proporcionado pelo alto teor protéico dos grãos. As bactérias do gênero *Bradyrhizobium* (*B. japonicum* e *B. elkanii*) associam-se ao sistema radicular da soja e estabelecem uma importante

simbiose, a partir da qual fornece a maior parte do nitrogênio de que a planta necessita, por meio de estruturas especializadas nas raízes - nódulos, nos quais ocorre o processo de fixação biológica de nitrogênio (FBN).

A eficiência do processo de fixação biológica de N₂, bem como o seu metabolismo, podem ser prejudicados pela deficiência de cobalto (Co) e molibdênio (Mo), pois o primeiro é essencial aos microorganismos fixadores de N₂,

¹Mestre em Solos – Departamento de Solos – Universidade Federal de Uberlândia/UFU – Av. Amazonas, s/n – Campus Umuarama – 38400-734 – Uberlândia, MG – leilam@netsite.com.br

²Doutora em Solos, Professora Titular – Departamento de Solos – Universidade Federal de Uberlândia/UFU – Av. Amazonas, s/n – Campus Umuarama – 38400-734 – Uberlândia, MG – rmqlana@iciag.ufu.br

³Estudantes de Agronomia – Departamento de Solos – Universidade Federal de Uberlândia/UFU – Av. Amazonas, s/n – Campus Umuarama – 38400-734 – Uberlândia, MG – camilinhamedes@click21.com.br; eliezerufu@yahoo.com.br; andimagro@yahoo.com.br; julianaagronomia@gmail.com

e o segundo faz parte das enzimas redutase do nitrato e nitrogenase. Para aumentar a eficiência do processo de FBN é indispensável a busca de novas técnicas. A aplicação de Co e Mo nas sementes poderá reduzir a sobrevivência do *Bradyrhizobium* e, conseqüentemente, a nodulação e a FBN, que poderia ser substituída pelo fornecimento foliar.

Por causa da mobilidade do Mo na planta, o mesmo pode ser adicionado em soluções via adubação foliar, pois sua absorção ocorre rapidamente, sem os riscos de diminuir a fixação quando adicionado ao solo. Campo & Hungria (2002) verificaram que a translocação de Mo até os nódulos foi muito rápida quando aplicado nas folhas de soja (cv. BRS 133), pois as máximas concentrações desse nutriente nos nódulos ocorreram em cinco dias. A deficiência de Mo no solo poderá reduzir a síntese da enzima nitrogenase, com diminuição da fixação biológica do nitrogênio e, portanto, da produtividade. Para os autores, quando é baixa a disponibilidade de molibdênio no solo, esse nutriente é distribuído das folhas para os nódulos, aumentando a deficiência na planta.

Realizou-se este trabalho com o objetivo de verificar a translocação de Mo aplicado nas folhas até os nódulos em diferentes épocas do desenvolvimento da soja, bem como o teor nas folhas e nos grãos de soja.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Canadá, localizada no Município de Uberlândia – MG, em um LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico, durante o ano agrícola 2004/2005. A adubação de plantio foi feita de acordo com a recomendação para a cultura da soja (CFSEMG, 1999). O plantio da cultivar BRSMG 68 (Vencedora) foi feito em 27 de novembro de 2004, após a inoculação das sementes com 500g de inoculante turfoso para 50 kg de semente. As parcelas foram constituídas de 12 linhas de 11 m de comprimento e espaçadas de 0,45 m, as quais foram divididas em duas áreas: i) para determinação dos componentes de produção e rendimento de grãos e ii) para a coleta de material, vinte plantas por semana, para as determinações das variáveis destrutíveis, como: nitrogênio nas folhas e grãos, proteína e Mo nos grãos. As coletas foram feitas semanalmente em linhas previamente definidas.

O experimento foi constituído por sete tratamentos instalados em blocos ao acaso, com seis repetições, conforme descrito a seguir: 1) testemunha (sem aplicação de Co e Mo); 2) Co e Mo via semente; 3) Co e Mo no estágio V_4 (fase vegetativa - 4º nó, terceiro trifólio aberto); 4) Co e Mo no estágio V_6 (fase vegetativa - sexto nó, quinto trifólio aberto); 5) Co e Mo no estágio R_1 (fase reprodutiva - início da floração); 6) Co e Mo no estágio R_3 (fase

reprodutiva - final da floração); e 7) Co e Mo via semente e no estágio R_3 . Nos tratamentos 2, 3, 4, 5 e 6, utilizaram-se as doses de 2,5 g ha⁻¹ de Co e 80 g ha⁻¹ de Mo, via foliar, enquanto no tratamento 7 forneceu 2,5 g ha⁻¹ de Co e 20 g ha⁻¹ de Mo nas sementes e no estágio R_3 foi feita uma aplicação de 400 g ha⁻¹ de Mo. As fontes de Co e Mo utilizadas foram cloreto de cobalto (24,77 % de Co) e molibdato de sódio (39,65 % de Mo).

A colheita foi manual em 08 de abril de 2005, pela amostragem da área da parcela reservada para a obtenção do rendimento de grãos. As coletas das amostras de plantas foram realizadas em 9 semanas consecutivas, a partir da aplicação, nos tratamentos 1, 2, 3, 4 e 7, enquanto nos tratamentos 5 e 6, as coletas foram efetuadas em 8 e 7 semanas consecutivas, respectivamente.

As amostras de molibdênio nos nódulos, folhas e grãos foram coletadas e encaminhadas para análise pela Embrapa-soja. A análise nos grãos foi realizada em plantas dos tratamentos 3, 4, 5 e 6 na décima semana (vagens com enchimento de grãos). As análises de molibdênio e nitrogênio foliar e nos grãos, e teor de proteína nos grãos de soja foram realizadas conforme a metodologia proposta pela Embrapa (1997).

Das amostras de grãos de soja, colhidas por parcela, para avaliar o rendimento da cultura, determinou-se a massa de grãos e o teor de umidade, corrigida a 120 g Kg⁻¹.

Para a análise de nitrogênio foi utilizado o método Kjeldahl modificado por Yasuhara & Nokihara (2001).

Os resultados foram submetidos à análise de variância ao nível de 5% de significância. A partir dessa análise utilizou-se o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o Sistema Sisvar (FERREIRA, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O molibdênio (Mo) disponível no solo e na semente foram translocados para os nódulos, como observa-se na Figura 1. Em geral, os solos apresentam teores suficientes desse nutriente para a cultura, assim como, em muitos casos, a quantidade nas sementes é suficiente para atender às necessidades da planta (VIDOR & PERES, 1988). Os teores de Mo nos nódulos mantiveram-se em concentrações baixas ao longo da 3ª, 4ª, 5ª e 6ª semanas, período em que o metabolismo da planta estava no pico máximo, o que explica a sua diluição. A partir da 7ª semana as concentrações de Mo nos nódulos aumentaram gradativamente, provavelmente em razão da diminuição da intensidade da FBN, pois o dreno principal de fotoassimilados são os grãos em fase de enchimento. O teor de Mo nas folhas não variou ao longo das nove semanas, com os teores mantendo-se em níveis baixos (Figura 1).

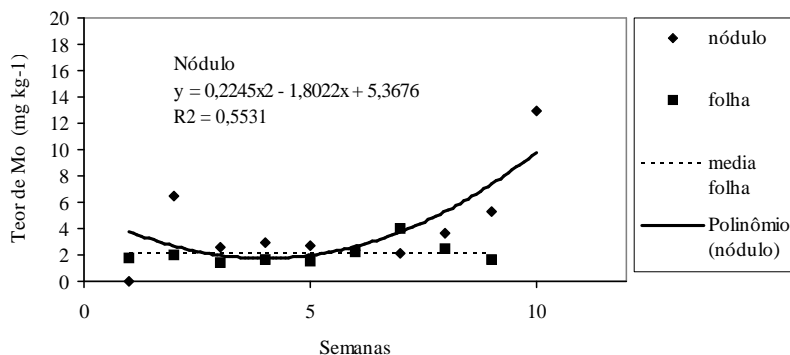


Figura 1 – Teores de Mo nos nódulos e folhas em função da época de avaliação nas plantas do tratamento 1 (sem fornecimento de Co e Mo).

Os teores de Mo nos nódulos atingiram valores da ordem de 15 mg kg^{-1} na primeira semana (estádio V_4), com teor mínimo entre a quinta e sexta semana, nas plantas do tratamento 2 (Co e Mo via semente) (Figura 2). A concentração elevada de Mo nos nódulos, na primeira semana de coleta (estádio V_4), pode ser explicada pelas maiores concentrações desse nutriente nas sementes ($3,85 \text{ mg kg}^{-1}$). Nesse caso, além da disponibilidade de molibdênio no solo houve também a aplicação via sementes. Com a intensificação da FBN, durante o crescimento vegetativo e acúmulo de reservas para enchimento de grãos (semanas 2, 3, 4, 5 e 6), ocorreu uma diminuição na concentração de Mo nos nódulos. A partir da sétima semana aumentou a concentração de Mo nos nódulos, por causa da diminuição da intensidade da FBN, como discutido anteriormente, a partir dos resultados obtidos nas plantas do tratamento 1. As concentrações de Mo nas folhas permaneceram baixas ao longo das semanas avaliadas.

As concentrações de Mo nos nódulos das plantas do tratamento 3 (Co e Mo aplicados no estágio V_4 , 1ª semana) apresentaram, praticamente, o mesmo comportamento em relação aos tratamentos anteriores, com baixas concentrações desse nutriente quando a FBN foi intensa (Figura 3). A partir da 7ª semana pode-se observar um aumento nos teores de Mo nos nódulos, conforme discutido nos tratamentos anteriores. Com relação às folhas, a concentração de Mo foi maior entre a segunda e a quarta semanas, tendo ocorrido, logo em seguida, um ligeiro decréscimo até a décima semana, indicando que o Mo translocou das folhas para os nódulos e grãos. As maiores concentrações ocorridas entre a segunda e quarta semanas devem-se à aplicação de Co e Mo ter ocorrido na primeira semana.

As concentrações de Mo nas folhas das plantas do tratamento 4 (Co e Mo aplicados no estágio V_6 , 2ª semana)

não variaram consideravelmente (Figura 4). Na quarta semana, ocorreu a maior concentração de Mo nas folhas, possivelmente por causa da aplicação de Co e Mo ocorrido na segunda semana. Em seguida, as concentrações desse nutriente nas folhas mantiveram-se em níveis baixos, provavelmente pela translocação de Mo das folhas para os nódulos, que tiveram seus teores aumentados, bem como para os grãos. A concentração de Mo nos nódulos apresentou o mesmo comportamento discutido em tratamentos anteriores. As coletas das amostras de plantas do tratamento 4 foram feitas até a décima primeira semana. A partir da décima semana as plantas apresentavam vagens com grãos formados, o que permitiu obter os teores de Mo nos grãos somente por 2 semanas, não justificando o ajuste da equação de regressão para os grãos.

As concentrações de Mo nas folhas das plantas do tratamento 5 (Co e Mo aplicados no estágio R_1 , 4ª semana) diminuíram, havendo um efeito quadrático dos teores de Mo e das semanas de coleta das amostras, atingindo um valor mínimo entre a nona e décima semana (Figura 5). Nesse período as plantas já apresentavam os grãos formados e os teores de Mo desses aumentaram durante as três semanas de coleta dos grãos. Pela mesma figura, observou-se também que houve translocação de Mo das folhas para os nódulos, atingindo o ponto máximo entre a nona e décima semana, e ao mesmo tempo para os grãos, que estavam sendo formados. As concentrações de Mo nos nódulos mantiveram-se constantes entre a quinta e sexta semana, período em que a FBN ainda era intensa. A partir da sétima semana eles aumentaram consideravelmente, apresentando o mesmo comportamento discutido em tratamentos anteriores. Esse aumento da concentração de Mo nos nódulos ocorreu até a décima semana, a partir de então os nódulos entraram em processo de deterioração, podendo-se observar um declínio nas concentrações desse nutriente.

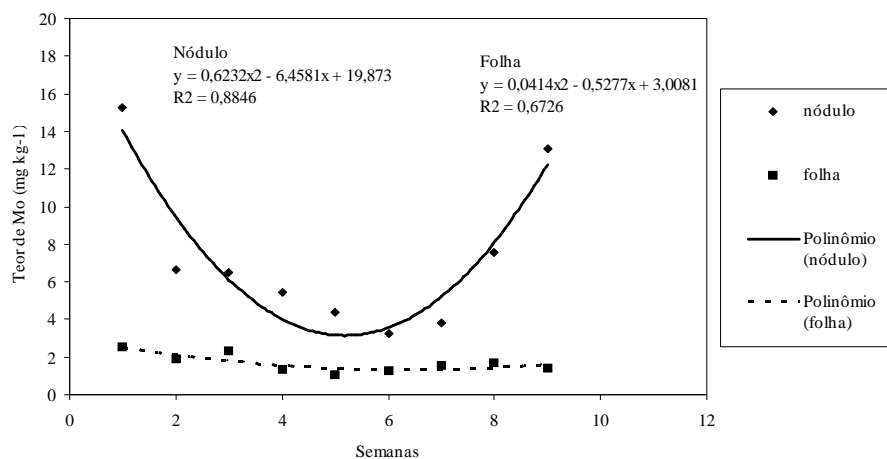


Figura 2 – Teores de Mo nos nódulos e folhas em função da época de avaliação nas plantas do tratamento 2 (Co e Mo via semente).

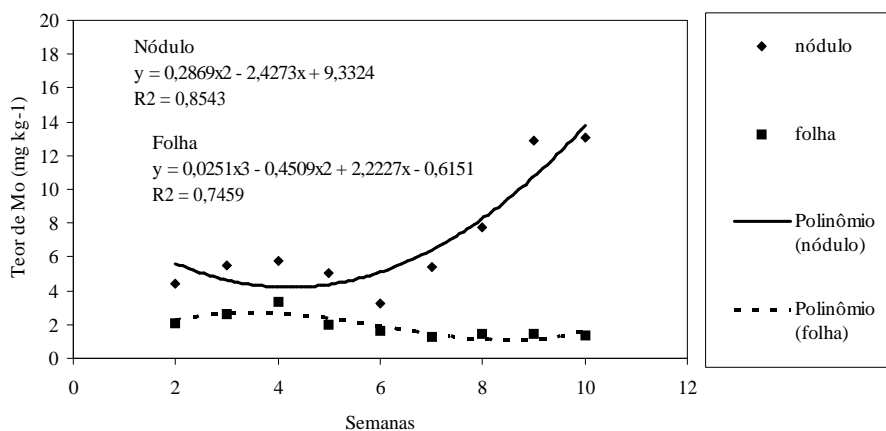


Figura 3 – Teores de Mo nos nódulos e folhas em função da época de avaliação nas plantas do tratamento 3 (Co e Mo no estágio V₄).

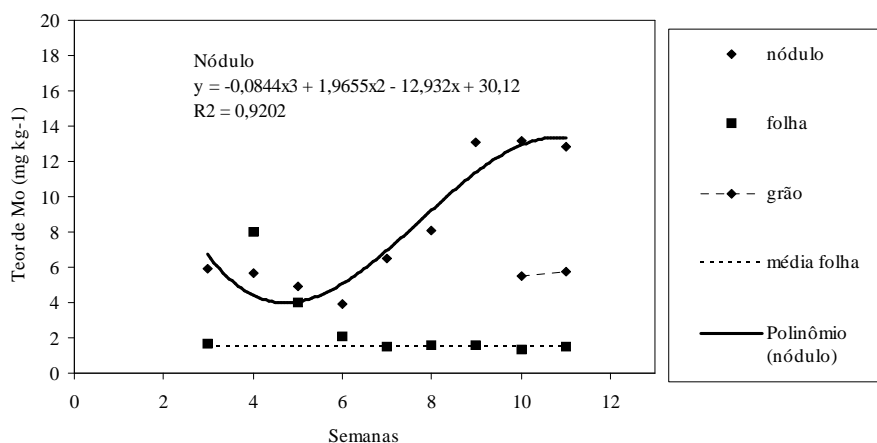


Figura 4 – Teores de Mo nos nódulos e folhas em função da época de avaliação nas plantas do tratamento 4 (Co e Mo no estágio V₆).

Em relação ao tratamento 6 (Co e Mo aplicados no estágio R₃, 5ª semana), observa-se pela figura 6, que houve um comportamento semelhante ao tratamento 5, de que há translocação de Mo das folhas para os nódulos e também para os grãos.

Os teores de Mo nos nódulos das plantas do tratamento 7 (Co e Mo aplicados via semente e no estágio R₃) não variaram muito, apresentando um leve acréscimo a partir da sexta semana (Figura 7). Esse aumento nos teores de Mo nos nódulos se deve provavelmente ao fato de ter-se aplicado 400 g ha⁻¹ de Mo via foliar na quinta semana. Provavelmente, a aplicação de doses elevadas de Mo na fase reprodutiva da planta contribuiu para o enriquecimento das sementes de soja. A partir da sétima semana, os teores

de Mo das folhas diminuiram, indicando a translocação desse nutriente das folhas para as vagens em fase de enchimento de grãos, apesar de não terem sido feitas coletas semanais de grãos nesse tratamento, que foram encerradas na nona semana, enquanto as coletas de vagens com grãos dos demais tratamentos se deram a partir da décima semana.

Rendimento de grãos, teor de nitrogênio e proteína nos grãos

A avaliação de rendimento, teor de nitrogênio e proteína não variou com os tratamentos (Tabela 1). Esses resultados podem ser motivados pela capacidade de suprimento pelos solos, e pela presença de contaminantes contendo micronutrientes em corretivos e fertilizantes

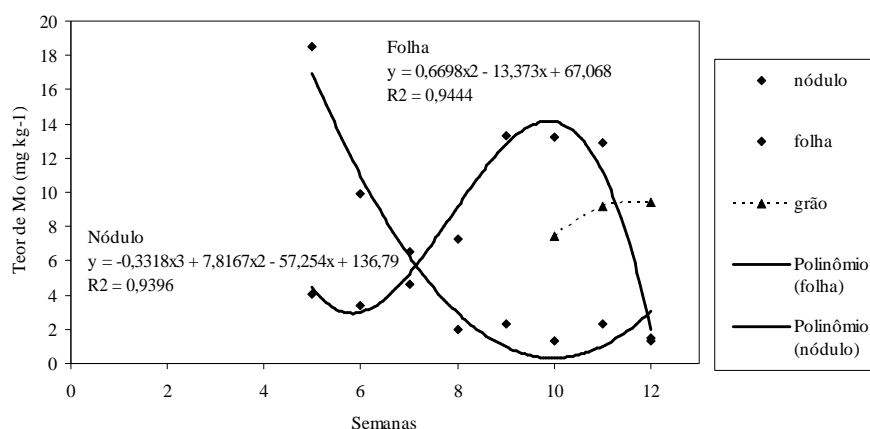


Figura 5 – Teores de Mo nos nódulos e folhas em função da época de avaliação nas plantas do tratamento 5 (Co e Mo no estágio R₁).

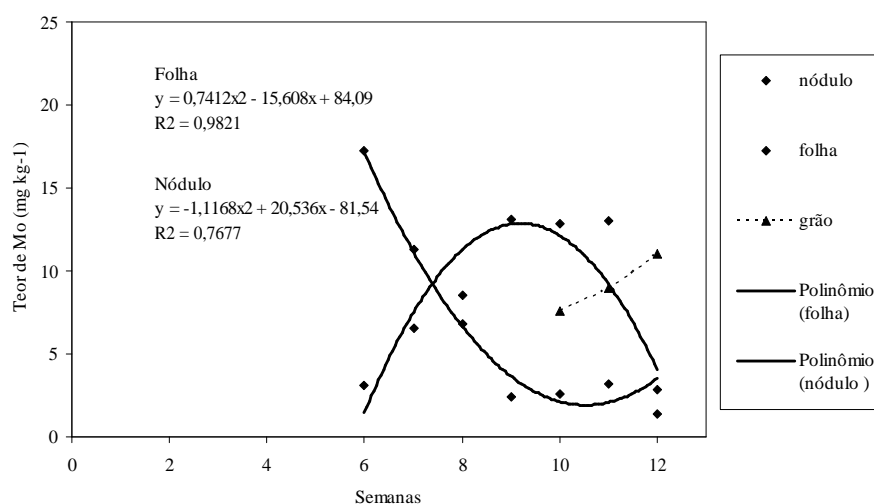


Figura 6 – Teores de Mo nos nódulos e folhas em função da época de avaliação nas plantas do tratamento 6 (Co e Mo no estágio R₃).

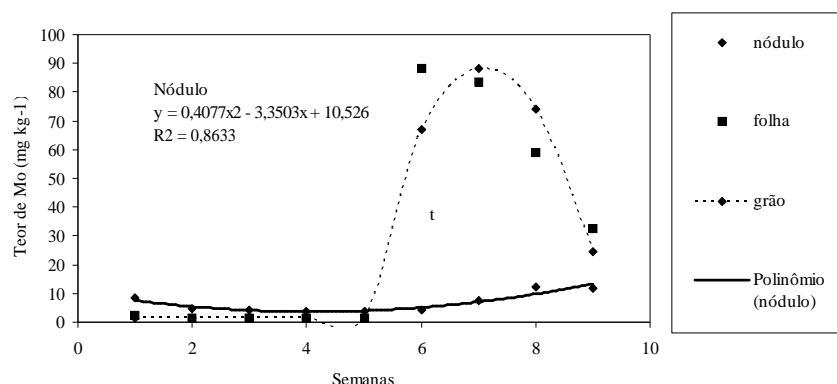


Figura 7 – Teores de Mo nos nódulos e folhas em função da época de avaliação nas plantas do tratamento 7 (Co e Mo via semente e no estádio R₃).

Tabela 1 – Valores médios observados para produtividade, teores de Mo, nitrogênio e proteína bruta, de grãos de soja, cultivar BRSMG 68. UFU, Uberlândia, 2004/2005.

Tratamentos ⁽¹⁾	Produtividade (Kg ha ⁻¹)	N (g kg ⁻¹)	Proteína (unidade)	Mo (mg kg ⁻¹)
1	2839,33 a ⁽²⁾	57,57 a ⁽²⁾	35,98 a ⁽²⁾	2,76 a
2	2686,73 a	57,26 a	35,79 a	4,69 a b
3	2495,13 a	57,09 a	35,68 a	6,48 a b c
4	2574,36 a	57,39 a	35,86 a	6,76 b c
5	2887,61 a	48,93 a	35,13 a	7,98 b c
6	2822,30 a	56,62 a	35,39 a	10,02 c
7	2690,44 a	58,45 a	36,53 a	25,85 d
C.V. (%)	20,16	13,99	3,74	23,53
Média	2713,70	56,19	35,77	9,22

⁽¹⁾1: Testemunha, sem Co e Mo; 2: 2,5 g ha⁻¹ de Co e 80 g ha⁻¹ de Mo, aplicados via semente; 3: 2,5 g ha⁻¹ de Co e 80 g ha⁻¹ de Mo, aplicados via foliar em V₄ da soja; 4: 2,5 g ha⁻¹ de Co e 80 g ha⁻¹ de Mo, aplicados via foliar em V₆; 5: 2,5 g ha⁻¹ de Co e 80 g ha⁻¹ de Mo, aplicados via foliar em R₁; 6: 2,5 g ha⁻¹ de Co e 80 g ha⁻¹ de Mo, aplicados via foliar em R₃; 7: 2,5 g ha⁻¹ de Co e 20 g ha⁻¹ de Mo, aplicados via semente e 400 g ha⁻¹ de Mo, aplicado em R₃.

⁽²⁾Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5%.

CONCLUSÕES

O molibdênio aplicado via foliar transloca-se para os nódulos e para os grãos na fase de granação;

As aplicações de Mo via foliar ou nas sementes não influenciaram o rendimento da cultura, os teores de nitrogênio e de proteína nos grãos;

A aplicação de 400 g ha⁻¹ de Mo no estádio R₃ aumentou os teores nos grãos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BISSANI, C. A.; GIANELLO, C. Utilização de micronutrientes. In: CURSO DE FERTILIDADE DO SOLO

EM PLANTIO DIRETO, 6., 2003, Passo Fundo. **Palestras...** Passo Fundo: Aldeia Norte, 2003. p. 52-63.

CAMPO, R. J.; HUNGRIA, M. Importância dos micronutrientes na fixação biológica do nitrogênio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA MERCOSOJA, 2., 2002, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 2002. p. 355-366. (Documentos, 180).

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação.** Viçosa, 1999. 359 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Conselho Nacional de Pesquisa em Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

FERREIRA, D. F. **Sistema Sisvar para análises estatísticas**. Lavras: UFLA, 2000. Disponível em: <<http://www.dex.ufla.br/~danielff/dff02.htm>>. Acesso em: 20 dez. 2005.

MEAGHER, W. R.; JOHNSON, C. M.; STOUT, P. R. Molybdenum requirements of leguminous plants supplied with fixed nitrogen. **Plant Physiology**, Rockville, v. 27, p. 223-230, 1952.

VIDOR, C.; PERES, J. R. R. Nutrição das plantas com Molibdênio e Cobalto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 17., 1988, Londrina. **Enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira**. Londrina: Embrapa-CNPSO; IAPAR; SBCS, 1988. cap. 8, p. 179-203.

YASUHARA T.; NOKIHARA, K. High-through put analysis of total nitrogen content that replaces the classic Kjeldahl metod. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 49, p. 4581-4583, 2001.