

## NODULAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS ORIUNDAS DE SEMENTES DE SOJA COM ALTOS TEORES DE MOLIBDÊNIO<sup>1</sup>

GUSTAVO LIMA MILANI<sup>2</sup>, JOÃO ALMIR OLIVEIRA<sup>3</sup>, LUIZ HILDEBRANDO CASTRO E SILVA<sup>4</sup>, ÉDILA VILELA DE RESENDE VON PINHO<sup>3</sup>, RENATO MENDES GUIMARÃES<sup>3</sup>

RESUMO - O fornecimento de molibdênio às plantas é feito, na maioria das vezes, por meio do tratamento de sementes. Contudo, a utilização de sementes enriquecidas com Mo é uma alternativa viável. Nesse trabalho, foram avaliados a nodulação e o desenvolvimento das plantas de soja oriundas de sementes de plantas que receberam aplicação foliar de diferentes doses de Mo. O Mo foi fornecido por meio de aplicações foliares durante o processo de maturação, em aplicação única e parcelada em duas vezes, entre os estádios R5.2 e R5.4, em dois ensaios, em Lavras, MG e Ituiutaba, MG. Posteriormente, estas sementes foram semeadas em vasos, mantidos em casa de vegetação e as plantas avaliadas no estágio R1. Os tratamentos com molibdato de sódio (39% de Mo) foram: 1 aplicação de 1000g.ha<sup>-1</sup>, 1 aplicação de 800g.ha<sup>-1</sup>, 1 aplicação de 600g.ha<sup>-1</sup>, 1 aplicação de 400g.ha<sup>-1</sup>, 2 aplicações de 500g.ha<sup>-1</sup>, 2 aplicações de 400g.ha<sup>-1</sup>, 2 aplicações de 300g.ha<sup>-1</sup>, 2 aplicações de 200g.ha<sup>-1</sup>, testemunha (sem Mo) e testemunha + Mo por meio do tratamento de sementes convencional, na dosagem de 3 mL.kg<sup>-1</sup> de sementes. Os ensaios foram instalados no delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. Foram avaliados: teor de Mo na semente, altura de planta, matéria seca de parte aérea e raiz, número e peso seco de nódulos por plantas e teor de nitrogênio na folha. O teor de Mo nas sementes é crescente com a dose aplicada nas plantas e independe da aplicação em dose única ou parcelada. O contato das sementes com a solução de Mo diminuiu o número de nódulos por plantas. O acúmulo de Mo nas sementes não prejudica a nodulação e também não interfere no desenvolvimento da planta. Plantas provenientes de sementes enriquecidas ou tratadas com Mo possuem maior acúmulo de N nas folhas.

Termos para indexação: *Glycine max*, enriquecimento, nódulos.

### NODULATION AND DEVELOPMENT OF PLANTS DERIVED FROM SOYBEAN SEEDS WITH HIGH MOLYBDENUM CONTENT

ABSTRACT - Molybdenum is supplied to plants mainly through seed treatment, although the use of seeds enriched with Mo is a possible alternative. In the present study nodulation and development of soybean plants derived from seeds of plants that received leaf application of different rates of Mo was evaluated. The Mo was supplied through of leaf applications during the maturation process, in a single or divided application, made between the R5.2 and R5.4 stages, in two trials, in Lavras, MG and Ituiutaba, MG. Later these seeds were sown in pots, kept in a greenhouse and the plants were evaluated at the R1 stage. The molybdenum (39% Mo) treatments were: 1 application of 1000g.ha<sup>-1</sup>; 1 application of 800g.ha<sup>-1</sup>; 1 application of 600g.ha<sup>-1</sup>; 1 application of 400g.ha<sup>-1</sup>; 2 applications of 500g.ha<sup>-1</sup>; 2 applications of 400g.ha<sup>-1</sup>; 2 applications of 300g.ha<sup>-1</sup>; 2 applications of 200g.ha<sup>-1</sup>;

<sup>1</sup>Submetido em 13/04/2007. Aceito para publicação em 04/10/2007. Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor, apresentada a UFLA. <sup>2</sup>Eng. Agrº., pós graduando em Agronomia do Departamento de Agricultura/Setor de Sementes, UFLA. glimamilani@yahoo.com.br; <sup>3</sup>Professor(a) Adjunto

do Departamento de Agricultura/Setor de Sementes, UFLA. C.P. 37, CEP 37200-000, Lavras, MG. sementes@ufla.br. <sup>4</sup>Eng. Agrº., pós graduando em Agronomia do Departamento de Agricultura/Setor de Sementes, UFLA. luizhildebrando@yahoo.com.br

check (without Mo) and check + Mo through seed treatment. The assays were made in a randomized complete block design, with four replications. The following were evaluated: the Mo contents in the seed, plant height, plant canopy and root dry matter, nodules and nodule dry matter per plant and leaf nitrogen content. The Mo content in the seed increased with the rate applied in plants whether in a single or divided application. The direct treatments of seeds with the Mo solution decreased the number of nodules per plant. The Mo accumulation in soybean seeds did not damage the nodulation and did not interfere in the plant development. Plants derived from enriched seeds or seeds treated with Mo have greater N accumulation in the leaves.

Index terms: *Glycine max*, seed enrichment, nodules.

## INTRODUÇÃO

Uma característica importante da planta de soja é a sua capacidade de fixar nitrogênio atmosférico, por meio do processo de fixação biológica de nitrogênio (FBN), resultante da simbiose com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*. Esta característica torna viável o cultivo da soja, pois, sem a FBN, seriam necessários aproximadamente, 240 kg.ha<sup>-1</sup> de N para uma produção esperada de 3000 kg.ha<sup>-1</sup>, o que causaria um aumento expressivo no custo de produção da soja (Hungria et al., 2001). Baseado nisso, é necessário aprimorar o processo de FBN desta leguminosa.

Devido à sua grande importância no processo de FBN, o molibdênio é, dentre os micronutrientes exigidos pela soja, o que apresenta resposta mais freqüente e consistente na produtividade, não sendo exportado pelos grãos em maior quantidade (Fundação MT, 2004; Vargas e Hungria, 1997). Outra característica de plantas bem nutridas com Mo é um maior teor de proteína acumulado nos grãos, principalmente para a cultura da soja (Sfiredo et al., 1997).

Dentro do processo de fixação biológica de nitrogênio, o molibdênio participa como um dos catalizadores da enzima nitrogenase, que é responsável pela transformação do N atmosférico em amônia. Esse elemento também participa do complexo enzimático da nitrato redutase, responsável pela assimilação do nitrato pelas plantas, atuando como doador de elétrons (Taiz e Zeiger, 2004).

O fornecimento de Mo às plantas é feito, em grande parte, por meio do tratamento de sementes. Contudo, em vários estudos concluiu-se que a aplicação do Mo via semente reduz a nodulação e a eficiência da FBN, e uma das alternativas para solucionar este problema é a aplicação do mesmo via foliar (Hungria et al., 2001; Moreira e Siqueira, 2002; Câmara et al., 2002). Outra alternativa seria a utilização de sementes

enriquecidas. Desta forma, as sementes seriam enriquecidas com Mo pela translocação desse elemento durante o período de formação da mesma (Gurley e Giddens, 1969; Campo e Hungria, 2003).

Voss et al. (1995) afirmaram que sementes de soja enriquecidas com molibdênio dispensam a adubação com o mesmo. Campo e Hungria (2003) constataram que plantas de soja oriundas de sementes com elevado teor deste micronutriente têm uma maior eficiência no processo de fixação biológica de nitrogênio e maior rendimento.

O teor de molibdênio que ocorre, normalmente, nos grãos de soja é de 1 a 2 µg.g<sup>-1</sup> e essa concentração não é suficiente para suprir devidamente a planta (EMBRAPA, 2001). Vieira et al. (2002), estudando o acúmulo de molibdênio em sementes de feijão, por meio de aplicações foliares, constataram que a aplicação de altas doses de Mo (1.440 g.ha<sup>-1</sup>) não foi tóxica para a cultura e que sementes provenientes destas plantas podem conter até 13 vezes mais Mo em relação àquelas que não receberam este tratamento. Relataram, ainda, que plantas provenientes destas sementes podem ser mais bem nutridas em N e se desenvolverem melhor. Também Fontes et al. (2002) afirmam que a concentração de proteína na matéria seca das sementes de feijão foi influenciada pelas doses de Mo e pelo seu conteúdo nas sementes utilizadas na semeadura.

Em estudo que avaliava a necessidade de adubação molibídica em soja, Voss et al. (2002) utilizaram vários lotes de sementes com diferentes teores de Mo. Contudo, em nenhum lote as sementes continham Mo na quantidade necessária para dar origem a plantas auto-suficientes, e, em todos os lotes, a adubação com Mo foi necessária. Resultados semelhantes foram encontrados por Ferreira et al. (2003) que, estudando sementes de feijão provenientes de plantas adubadas com Mo, com o objetivo de verificar

se estas conteriam o teor de Mo necessário ao crescimento e desenvolvimento normal da geração posterior, concluíram que a produtividade não foi influenciada pelo teor desse nas sementes. Contudo, em todos os lotes de sementes usados, o maior teor de Mo encontrado foi  $0,535 \mu\text{g.semente}^{-1}$ , sendo o nível satisfatório para o feijoeiro se desenvolver sem a necessidade de adubação complementar é de  $3,51 \mu\text{g.semente}^{-1}$ .

O enriquecimento de sementes de soja pode ser feito, com sucesso, por meio de aplicações foliares de Mo (Campo e Hungria, 2003). A melhor época de aplicação foliar de Mo situou-se entre os estádios de formação dos grãos (R5.1) e enchimento dos grãos (até R5.4) (Jacob-Neto e Franco, 1995).

O enriquecimento de sementes é uma técnica nova e pouco estudada, por isso, pouco se sabe sobre a eficiência de sementes enriquecidas com Mo na nodulação das plantas por elas geradas. Desse modo, neste trabalho, objetivou-se avaliar o efeito da adubação foliar com Mo durante o processo de maturação, com subsequente acúmulo desse nutriente nas sementes, na nodulação e no desenvolvimento de plantas de soja.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Local de condução dos experimentos

Os trabalhos foram conduzidos no Laboratório de Análises de Sementes (LAS) da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e em áreas experimentais em Lavras, MG (Ensaio 1) e Ituiutaba, MG (Ensaio 2).

#### Ensaio 1

Este ensaio foi conduzido na área experimental do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA). A cidade está localizada na região Sul de Minas Gerais, latitude  $21^{\circ}14'S$  e longitude  $40^{\circ}17'W$  e a 918 m de altitude.

O material genético utilizado foram sementes de soja da cultivar Conquista, produzidas pela Sementes Farroupilha. As sementes foram tratadas com o fungicida Tegrin<sup>®</sup>, na dosagem de 200g/100 kg de sementes, com CO-MO<sup>®</sup> (cobalto-molibdênio), na dosagem de  $3 \text{ mL.kg}^{-1}$  de sementes e inoculadas com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, utilizando-se o inoculante turfoso Masterfix Soja (SEMIA 5019 E SEMIA 5079) com concentração mínima de  $5 \times 10^9$  células viáveis/grama, numa dosagem de 200g/50 kg de sementes. Após a inoculação, procedeu-se a semeadura no

campo. O solo foi preparado convencionalmente. A semeadura foi realizada na segunda quinzena do mês de novembro de 2005, em sulcos, a quatro centímetros de profundidade. Cada parcela foi constituída de 4 linhas de 5 m de comprimento, espaçadas 0,50 m entre linhas, considerando-se como área útil as duas linhas centrais.

Foram distribuídas 20 sementes por metro linear, realizando-se o desbaste da parcela útil 30 dias após a semeadura, deixando-se 60 plantas por linha. Utilizou-se a formulação 0-18-20 de NPK na semeadura, na dosagem de  $300 \text{ kg.ha}^{-1}$ , e realizou-se a capina manual para controle de plantas invasoras aos 15 e 30 dias após o plantio. A partir daí, foram realizadas uma pulverização com Tamaron BR<sup>®</sup>, na dosagem de  $500 \text{ mL.ha}^{-1}$ , para o controle de diabrotica e duas pulverizações com Sphere<sup>®</sup>, na dosagem de  $400 \text{ mL.ha}^{-1}$  e  $200 \text{ L.ha}^{-1}$  de calda, para o controle da ferrugem asiática (*Phakopsora pachirizi*).

Neste experimento, foram produzidas as sementes enriquecidas com Mo, a partir da aplicação foliar de molibdato de sódio (39% de Mo), com diferentes doses em uma única aplicação ou esta mesma dose parcelada em duas aplicações. As doses aplicadas foram 1000g, 800g, 600g, 400g e 0g (testemunha) de Mo, por hectare. A aplicação única foi realizada no estádio de desenvolvimento R 5.2 e, no caso da parcelada, em duas aplicações, realizadas nos estádios R 5.2 e R 5.4. O volume de calda utilizado foi de  $400 \text{ L.ha}^{-1}$ , em aplicações feitas por meio de bomba manual de alta pressão (1,5 L).

A colheita das sementes ocorreu manualmente, com o arranquio da plantas da parcela útil, quando as sementes atingiram 15% de grau de umidade. As plantas foram secadas ao sol e, quando as sementes se encontraram com umidade próxima de 13% realizou-se a debulha manual. Após a limpeza das sementes, por meio de peneiras, determinaram-se o peso e o grau de umidade das mesmas. As mesmas foram embaladas em sacos de papel e armazenadas em câmara fria, a  $10^{\circ}\text{C}$  e 50% de UR, até a realização das análises.

#### Ensaio 2

Este ensaio foi conduzido na Fazenda Bebedouro, no município de Ituiutaba, MG. A cidade está localizada na região do Pontal do Triângulo Mineiro, latitude  $19^{\circ}00'S$  e longitude  $49^{\circ}29'W$  e a 605 m de altitude.

O material genético utilizado foram sementes de soja da cultivar CD-215, produzidas pela COODETEC. As sementes foram tratadas com o fungicida Vitavax-Thiram<sup>®</sup> na dosagem de 250g/100 kg de sementes, GRAP 165 JE<sup>®</sup> (cobalto-molibdênio), na dosagem de  $1,6 \text{ mL.kg}^{-1}$  de sementes e

inoculadas com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, utilizando-se o inoculante turfoso AGROCETE® (SEMIA 5019 E SEMIA 587) com concentração mínima de  $1 \times 10^9$  células viáveis/grama, numa dosagem de 500 g/50 kg de sementes. Após a inoculação, procedeu-se a semeadura no campo. A área foi dessecada com Glifosato Nortox®, na dosagem de  $4,0 \text{ L.ha}^{-1}$ , 3 dias antes da semeadura. A semeadura foi realizada na primeira quinzena do mês de dezembro de 2005, a quatro centímetros de profundidade, no método de semeadura direta. Cada parcela foi constituída de 4 linhas de 5 m de comprimento, espaçadas 0,45 m entre linhas, considerando-se como área útil as duas linhas centrais.

Foram distribuídas 16 sementes por metro linear. Após a emergência de plântulas, o estande permaneceu com 60 plantas por linha, sem necessidade de desbaste. Foi utilizada a formulação 2-20-10 de NPK na semeadura, na dosagem de  $250 \text{ kg.ha}^{-1}$ . O controle de plantas invasoras foi feito com os herbicidas pós-emergentes Cobra® e Gallant R®, nas doses de  $400 \text{ mL.ha}^{-1}$ . A partir daí, foram realizadas uma pulverização com Galaxy®, na dosagem de  $50 \text{ mL.ha}^{-1}$  e Cipermetrina Nortox®, na dosagem de  $50 \text{ mL.ha}^{-1}$ , e duas pulverizações para o controle da ferrugem asiática (*Phakopsora pachirizi*), a primeira com Sphere®, na dosagem de  $400 \text{ mL.ha}^{-1}$  e a segunda com Folicur®, na dosagem de  $500 \text{ mL.ha}^{-1}$ . Uma pulverização adicional foi feita para o controle de percevejos com Tamaron BR®, na dosagem de  $500 \text{ mL.ha}^{-1}$ . Em todas as pulverizações, foram utilizados  $200 \text{ L.ha}^{-1}$  de calda.

Neste experimento foram produzidas as sementes enriquecidas com Mo, seguindo-se a mesma metodologia, produto e dosagens do ensaio 1. A colheita e o processamento pós-colheita também foram os mesmos adotados no ensaio 1.

#### **Avaliação do teor de Mo nas sementes**

A análise do teor de molibdênio nas sementes foi realizada no Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA) da USP, campus de Piracicaba, SP. As amostras foram moídas e submetidas à digestão nitro-perclórica, com posterior leitura em aparelho de espectrometria de emissão ótica acoplado indutivamente ICP OES, Perkin Elmer (Optima 3000 DV).

#### **Avaliação da plantas em casa de vegetação**

Foi avaliado o efeito do Mo contido na semente sobre o desenvolvimento e a nodulação das plantas de soja. O experimento foi instalado em casa de vegetação, com temperatura controlada para  $28^\circ\text{C}$ . O substrato utilizado nos vasos foi composto por areia + solo na proporção de 1:1,

sendo o solo proveniente da área experimental da UFPA. O experimento foi instalado na segunda quinzena de outubro de 2006. Cada parcela constou de um vaso, no qual foram distribuídas 6 sementes, realizando-se o desbaste 17 dias após a semeadura, deixando-se 2 plantas em cada vaso. As sementes foram inoculadas com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, utilizando-se o inoculante turfoso Masterfix Soja (SEMIA 5019 E SEMIA 5079), com concentração mínima de  $5 \times 10^9$  células viáveis/grama, numa dosagem de 200 g/50 kg de sementes. Foi utilizada a formulação 0-18-20 de NPK para adubação do substrato, na dosagem de  $300 \text{ kg.ha}^{-1}$ , por ocasião da semeadura. Foram realizadas uma pulverização com Tamaron BR®, na dosagem de  $800 \text{ mL.ha}^{-1}$ , para o controle de ácaros, e uma pulverização com Sphere®, na dosagem de  $400 \text{ mL.ha}^{-1}$ , para o controle da ferrugem asiática (*Phakopsora pachirizi*). Foram utilizados volume de calda igual a  $200 \text{ L.ha}^{-1}$ .

Quando as plantas se encontravam no estágio de desenvolvimento R1, elas foram retiradas do vaso para as avaliações da eficiência da fixação biológica de nitrogênio, por meio da nodulação, pois, de acordo com Hungria et al. (1997), neste estágio, a planta de soja apresenta a nodulação máxima. As avaliações realizadas foram as descritas a seguir.

#### **Altura de plantas**

Altura média das plantas de cada parcela foi obtida pela medição, em centímetros, do colo da planta até a extremidade apical da haste principal.

#### **Matéria seca de parte aérea e de raiz**

As plantas foram cortadas rentes ao solo e separadas em parte aérea e raiz. A parte aérea foi acondicionada em sacos de papel e levadas à estufa com circulação forçada de ar, regulada a temperatura de  $50^\circ\text{C}$ , até atingir peso constante. As raízes foram lavadas em água corrente e, em seguida, acondicionadas em sacos de papel e levadas à estufa nas mesmas condições acima citadas. Após atingir peso constante, foram calculadas as massas secas de parte aérea e de raiz, sendo os resultados expressos em gramas por planta.

#### **Número e peso da matéria seca dos nódulos por planta**

Após coleta, lavagem e secagem das raízes, os nódulos foram contados. Os dados foram resultantes da média das duas plantas, de cada parcela, e expressos em números de nódulos por planta ( $n^\circ \text{ nod.planta}^{-1}$ ). Após a secagem das raízes, os nódulos foram destacados e pesados em balança

digital. Os dados foram resultantes da média das duas plantas, de cada parcela, e expressos em  $\text{mg.planta}^{-1}$ .

### Teor de nitrogênio nas folhas

Após a secagem da plantas em estufa com circulação forçada de ar, regulada a temperatura de  $50^{\circ}\text{C}$ , até atingir peso constante, foram coletadas as folhas do terceiro e quarto nó da planta a partir do ápice (Potafos, 2006). Em seguida, estas foram moídas (em moinho de inox) e armazenadas em frascos hermeticamente fechados. As amostras foram, então, submetidas à digestão com ácido sulfúrico, destilação e titulação para a obtenção do teor de N, expresso em porcentagem, conforme metodologia indicada por Malavolta et al. (1997).

### Delineamento experimental

O delineamento foi o mesmo para os dois ensaios de campo, sendo em blocos casualizados (DBC) com quatro repetições. Para avaliar o teor de Mo nas sementes utilizou-se o esquema fatorial  $5 \times 2$ , sendo os fatores: doses de Mo em aplicação foliar (1000g de Mo, 800g de Mo, 600g de Mo, 400g de Mo e 0g de Mo por hectare) e aplicação (única e a mesma dose parcelada em duas aplicações). Utilizou-se a análise de regressão para o estudo das doses e a comparação entre médias para a aplicação.

Para as avaliações altura de plântula, matéria seca de parte aérea e raiz, número e peso seco de nódulos, utilizou-se de análise simples com 10 tratamentos para as sementes de cada ensaio de campo. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados (BDC). Os tratamentos do experimento em casa de vegetação foram os seguintes: sementes enriquecidas com Mo do ensaio 1 com 1 aplicação de 1000g, 1 aplicação de 800g, 1 aplicação de 600g, 1 aplicação de 400g, 2 aplicações de 500g, 2 aplicações de 400g, 2 aplicações de 300g, 2 aplicações de 200g, testemunha (sem Mo) e testemunha + Mo por meio do tratamento de sementes convencional, na dosagem de  $3 \text{ mL.kg}^{-1}$  de sementes. Os mesmos tratamentos ocorreram para as sementes oriundas do ensaio 2. As médias foram comparadas pelo teste de Scott Knott. O programa estatístico utilizado foi Sisvar (Ferreira, 2000).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Avaliação do teor de Mo nas sementes enriquecidas

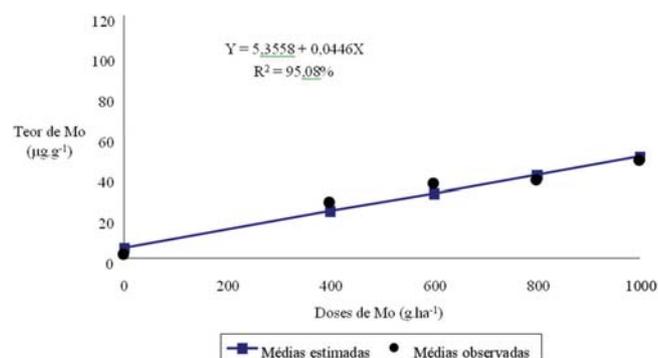
Conforme os resultados da análise de variância dos dados, houve diferença significativa, pelo teste de F, para

o teor de Mo acumulado na semente em função das doses aplicadas na “planta-mãe” durante o processo de maturação da semente. Este resultado foi observado tanto nas sementes produzidas em Lavras como nas produzidas em Ituiutaba. Contudo, para a aplicação única e parcelada em duas vezes, não houve diferença significativa. A interação das doses com a aplicação também não foi significativa. Esses resultados foram observados nos dois ensaios.

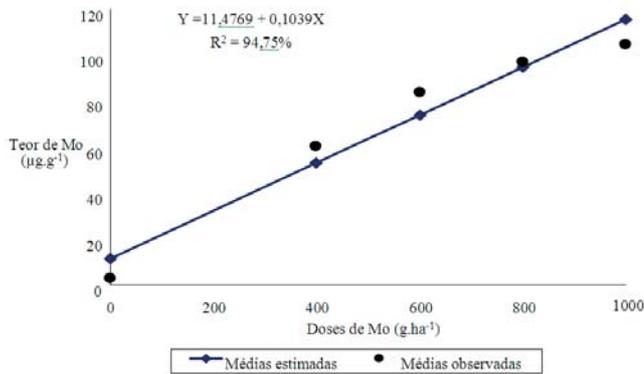
Segundo Campo e Hungria (2003), o enriquecimento de sementes de soja pode ser feito, com sucesso, por meio de aplicações foliares de Mo, e aplicações parceladas em duas vezes apresentam resposta significativa quando comparadas com uma aplicação. Este resultado não foi observado neste trabalho, pois não houve diferença significativa nas aplicações.

A aplicação de doses crescentes de molibdato nas plantas proporcionou um aumento linear e crescente do teor de Mo nas sementes, tanto para as sementes produzidas em Lavras como para as produzidas em Ituiutaba (Figuras 1 e 2). Entretanto, nas sementes da cultivar CD-215 que foram produzidas em Ituiutaba foi observado um acúmulo mais acentuado de Mo, em relação à cultivar Conquista, que foi produzida em Lavras. Para a cultivar CD-215, na maior dose aplicada ( $1000 \text{ g.ha}^{-1}$ ), foram acumulados  $104,65 \mu\text{g.g}^{-1}$  e para a cultivar Conquista, houve um acúmulo de apenas  $48,05 \mu\text{g.g}^{-1}$ , nesta mesma dosagem. As diferenças observadas na acumulação de Mo entre as cultivares, embora expressivas, não podem ser, nesse trabalho, atribuídas exclusivamente a fatores genéticos próprios das cultivares, já que o cultivo foi realizado em diferentes locais, clima e tecnologia de manejo. Provavelmente esta acumulação deve acontecer por influências de fatores genéticos e ambientais.

**FIGURA 1. Equação de regressão linear para o teor de Mo nas sementes de soja colhidas no ensaio 1, cultivar Conquista/Lavras, e enriquecida em função da dose de Mo aplicada. UFLA, Lavras, MG, 2007.**



**FIGURA 2. Equação de regressão linear para o teor de Mo nas sementes de soja colhidas no ensaio 2, cultivar CD-215/Ituiutaba, e enriquecida em função da dose aplicada. UFLA, Lavras, MG, 2007.**



Os resultados obtidos neste trabalho estão de acordo com aqueles obtidos por Campo e Hungria (2004), os quais estudaram a aplicação de 3 doses de Mo: 800, 1200 e 1600 g.ha<sup>-1</sup>. O maior acúmulo foi proporcionado pela dose de 1600 g.ha<sup>-1</sup>, na qual as sementes acumularam um teor médio de 29,6 µg.g<sup>-1</sup>. Outro relato interessante evidenciado por Leite et al. (2002) e Ferreira et al. (2003) é de que o teor de Mo encontrado nas sementes de feijoeiro por eles estudados foi proporcional às doses do mesmo aplicadas na planta-mãe.

Segundo Harris et al. (1965), sementes de soja que continham teores de Mo de 22,4 µg.g<sup>-1</sup> foram tidas como

auto-suficientes em relação a este nutriente, pois as plantas originadas por elas se desenvolveram normalmente em solos com diversos graus de deficiência de Mo. Nos dois ensaios realizados, mesmo na menor dose aplicada (400 g.ha<sup>-1</sup>), as sementes continham teores superiores ao considerado suficiente, segundo estes autores.

Conforme dados apresentados na Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul (2001), o teor de molibdênio que ocorre normalmente nas sementes de soja é de 1 a 2 µg.g<sup>-1</sup>, valor próximo ao encontrado nas testemunhas dos dois ensaios. Entretanto, essa concentração não é suficiente para suprir devidamente a planta.

### Avaliação da plantas em casa de vegetação

Conforme os resultados da análise de variância referentes aos ensaios 1 e 2, não houve diferença significativa para as variáveis matéria seca de parte aérea (MSPA), matéria seca de raiz (MSR) e peso seco de nódulos por planta (PSNP). Este resultado demonstra que o teor de Mo contido na semente, em função da dose aplicada, não influenciou nesses parâmetros, resultados observados nos dois ensaios. Já para a variável altura de plantas, no ensaio 1, cv. Conquista, (Tabela 1), houve diferença significativa entre os tratamentos. Nos tratamentos 1 x 600g, 1 x 400g, 2 x 500g, 2 x 300g e 2 x 200g foram observados valores de altura de plantas superiores aos demais (Tabela 1), e no ensaio 2, cv. CD-215, não houve diferença significativa entre os tratamentos para esta variável (Tabela 2).

**TABELA 1. Altura de plantas (cm), matéria seca de parte aérea (MSPA) e matéria seca de raiz (MSR) em gramas, número de nódulos por planta, peso seco de nódulos por planta (PSNP) em mg.planta<sup>-1</sup> e teor de N na folha (%), de plantas de soja oriundas de sementes do ensaio 1, cultivar Conquista/Lavras, e enriquecidas com diferentes doses de Mo. UFLA, Lavras, MG, 2007.**

Tratamento	Altura	MSPA	MSR	Nº Nódulos	PSNP	Teor de N
1 x 1000g	38,31 b	10,28 a	3,97 a	78,75 a	471,25 a	3,37 a
1 x 800g	38,81 b	10,93 a	3,98 a	71,00 a	428,75 a	3,67 a
1 x 600g	41,50 a	11,41 a	4,12 a	72,50 a	446,25 a	3,41 a
1 x 400g	41,25 a	11,43 a	4,21 a	71,75 a	461,25 a	3,69 a
2 x 500g	42,12 a	11,77 a	4,00 a	81,50 a	461,25 a	3,63 a
2 x 400g	38,50 b	9,71 a	3,20 a	71,25 a	401,25 a	3,41 a
2 x 300g	41,43 a	12,71 a	4,30 a	77,50 a	481,25 a	3,57 a
2 x 200g	40,43 a	10,32 a	3,11 a	66,50 a	382,50 a	3,46 a
Testemunha	35,81 b	9,47 a	3,56 a	81,00 a	445,00 a	2,55 b
Test. + Mo	36,62 b	9,76 a	3,52 a	51,50 b	368,75 a	3,53 a

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo Teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade.

**TABELA 2. Altura de plantas (cm), matéria seca de parte aérea (MSPA) e matéria seca de raiz (MSR) em gramas, número de nódulos por planta, peso seco de nódulos por planta (PSNP) em mg.planta<sup>-1</sup> e teor de N na folha (%), de plantas de soja oriundas de sementes do ensaio 2, cultivar CD-215/Ituiutaba, enriquecidas com diferentes doses de Mo. UFLA, Lavras, MG, 2007.**

Tratamento	Altura	MSPA	MSR	Nº Nodulos	PSNP	Teor de N
1 x 1000g	27,81 a	10,32 a	3,43 a	83,00 a	367,50 a	3,60 a
1 x 800g	34,75 a	11,42 a	3,78 a	74,25 a	415,00 a	3,39 a
1 x 600g	30,43 a	9,33 a	3,06 a	78,00 a	352,50 a	3,42 a
1 x 400g	30,68 a	9,58 a	3,13 a	66,25 a	326,25 a	3,37 a
2 x 500g	31,00 a	11,05 a	3,48 a	75,25 a	392,50 a	3,19 a
2 x 400g	32,43 a	12,28 a	3,72 a	76,00 a	418,75 a	3,07 a
2 x 300g	34,37 a	12,08 a	3,93 a	77,25 a	455,00 a	3,24 a
2 x 200g	30,12 a	10,12 a	3,27 a	72,25 a	335,00 a	3,45 a
Testemunha	28,87 a	8,57 a	3,08 a	71,50 a	420,00 a	2,59 b
Test. + Mo	29,93 a	9,65 a	3,41 a	45,25 b	410,00 a	3,43 a

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo Teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade.

Para o parâmetro número de nódulos por planta, não houveram diferenças significativas entre os tratamentos para os resultados nos dois ensaios, a não ser quando as sementes foram tratadas diretamente com Mo (Testemunha + Mo), foi observado o menor número de nódulos, sendo 51,50 no ensaio 1 e 45,25 no ensaio 2 (Tabelas 1 e 2). Esse menor valor no número de nódulos por planta observado nos dois ensaios pode ser resultante do efeito tóxico do Mo quando aplicado juntamente com o inóculo nas sementes, promovendo uma redução da população de bactérias responsáveis pela nodulação, resultando em um menor número de nódulos por planta. O mesmo foi observado por Gault e Brockwell (1980) que afirmaram que o contato direto de sementes inoculadas com soluções contendo Mo aumentou a mortalidade de *Rhizobium* e diminuiu, com isso, a nodulação.

Para o teor de nitrogênio nas folhas, houve diferença significativa entre as testemunhas e os demais tratamentos, resultado observado nos dois ensaios. Observa-se, nas plantas oriundas de sementes que não foram enriquecidas com Mo (testemunha) menor concentração de N, 2,55% no ensaio 1 e 2,59% no ensaio 2 (Tabelas 1 e 2), diferindo das demais que foram superiores. De acordo com Sfredo (2001), valores de N inferiores a 3,25 são considerados deficientes para a planta de soja. Neste sentido, os resultados encontrados no presente trabalho estão de acordo com os relatados na Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul (2001), segundo os quais o teor de Mo normalmente encontrados nas sementes de soja não é suficiente para suprir devidamente a planta.

Os demais tratamentos não apresentaram diferença significativa para esta variável. Isto demonstrou que as sementes enriquecidas com diferentes doses de Mo não apresentaram médias com diferenças estatísticas em relação ao tratamento feito no método convencional, isto é, no tratamento de sementes. Esses resultados corroboram com as afirmações feitas por Vieira et al. (2002), os quais relataram que o teor de N na folha é reflexo de todo o processo de fixação biológica de nitrogênio e que plantas provenientes de sementes que contenham maior teor de Mo podem ser mais bem nutridas em N.

Entretanto, é necessário relatar que tanto as plantas oriundas das sementes enriquecidas quanto as provenientes de sementes tratadas com Mo não apresentaram teores de N nas folhas, considerados como suficientes ou médios para a planta de soja conforme Sfredo et al. (2001), resultado observado nos dois ensaios (Tabelas 1 e 2). Isto ocorreu, provavelmente, pelo fato de as plantas terem crescido em vasos e em casa de vegetação e ter sido avaliado no início da fase reprodutiva da planta.

Os resultados obtidos neste trabalho estão de acordo com o observado por Harris et al. (1965), que afirmam que sementes de soja com teor de Mo de 22,4 µg.g<sup>-1</sup> foram suficientes para que suas progênies se desenvolvessem normalmente em solos com diversos graus de deficiência desse elemento, mostrando que estas podem ser tidas como auto-suficientes em Mo. Deve-se ressaltar que as sementes deste experimento são consideradas auto-suficientes em Mo

quando comparadas com as sementes tratadas com a solução deste, na dose recomendada.

## CONCLUSÕES

O teor de Mo nas sementes de soja é crescente com a dosagem deste nutriente aplicada nas plantas e independe da aplicação em dose única ou parcelada.

O contato direto das sementes com solução de Mo na dosagem recomendada, prejudica a nodulação, diminuindo o número de nódulos por plantas, e o acúmulo deste elemento na semente é menor do que quando aplicado via foliar.

A aplicação foliar de Mo durante o processo de maturação das sementes, visando ao enriquecimento das sementes, não prejudica a nodulação e também não interfere no desenvolvimento da planta.

Plantas provenientes de sementes de soja enriquecidas ou tratadas com Mo possuem maior acúmulo de N nas folhas.

## REFERÊNCIAS

- ADUBAÇÃO para a cultura da soja. Piracicaba: POTAFOS, 2006. 6p. (Informações Agronômicas, 114).
- BOLETIM técnico de soja 2004. Rondonópolis: Fundação MT, 2004. 228 p. (Boletim de pesquisa de soja, 8).
- CÂMARA, G.M.S.; LUCHETI, M.P.; MARQUES, L.A.; PEDROSO, D.B.; NACAMURA, S.S.; BARROS, F.F. Desempenho vegetativo e produtivo da soja submetida à aplicação foliar de cobalto e molibdênio em diferentes estágios fenológicos no ano agrícola 2000/2001. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 2.; MERCOSOJA, 2002, Fóz do Iguaçu. **Perspectivas do agronegócio da soja**: resumos. Londrina: Embrapa Soja, 2002. p.222 (Embrapa Soja. Documentos, 181). Organizado por Odilon Ferreira Saraiva, Clara Beatriz Hoffmann-Campo.
- CAMPO, R. J.; HUNGRIA, M. Enriquecimento de sementes de soja com molibdenio como fator de aumento da eficiência da fixação biológica do nitrogênio e do rendimentos da soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 25., 2003, Uberaba. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja; EPAMIG; Fundação Triângulo, 2003. p. 156-157. (Embrapa Soja. Documentos, 209). Organizado por Odilon Ferreira Saraiva, Regina Maria Villas Boas de Campos Leite.
- CAMPO, R.J.; ARAUJO, R.S.; HUNGRIA, M. Molybdenum-enriched soybean seeds produce high yields of N and of grain through biological N<sub>2</sub> fixation. **Field Crops Research**. No prelo.
- FERREIRA, A.C.B.; ARAÚJO, G.A.A.; CARDOSO, A.A.; FONTES, P.C.R.; VIEIRA, C. Diagnose do estado nutricional molíbdico do feijoeiro em razão do molibdênio contido na semente e da sua aplicação foliar. **Revista Brasileira Agrocência**, Pelotas, v.9, n.4, p. 397-401, 2003.
- FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para Windows® versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45. 2000, São Carlos, SP. **Programas e Resumos...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 235.
- FONTES, P.C.R.; FERREIRA, A.C.B.; ARAÚJO, G.A.A.; CARDOSO, A.A.; VIEIRA, C. Influência do molibdênio contido na semente e da sua aplicação foliar sobre o rendimento de proteína dos grãos do feijoeiro. CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7., 2002, Viçosa, MG. **Resumos expandidos...** Viçosa, MG: UFV, 2002. p.782-784
- GAULT, R.R.; BROCKWELL, J. Studies on seed pelleting as an aid to legume inoculation. 5.Effects of incorporation of molybdenum compounds in the seed pellet on inoculation survival, seedlings nodulation and plant growth of Lucerne and subterranean clover. **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, Melbourne, v.20, p.63-71, 1980.
- GURLEY, W.H.; GIDDENS, J. Factors affected uptake, yield response, and carry over of molybdenum in soybean seed. **Agronomy Journal**, Medison, v.61, p.7-9, 1969.
- HARRIS, H.B.; PARKER, M.B.; JOHNSON, B.J. Influence of molybdenum content in soybean seed and other factors associated with seed source on progeny response to applied molybdenum. **Agronomy Journal**, Medison, v.57, p.397-399, 1965.
- HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2001. 48 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 35; Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 13).
- HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T.; CAMPO, R.J. **A inoculação da soja**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1997. 28 p. (EMBRAPA-CNPSO. Circular Técnica, 17 ; EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica , 34).
- JACOB-NETO, J.; FRANCO, A.A. Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and soybean (*Glycine max* (L.) Merrill): response to molybdenum in tropical soils. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM SUSTAINABLE AGRICULTURE FOR THE TROPICS: THE ROLE OF BIOLOGICAL NITROGEN FIXATION, 1995, Angra dos Reis. **Programme and**

- abstracts.** Seropédica: EMBRAPA-CNPAB: UFRRJ, 1995.
- LEITE, U.T.; PIRES, A.A.; ARAÚJO, G.A.A.; VIEIRA, R.F. Absorção de Mo e de N em diferentes variedades de feijão em função de doses de Mo. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7., 2002, Viçosa, MG. **Resumos expandidos**. Viçosa, MG: UFV, 2002. p.814-817.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2 ed. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 319 p.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2002. 626 p.
- REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 29., 2001, Porto Alegre. **Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina 2001/2002**. Porto Alegre: FEPAGRO, 2001. 138p.
- SFREDO, G. J.; BORKERT, C. M.; LANTMANN, A. F. **Molibdênio e cobalto na cultura da soja**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1997. 18 p. (EMBRAPA-CNPSO. Circular Técnica, 16).
- SFREDO, G. J.; BORKERT, C. M.; KLEPKER, D. O cobre (Cu) na cultura da soja: diagnose foliar. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 23., 2001. Londrina. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja, p. 95, 2001. (Embrapa Soja. Documentos, 157).
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 3 ed. Sunderland, MA: Sinauer Associates, 2004. 792 p.
- VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M. **Biologia dos solos dos cerrados**. Planaltina: Embrapa, 1997. 524 p.
- VIEIRA, F.V, SALGADO, L.T., RIGUEIRA, C.M.S. Produção de sementes de feijão com alto teor de molibdênio. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7., 2002, Viçosa, MG. **Resumos expandidos**. Viçosa, MG: UFV, 2002. p.530-533.
- VOSS, M.; PÖTTKER, D.; JACOBSEN, L. A.; BISSANI, C. A. **Avaliação da necessidade de adubação com molibdênio em soja no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2002. 17 p. (Embrapa Trigo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 2). Disponível em < [http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p\\_bp02.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_bp02.htm) >. Acesso em: 27 de abr. 2005
- VOSS, M.; ROSINHA, R.C.; BISSANI, C.A. Teor de molibdênio em sementes de soja no Rio Grande do Sul. In: REUNIAO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIAO SUL, 23., 1995, Porto Alegre. **Soja: resultados de pesquisa 1994/95**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1995. p.71-76 (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 22).