



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**TRANSLOCAÇÃO DE C_o E M_o APLICADOS EM
DIFERENTES ÉPOCAS NA CULTURA DA SOJA**

LEILA MARIA DE FREITAS MORAES

2006

LEILA MARIA DE FREITAS MORAES

TRANSLOCAÇÃO DE C_0 E M_0 APLICADOS EM DIFERENTES ÉPOCAS
NA CULTURA DA SOJA

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração em solos, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof^a. Dr^a. Regina Maria Quintão Lana

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2006

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da UFU / Setor de
Catalogação e Classificação

M827t Moraes, Leila Maria de Freitas, 1968-
Translocação de Co e Mo aplicados em diferentes épocas
na cultura
da soja / Leila Maria de Freitas Moraes. - Uberlândia, 2006.
43f. : il.
Orientador: Regina Maria Quintão Lana.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia.
Inclui bibliografia.
1. Soja - Cultivo - Teses. I. Lana, Regina Maria Quintão.
II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-
Graduação em Agronomia. III. Título.

633.34

CDU:

LEILA MARIA DE FREITAS MORAES

TRANSLOCAÇÃO DE Co E Mo APLICADOS EM DIFERENTES ÉPOCAS
NA CULTURA DA SOJA

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração em solos, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 06 de março de 2006.

Prof. Dr. Ednaldo Carvalho Guimarães	UFU
Prof. Dr. Elias Nascentes Borges	UFU
Prof. Dr. Hamilton Seron Pereira	UFG

Prof. Dra.Regina Maria Quintão Lana
ICIAG-UFU
(Orientadora)

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL

DEDICO

A DEUS

À Mãe Maria Santíssima, pela presença e inspiração na minha vida,
iluminando e protegendo o meu caminho...

OFEREÇO

Aos meus familiares, meu esposo, em especial aos meus filhos Laura e
Vitor, pela compreensão nos momentos difíceis e incentivo à vitória.

AGRADECIMENTOS

Ao programa de pós-graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia, em especial ao departamento de solos, pela oportunidade de realização do mestrado.

À professora Regina Maria Quintão Lana, pela orientação e confiança.

Ao Dr. Rubens José Campo, pesquisador da Embrapa-soja, pela colaboração e paciência.

A todos os professores das disciplinas cursadas durante o mestrado, pelos ensinamentos.

Ao professor Ednaldo Carvalho Guimarães, do departamento de Matemática da Universidade Federal de Uberlândia, pela colaboração nas análises estatísticas.

Aos funcionários do Laboratório de solos da Universidade Federal de Uberlândia, pelo apoio no desenvolvimento dos trabalhos.

Ao funcionário e amigo Marco Aurélio Pontes Raimundo, pela amizade e apoio nos momentos difíceis, muito obrigada.

Ao funcionário Sr. Wilson José Faria, pela colaboração durante o mestrado, obrigada.

Aos funcionários Aires Ney Gonçalves Dias, Adílio de Sá Júnior e Waldir Caetano dos Reis, que auxiliaram no plantio do experimento, especialmente ao Sr. Joaquim Lopes com sua habilidade, experiência e disposição no campo.

Aos funcionários da Universidade Federal de Uberlândia que sempre nos atenderam com veículos, transportando-nos durante o desenvolvimento do experimento no campo, em especial ao Sr. Antônio Pereira da Silva, pela disposição.

Aos estudantes de graduação, Anderson Monteiro, Camila Mendes, Carla Virgínia Ferreira, Cristiano José do Amaral, Eliezer Mendes, Juliana Fonseca Alves, Rafael Brito de Oliveira e Ronaldo Knychalla, pela colaboração e amizade, muito obrigada.

À Empresa ABC Inco, em especial ao colega Engenheiro Agrônomo Maximiano, pelo fornecimento da área, semente, insumos e equipamentos; ao Técnico Agrícola Humberto, pela colaboração, sem os quais o trabalho não poderia ser realizado, muito obrigada.

Ao meu esposo, filhos, parentes e amigos, pela compreensão à minha ausência no convívio familiar, durante o mestrado.

A todos que, direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, obrigada.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 Fixação biológica de nitrogênio (FBN).....	3
2.2 Importância do Co e do Mo para a soja e para o processo de fixação biológica de nitrogênio (FBN).....	5
2.3 Fatores que afetam a disponibilidade de cobalto e molibdênio no solo.....	6
2.4 Fontes de Co e Mo.....	10
2.5 Micronutrientes para a soja.....	10
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	11
3.1 Caracterização do local, delineamento e tratamentos utilizados.....	11
3.2 Instalação e Condução do Experimento no campo.....	15
3.3 Colheita do Experimento.....	17
3.4 Coletas das amostras de plantas.....	17
3.5 Processamento dos nódulos.....	18
3.6 Processamento de folhas e grãos.....	18
3.7 Produtividade (rendimento de grãos).....	19
3.8 Análise estatística.....	20
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
4.1 Avaliação agronômica durante o ciclo da cultura.....	20
4.1.1 Número e massa de nódulos secos por planta e teor de nitrogênio nas folhas.....	20
4.1.2 Translocação de Mo, nas folhas, nódulos e grãos.....	21

4.2 Avaliação agronômica na colheita.....	29
4.2.1 Rendimento de grãos, teor de nitrogênio e proteína nos grãos.....	29
4.2.2 Teor de molibdênio nos grãos.....	31
4.3 Avaliação dos teores de cobalto nas folhas, nódulos e grãos.....	33
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	34
6 CONCLUSÕES.....	34
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36
ANEXOS.....	42

RESUMO

MORAES, LEILA MARIA DE FREITAS. **Translocação de Co e Mo aplicados em diferentes épocas na cultura da soja.** 2006. 43p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Solos) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia¹

O presente experimento teve como objetivo verificar a translocação de Co e Mo aplicados em diferentes épocas do desenvolvimento da cultura da soja, observando a sua presença em nódulos radiculares, folhas e grãos da soja. O experimento foi instalado na Fazenda Canadá, localizada em Uberlândia, MG. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, contendo sete tratamentos e seis repetições. Cada parcela conteve 12 linhas de 11 m de comprimento e espaçadas de 0,45 m. A cultivar plantada foi a BRSMG-68. A adubação de plantio foi de 360 kg ha⁻¹, da fórmula 00-20-10. As sementes foram inoculadas com 500g de inoculante turfoso, para 50 kg de semente, e as fontes usadas de Co e Mo foram, respectivamente, cloreto de cobalto e molibdato de sódio. Os tratamentos consistiram das seguintes épocas de aplicação dos micronutrientes: 1) testemunha (sem aplicação); 2) via semente; 3) estágio V₄; 4) estágio V₆; 5) estágio R₁; 6) estágio R₃; e 7) via semente e 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. Para o tratamento 7, na semente utilizou-se 2,5 g ha⁻¹ de Co e 20 g ha⁻¹ de Mo, enquanto que no estágio R₃ aplicou-se 400 g ha⁻¹ de Mo. A partir da aplicação, excetuando-se os tratamentos 5 e 6, por 9 semanas consecutivas, foram coletadas 20 plantas por parcela. As coletas nos tratamentos 5 e 6 ocorreram por 8 e 7 semanas consecutivas, respectivamente. A coleta de vagens com grãos ocorreu a partir do momento em que houve enchimento de vagens. Avaliou-se a translocação de Co e Mo das folhas para os nódulos e grãos e ainda características como número e peso de nódulos secos, nitrogênio nas folhas e grãos, proteína nos grãos e rendimento da cultura. As principais conclusões são: a) o molibdênio, aplicado via foliar, transloca para os nódulos e para os grãos e, quando aplicados mais tardiamente, promove um incremento nos teores desse micronutriente nos grãos avaliados na colheita. b) as aplicações de cobalto e molibdênio, via foliar ou nas sementes, não mostraram efeitos positivos sobre a nodulação, sobre os teores de nitrogênio nas folhas, bem como sobre o rendimento da cultura, teores de nitrogênio e proteína nos grãos de soja.

Termos de indexação: *Glycine max*, micronutrientes, adubação molíbdica.

¹ Orientador (a): Prof. Dra. Regina Maria Quintão Lana

ABSTRACT

MORAES, LEILA MARIA DE FREITAS. **Translocation of Co and Mo applied in different times in soybeans.** 2006. 43p. Dissertação (Master's Degree in Agriculture /Soils) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia¹

This study evaluated the translocation of Co and Mo applied in 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 randomized blocks with seven treatments and six repetitions. Each experimental unit had twelve 11-m long rows, and 0.45 m between plants, sown with cultivar BRSMG-68. Planting fertilization was 360 kg ha⁻¹ of the formulation 00-20-10. The seeds were inoculated with 500g peat inoculum for 50 kg seeds and the sources of Co and Mo were cobalt chloride and sodium molybdate, respectively. The treatments consisted in the following micronutrient application times: 1) control (no application); 2) via seed; 3) stage V₄; 4) stage V₆; 5) stage R₁; 6) stage R₃; and 7) 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. Collections in treatments 5 and 6 were done for 8 and 7 weeks, respectively. Pod harvest occurred after the beans were filled. Cobalt and Molybdenum translocation from leaves to nodules and grains, and characteristics such as nodule number and dry weight, nitrogen in the leaves and grain, grain protein and culture yield were evaluated. The major conclusions are: a) molybdenum, applied in the leaves translocates to the nodules and grains, and when applied later in the cycle, it promotes an increase on of its levels in the grains; b) application of cobalt and molybdenum on the leaves or seeds had no positive effect on nodulation, nor on leaf nitrogen contents, neither on yield, nor on soybean grain nitrogen or protein contents.

Index terms: *Glycine max*, micronutrients, molybdenum fertilization.

¹ Supervisor: Prof. Dr. Regina Maria Quintão Lana

1 INTRODUÇÃO

A soja, *Glycine max (L.) Merrill*, é uma das mais importantes oleaginosas do mundo. Nos últimos anos, principalmente com a abertura de novas áreas sob vegetação de cerrado, o Brasil passou a ser um importante produtor de soja, tendo apresentado na safra 2004/2005 a produção total de 51,1 milhões de toneladas de grãos, em uma área colhida 23,3 milhões de hectares, com uma produtividade média de 2.193 kg ha⁻¹, segundo a Companhia Nacional de Abastecimento-CONAB, (2005). A soja, devido a sua menor exigência nutricional e aspectos econômicos favoráveis, estabeleceu-se no cerrado brasileiro, nos anos 70. Hoje as relações econômicas são mais críticas, e para obtenção de produtividades mais elevadas, faz-se necessário a utilização adequada das novas tecnologias de cultivo. A cultura da soja seria inviabilizada economicamente se os produtores tivessem que aplicar todo o nitrogênio necessário para suprir as demandas da planta. O nitrogênio é o nutriente necessário em maior quantidade, para a soja, devido ao alto teor protéico de seus grãos. Entretanto, bactérias do gênero *Bradyrhizobium (japonicum e elkanii)*, que se associam ao sistema radicular da soja, estabelecem uma importante simbiose, fornecendo todo o nitrogênio que a planta necessita, formando estruturas especializadas nas raízes, chamadas nódulos, nos quais ocorre o processo de fixação biológica de nitrogênio (FBN).

Tem-se observado que baixos rendimentos de grãos estão relacionados, principalmente, com teores baixos de N nas folhas e grãos. Porém, esse nutriente, se adicionado na forma de fertilizante nitrogenado, é prejudicial ao processo de fixação biológica. Portanto, a produtividade da soja está diretamente relacionada à sua nutrição nitrogenada.

A eficiência do processo de fixação biológica de N₂ bem como o seu metabolismo podem ser seriamente prejudicados pela deficiência de cobalto

(Co) e molibdênio (Mo), pois o primeiro é essencial aos microorganismos fixadores de N₂, e o segundo faz parte das enzimas redutase do nitrato, e da nitrogenase.

Para aumentar a eficiência do processo de fixação biológica de nitrogênio, a busca de novas técnicas tem sido indispensável. A aplicação de Co e Mo nas sementes poderá reduzir a sobrevivência do *Bradyrhizobium* e, conseqüentemente, a nodulação e a FBN. Sendo assim, a aplicação de Co e Mo, nas mesmas doses recomendadas via semente, poderá ser efetuada, em pulverização foliar entre os estádios V₃ –V₅.

Devido à mobilidade do Mo na planta, o mesmo pode ser adicionado em soluções via adubação foliar. As aplicações foliares favorecem a rápida absorção do Mo pelas plantas, além de diminuir as perdas por fixação, quando adicionado ao solo. Estudos recentes mostram que a pulverização foliar constitui a forma mais eficiente de suprir a demanda de Mo para a planta. A deficiência de Mo não ocorre nas folhas mais novas, devido a sua fácil translocação na planta. Campo e Hungria (2002) verificaram que a translocação de Mo, aplicado nas folhas de soja, cv. BRS 133, para os nódulos, foi muito rápida. Em apenas cinco dias após aplicação de Mo nas folhas, as concentrações deste nutriente nos nódulos foi máxima. Com relação ao Co, mais estudos deverão ser desenvolvidos para melhor explicar o metabolismo desse elemento na planta.

Em face aos poucos conhecimentos sobre a translocação e concentração translocada desses micronutrientes, realizou-se esse trabalho objetivando verificar a translocação de Co e Mo aplicados em diferentes épocas do desenvolvimento da cultura da soja, observando a sua presença em nódulos radiculares, folhas e grãos da soja. Outras características, como número e peso de nódulos secos, nitrogênio nas folhas e grãos, proteína nos grãos e rendimento da cultura, foram avaliadas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Fixação biológica de nitrogênio (FBN)

A soja apresenta elevada capacidade de suprir suas necessidades nutricionais em nitrogênio, pela fixação biológica desse elemento, graças à simbiose estabelecida entre essa leguminosa e bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, que em contato com as raízes da soja, infectam-as, via pêlos radiculares, formando os nódulos. Assim que a simbiose é estabelecida, a planta fornece fotoassimilados à bactéria, recebendo em troca produtos nitrogenados provenientes da fixação de N_2 , tais como: aminoácidos e ureídos (CARVALHO, 2002).

O processo de fixação biológica é caracterizado pela conversão do nitrogênio atmosférico (N_2) em nitrogênio amoniacal (NH_3) disponível para a planta. A FBN pode fornecer todo o nitrogênio que a soja necessita (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA, 2004).

As vantagens da FBN são várias, dentre elas, destacam-se: (a) baixo custo, que a torna acessível aos produtores; (b) a inexistência dos problemas ambientais normalmente causados pelo uso de insumos agrícolas (CARVALHO, 2002); e (c) a abundância de nitrogênio gasoso na atmosfera, é uma fonte praticamente inesgotável.

A eficiência do processo de FBN depende de vários fatores inerentes à soja e à bactéria. Fatores físicos do solo, temperatura, umidade e luz solar, assim como genéticos e nutricionais ligados à planta, a presença de N, a disponibilidade de P, K, Ca, Mg e S, o excesso de Al e Mn, e a essencialidade de alguns micronutrientes são extremamente importantes para o processo de FBN (CAMPO; HUNGRIA, 2002). Segundo esses mesmos autores, de um modo geral, todos os fatores que afetam positivamente a nutrição da planta afetam

também, de forma positiva, a FBN, e os fatores que afetam negativamente a planta também afetam, desta forma, a FBN, porém existem algumas exceções. O nitrogênio participa no metabolismo das plantas como constituinte de moléculas de proteínas, coenzimas, ácidos nucleicos, citocromos e moléculas de clorofila, sendo considerado um dos elementos mais importantes para o aumento da produção (FERREIRA, 2001). No entanto, se adicionado na forma de fertilizante, é extremamente prejudicial ao processo de fixação biológica. Por outro lado, o cobalto e o molibdênio são pouco importantes para a soja, mas indispensáveis para a eficiência do processo de FBN. Segundo Meschede et al. (2004), a deficiência de Mo no solo poderá reduzir a síntese da enzima nitrogenase, com conseqüente diminuição da fixação biológica do nitrogênio e, portanto, da produtividade. Esse mesmo autor cita, ainda, que quando ocorre baixa disponibilidade de molibdênio no solo, este é distribuído das folhas para os nódulos, aumentando a deficiência na planta.

Campo e Lantmann (1998), estudando os efeitos de micronutrientes na fixação biológica do nitrogênio, em solos LRe e LEa, cultivados com soja por mais de oito anos, verificaram que a adição de Mo nas sementes aumentou a eficiência de FBN e a produtividade. E verificaram ainda que a adição de Zn, Co e B, nos solos LRe, LEa e LRd, cultivados com soja por mais de oito anos, não afeta a fixação biológica do N₂ e a produtividade da soja.

Com os aumentos sucessivos de produtividade, torna-se indispensável a busca de novas técnicas para aumentar a eficiência do processo de fixação biológica de nitrogênio, uma vez que este é o nutriente mais exigido pela cultura. Assim, o aperfeiçoamento da aplicação de inoculantes com micronutrientes, garantindo uma maior população da bactéria nas sementes, é indispensável para aumentar a nodulação nas raízes principais da soja, onde os nódulos são mais eficientes. Deste modo, a demanda de micronutrientes estaria sendo suprida sem limitar o potencial de FBN (CAMPO; HUNGRIA, 2002).

2.2 Importância do Co e do Mo para a soja e para o processo de fixação biológica de nitrogênio (FBN)

O cobalto, na cultura da soja, é considerado um elemento essencial aos microorganismos fixadores de N_2 . Ele é um componente da vitamina B_{12} , importante na formação da coenzima cobamida, que é indispensável ao processo de FBN, por ser precursora da leghemoglobina. A deficiência de Co inibe a síntese da leghemoglobina e, por consequência, a FBN (LOPES; LEONEL JÚNIOR, 2000).

O molibdênio é um micronutriente exigido em pequena quantidade para o desenvolvimento das plantas. Segundo Gupta e Lipsett (1981), o Mo interfere no crescimento e no desenvolvimento das plantas, influenciando no metabolismo do nitrogênio, participando como co-fator das enzimas nitrogenase e redutase do nitrato, tornando-se um nutriente indispensável ao desenvolvimento da soja e sendo fundamental para a obtenção de incrementos no rendimento da cultura. A nitrogenase é essencial para a fixação simbiótica do nitrogênio atmosférico pelos rizóbios, e a redutase do nitrato é indispensável para o aproveitamento do nitrato absorvido pela planta. Segundo Marschner (1995), o Mo participa ainda da estrutura das enzimas xantina oxidase-desidrogenase, sulfito-oxidase e aldeído-oxidase, que catalisam diversas reações bioquímicas nas plantas. A participação do Mo como co-fator nessas enzimas está intimamente relacionada com o transporte de elétrons durante as reações bioquímicas. A nitrogenase é uma enzima complexa, formada por dois componentes distintos que se combinam para reduzir o N_2 a NH_3 . Na redução do N_2 a NH_3 , a nitrogenase recebe elétrons de substâncias redutoras, como ferredoxina reduzida. Esses elétrons são transferidos para a proteína ligada ao ferro, que, tornando-se agente redutor, transfere esses elétrons à proteína ligada ao ferro e ao molibdênio, que por sua vez, reduz o N_2 a duas moléculas de NH_3 , as quais podem seguir diferentes

caminhos de assimilação ou metabolismo nas plantas. Portanto, a deficiência de Mo diminuirá a síntese da enzima, refletindo em sua menor atividade e, conseqüentemente, na redução da fixação biológica do N₂ pela planta.

A redutase do nitrato é uma enzima que catalisa a redução do nitrato a nitrito. O Mo atua nesse complexo enzimático como co-fator no transporte de elétrons, juntamente com a flavina-adenina-dinucleotídeo (NAD) e com o citocromo-b (heme), no citoplasma celular (MARSCHNER, 1995).

Esse mesmo autor cita, ainda, que em condições de deficiência de Mo, a atividade da redutase do nitrato é muito reduzida, provocando acúmulo de nitrato na planta.

2.3 Fatores que afetam a disponibilidade de cobalto e molibdênio no solo

A absorção do Co pela planta se dá por fluxo de massa, principalmente na forma de Co²⁺, e a sua translocação na planta ocorre após formação de quelados com ácidos orgânicos (MALAVOLTA, 1980). Sendo assim, esse elemento é considerado pouco móvel e sua deficiência na planta ocorre nas folhas mais novas.

Segundo Mitchel (1964 apud CAMPO; HUNGRIA, 2002), os teores de Co no solo variam de 1 a 40 mg dm⁻³ e valores superiores podem ocorrer em solos originários de rochas ricas em minerais ferromagnesianos. Por outro lado, solos ácidos, normalmente, apresentam teores de Co inferiores a 10 mg dm⁻³. Nessa condição, os solos ricos em óxidos de Mn podem apresentar deficiência de Co, devido à sua adsorção pelos óxidos de Mn (TAYLOR; McKENZIE, 1966).

O suprimento de Mo é feito predominantemente na forma de molibdato (MoO₄⁻²), presente na solução do solo, que chega às raízes, principalmente via fluxo de massa (GUPTA; LIPSETT, 1981). Ainda não está perfeitamente

elucidada a forma pela qual o Mo é translocado das raízes para a parte aérea. Segundo Marschner (1995), a translocação do Mo nas plantas se dá através do floema. Já Tiffin (1972 apud PIRES, 2003) sugere que ele se move no xilema como íon molibdato ou complexado com compostos orgânicos, como aminoácidos, açúcares ou compostos polihidroxilados. Devido à sua mobilidade, em condições de deficiência na solução do solo, o Mo pode ser translocado das partes mais velhas para as mais novas das plantas. Ao contrário do que ocorre com os outros micronutrientes, a deficiência de Mo manifesta-se inicialmente nas folhas mais velhas ou nas intermediárias, através de colorações amareladas ou verde-amareladas, apresentando bordos enrolados (MENGEL; KIRKBY, 1978). Os sintomas de deficiência de Mo confundem-se com os de N.

A disponibilidade total dos nutrientes no solo depende, entre outros fatores, da sua forma química, mobilidade e da concentração (MARTINÉZ et al., 1996). Vários fatores contribuem para a redução na disponibilidade desses nutrientes nos solos. Segundo Fontes (1997), os principais responsáveis pela deficiência dos micronutrientes, nos solos brasileiros são: a baixa reserva de minerais intemperizáveis dos solos devido, à pobreza do material de origem; o incremento da produtividade das culturas, devido ao uso intensivo de técnicas agrícolas modernas, que vêm retirando, de forma crescente os micronutrientes dos solos, sem que estabeleça adequadamente a sua reposição; o cultivo de plantas com alto potencial produtivo, o que demanda maiores quantidades de micronutrientes; o manejo inadequado dos solos, levando à sua degradação física, química e biológica; a necessidade do uso cada vez maior de calcário, diminuindo a disponibilidade do ferro, manganês, cobre e zinco, em virtude da elevação do pH do solo; o avanço tecnológico industrial, gerando maior pureza dos fertilizantes produzidos.

O teor de Mo encontra-se na faixa de 0,5 a 5,0 mg kg⁻¹, na maioria dos solos. Ele ocorre na solução do solo, adsorvido a minerais de argila como ânion

MoO_4^{-2} , retido no interior da estrutura dos minerais primários e secundários e, adsorvido a matéria orgânica (GUPTA; LPSETT, 1981).

O tipo de material de origem do solo também pode afetar a concentração de Mo na solução do solo. O Mo é encontrado em toda a crosta terrestre, porém, sempre em pequenas concentrações. As formações sedimentares são os ambientes mais ricos em Mo, especialmente os depósitos marinhos, onde as concentrações podem exceder 0,04% (BATAGLIA; FURLANI; VALADARES, 1976). Também encontraram maiores teores de Mo em solos sedimentares, e os menores em solos mais recentes, do Estado de São Paulo. As rochas sedimentares, por serem formadas após intemperização e transporte do material originário, retêm uma pequena fração do Mo, originalmente existente na rocha matriz (GUPTA; LIPSETT, 1981). O Mo é facilmente liberado dos minerais primários pela intemperização e, comparando com os outros micronutrientes, ele permanece relativamente móvel como molibdato, potencialmente solúvel. Entretanto, o molibdato é adsorvido na superfície dos minerais primários e da fração coloidal, fazendo com que a disponibilidade de Mo no solo seja dependente do pH. Além do pH, outros fatores também influenciam a disponibilidade de Mo no solo, como a matéria orgânica, a textura, a drenagem, os óxidos de ferro e de alumínio, o potencial redox e a interação com outros nutrientes (FERREIRA et al., 2002). Porém, o pH é o de maior influência. Segundo Malavolta (1980), com o aumento do pH, a disponibilidade do Mo aumenta, porque o MoO_4^{-2} fixado é deslocado dos sítios de troca pelas hidroxilas presentes na solução do solo. Dessa forma, a calagem, liberando cálcio na solução, promove a disponibilidade do Mo, uma vez que o íon molibdato (MoO_4^{-2}) pode combinar-se com o Ca^{2+} , formando um composto solúvel, o CaMoO_4 .

A matéria orgânica do solo desempenha uma dupla função sobre a disponibilidade de Mo na solução do solo, uma vez que, de acordo com as

propriedades químicas do solo, ela pode atuar, aumentando ou reduzindo essa disponibilidade. Em solos ácidos, com elevada quantidade de óxidos de ferro e de Alumínio, o Mo é retido pela matéria orgânica, impedindo que este seja envolvido na formação de compostos insolúveis. Assim, o Mo pode ser absorvido em grandes quantidades nesses solos, desde que o conteúdo de matéria orgânica seja elevado (FERREIRA, 2001). No entanto, em solos onde a ocorrência desses óxidos é reduzida ou não está presente, o Mo encontra-se inicialmente ligado à matéria orgânica, tornando-se disponível para a absorção somente após esta ter sido mineralizada.

A interação entre os nutrientes no solo também pode afetar a disponibilidade do Mo para as plantas. O fósforo e o enxofre são os nutrientes que estão mais diretamente envolvidos nesse processo, exercendo efeitos contrários, apesar de apresentarem o mesmo tipo de carga ou a mesma natureza iônica. O fósforo possui efeito sinérgico com o Mo, estimulando sua absorção, devido à substituição do íon molibdato pelo íon fosfato nos sítios de adsorção, aumentando a disponibilidade do primeiro na solução do solo. Existe também a possibilidade da formação de complexos fosfomolibdatos, que são rapidamente absorvidos pelas raízes, e que favorecem o transporte do Mo a longa distância (MARSCHNER, 1995). O enxofre tem influência negativa sobre a absorção do Mo. Se o enxofre for absorvido em excesso pelas plantas, a disponibilidade de Mo diminui (GUPTA; LIPSETT, 1981). Isso se deve ao antagonismo entre esses dois nutrientes durante o processo de absorção e ao mecanismo de translocação do Mo das raízes para a parte aérea.

A textura do solo também é um fator importante na disponibilidade de Mo. De acordo com Gupta (1969 apud PIRES, 2003), pode aparecer deficiência em solos arenosos, mesmo que o pH seja elevado para 6,5. A umidade do solo também é um fator muito importante que afeta a disponibilidade de Mo para as plantas, pois solos mal drenados acumulam MoO_4^{-2} .

2.4 Fontes de Co e Mo

As principais fontes de Co são o cloreto de cobalto, sulfato de cobalto e nitrato de Cobalto. As principais fontes de Mo são molibdato de sódio, molibdato de amônio e trióxido de molibdênio. Atualmente, existem, no mercado, vários produtos comerciais contendo esses micronutrientes em concentrações variáveis, porém, na proporção 10:1 de Mo e Co. O fornecimento desses nutrientes por estes produtos comerciais tem tido bons resultados, quando aplicados na semente ou por pulverização foliar (CAMPO; HUNGRIA, 2002).

2.5 Micronutrientes para a soja

No Brasil, sintomas de deficiência em micronutrientes são raros, devido principalmente à acidez dos solos. Os micronutrientes mais necessários à cultura da soja são: zinco, manganês, molibdênio, ferro e boro, pois tanto a deficiência quanto o excesso destes elementos podem afetar drasticamente a produção. Deve-se preocupar com elevação do pH acima de 5.5 a 6.0, pois pode ocorrer redução na disponibilidade de Zn^{2+} , Mn^{2+} , Cu^{2+} , B e Fe^{2+} . O Mn, por exemplo, passou a ser recomendado sob condições específicas de deficiência, causada por aplicações excessivas de calcário que induzem à deficiência desse nutriente. O aumento da extração dos nutrientes do solo, devido aos aumentos de rendimentos da cultura da soja, tem provocado diminuição na disponibilidade de alguns micronutrientes. Bortolini e Pasquali (2003), estudando o incremento de produtividade da soja, através da complementação com nutrientes, afirmaram a necessidade de uso de micronutrientes na cultura da soja no cerrado, com alto retorno do capital investido.

Segundo Campo e Hungria (2002), mesmo os solos de alta fertilidade têm, atualmente, apresentado resposta positiva à adição de micronutrientes, como o Mo e Co.

Devido à alta mobilidade do molibdênio na planta, a adubação foliar pode proporcionar bons resultados, desde que seja realizada no início do período do desenvolvimento vegetativo da cultura (MESCHEDE et al., 2004). Porém, segundo Pessoa (1998), as quantidades de molibdênio requeridas pela soja são pequenas, favorecendo sua aplicação via sementes, por meio da peletização, quando no processo de inoculação.

Campo e Hungria (2002) citam que os micronutrientes à base de Co e Mo foram recomendados para a cultura da soja, para a aplicação via semente em função da eficiência, economia e facilidade de aplicação destes. Porém, o contato direto da bactéria com os sais que contém Co e Mo, quando aplicados via semente junto com o inoculante, parece ser um dos fatores limitantes da FBN. Campo; Albino e Hungria (1999), estudando métodos de aplicação de micronutrientes na nodulação e na FBN em soja, verificaram que a aplicação foliar isolada de Co e Mo ou em conjunto com herbicidas pós-emergentes, ou inseticidas nos estádios V₄ e V₅ da cultura, apresentaram resultados similares aos da aplicação nas sementes sem reduzir o potencial de FBN.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização do local, delineamento e tratamentos utilizados

O experimento foi realizado na Fazenda Canadá, pertencente ao Grupo ALGAR, localizada no Município de Uberlândia – MG, posição geográfica 18° 51' 45" latitude Sul e 48° 24' 55" longitude Oeste, altitude de 800 m, em uma área de sistema plantio direto, durante o ano agrícola 2004/2005, com o cultivo

de soja. O plantio ocorreu em 27 de novembro de 2004. Já a colheita foi efetuada em 08 de abril de 2005.

A unidade principal de solo é o LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico (EMBRAPA, 1999).

As características químicas e físicas desse solo foram determinadas no Laboratório da UNITHAL de Campinas (Tabela 1).

TABELA 1 - Características químicas e físicas na profundidade de 0 – 20 cm do solo do experimento

Profundidade	Teor de argila	pH	P¹	K²	CTC	V	MO
Cm	%	1:2,5	mg dm	-- cmol _c dm ⁻³ --		----- % -----	
0-20	21,80	5,6	25,00	0,09	3,99	37,4	1,5
			S	B¹	Mn¹	Cu¹	Zn¹
			----- mg dm ⁻³ -----				
			7,2	0,20	7,50	2,40	6,50

¹Extrator Mehlich I (VETORI, 1969).

²Extrator KCL 1 mol L⁻¹ (VETORI, 1969).

A população inicial de Bradyrhizobium no solo foi determinada no laboratório de microbiologia do solo da Embrapa-soja (CNPSO), onde foram encontradas 427 bactérias por grama de solo.

As parcelas no campo foram cultivadas com a soja BRSMG 68 (Vencedora), contendo 12 linhas de 11 m de comprimento e espaçadas de 0,45 m, totalizando uma área de 59,4 m². A unidade experimental (parcela) foi dividida em duas áreas: a) área para determinação dos componentes de produção e rendimento de grãos e, b) área para coleta de vinte plantas semanais, das quais foram determinadas as variáveis destrutíveis, sendo que os pontos de coletas semanais nas linhas foram previamente definidos. Cada ponto de coleta correspondeu a 1,5 m de comprimento em duas linhas, onde foram coletadas as 20 plantas, sendo 10 plantas em cada linha, conforme esquema demonstrado na

Figura 1. Excluiu - se, como bordadura, duas fileiras de cada extremidade da parcela.

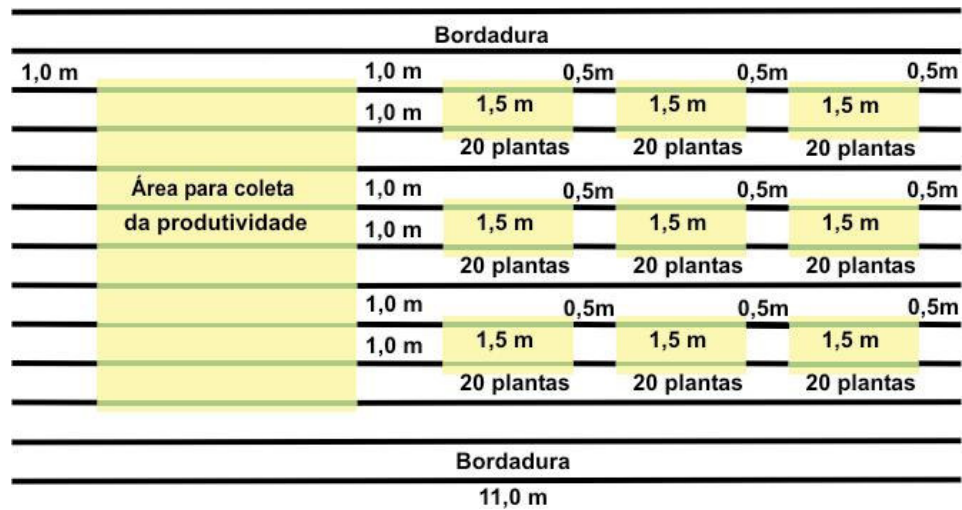


FIGURA 1-Esquema da unidade experimental.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com sete tratamentos e seis repetições, sendo a área total do experimento de 2.494 m². Os tratamentos avaliados estão descritos na Tabela 2.

TABELA 2. Relação dos tratamentos utilizados.

Tratamento	Doses (g ha ⁻¹)		Descrição do tratamento
	Co	Mo	
1	0	0	Testemunha (sem aplicação)
2	2,5	80	Semente (aplicação via semente)
3	2,5	80	V ₄ (aplicação via foliar)
4	2,5	80	V ₆ (aplicação via foliar)
5	2,5	80	R ₁ (aplicação via foliar)
6	2,5	80	R ₃ (aplicação via foliar)
7	2,5	20	R ₃ (aplicação via foliar)
	0	400	Via foliar em R ₃

As fontes de Co e Mo utilizadas foram cloreto de cobalto e molibdato de sódio. Os estádios citados estão descritos na Tabela 3.

TABELA 3. Descrição dos estádios fenológicos vegetativos e reprodutivos da soja utilizados para aplicação dos tratamentos.

Símbolo	Denominação	Descrição
Fase Vegetativa		
V4	Quarto nó	Terceiro trifólio expandido, Quarta folha trifoliolada, aberta de tal modo que os bordos de cada folíolo não estejam se tocando.
V6	Sexto nó	Quinto trifólio expandido, Sexta folha trifoliolada, aberta de tal modo que os bordos de cada folíolo não estejam se tocando.
Fase Reprodutiva		
R1	Início do florescimento	Até 50% das plantas com uma flor
R3	Início da frutificação	Final da floração: vagens com até 5 cm

Fonte: Fehr e Caviness, adaptado por Câmara (1998).

3.2 Instalação e Condução do Experimento no campo

Antes da implantação do experimento, no dia 16 de novembro de 2004, foi feita a dessecação da área, utilizando-se 3 L ha⁻¹ de Glifosato (glyphosate). A recomendação de adubação foi feita com base na recomendação para a cultura da soja (Embrapa, 2004), não sendo aplicado fertilizante nitrogenado.

Toda a área experimental foi sulcada pela máquina semeadora adubadora que distribuiu, no sulco de plantio, 360 kg ha⁻¹ de adubo, constituído de fósforo e potássio na formulação 00-20-10.

As sementes não receberam fungicidas nem inseticidas, foram inoculadas com 500 g de inoculante turfoso para 50 kg de semente. A semeadura foi realizada no dia 27 de novembro de 2004, através da distribuição manual de 20 sementes por metro linear, no sulco de plantio.

A adubação de cobertura, constituída de potássio, foi feita em 20 de dezembro de 2004, aplicando 140 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio. Fez-se, como adubação foliar, a aplicação parcelada de 1,4 L ha⁻¹ de cloreto de manganês em 18 de dezembro de 2004 e 28 de dezembro de 2004.

Os tratos culturais aplicados ao experimento foram os mesmos aplicados à cultura da soja em áreas de plantios comerciais da fazenda. Para o controle de plantas daninhas, aplicou-se como herbicida pós-emergente, 0,7 L ha⁻¹ de PODIUM (Fenoxaprop-p-ethyl + clethodim), em 18 de dezembro e 25 de fevereiro de 2005. Em 28 de dezembro de 2005 aplicou-se 0,04 kg ha⁻¹ de CLASSIC (Chlorimuron – ethyl); 0,3 L ha⁻¹ de COBRA (Lactofen); 0,25 L ha⁻¹ de PIVOT (Imazethapyr).

O controle de pragas foi realizado com os inseticidas ENGEO (Tiametoxam + cipermetrina), na dose de 0,2 L ha⁻¹, e DIMILIM (Diflubenzuron), na dose de 0,03 kg ha⁻¹, em 22 e 28 de dezembro de 2004, respectivamente. Para prevenir a ocorrência de doenças, aplicou-se os fungicidas IMPACT® (Flutriofol), na dose de 0,5 L ha⁻¹, e PRIORI XTRA (Azoxystrobin + Cysproconazole), na dose de 0,3 L ha⁻¹, em 28 de janeiro e 22 de fevereiro de 2005, respectivamente.

3.3 Colheita do Experimento

A colheita foi manual e ocorreu em 08 de abril de 2005. Coletou-se toda a área da parcela reservada para rendimento de grãos, descartando as bordaduras, conforme apresentado na Figura 1. Depois de colhidos, os grãos foram levados para o Laboratório, para pesagem e determinações laboratoriais (componentes de produção).

3.4 Coletas das amostras de plantas

As coletas (Anexo A e B) foram realizadas por 9 semanas consecutivas, a partir da aplicação, nos tratamentos 1, 2, 3, 4 e 7 e nos tratamentos 5 e 6, as coletas se deram por 8 e 7 semanas consecutivas, respectivamente (Tabela 4). Logo após as coletas, as plantas foram transportadas para o Laboratório de Análises de Solo da Universidade Federal de Uberlândia (LABAS), para que os nódulos pudessem ser retirados das raízes.

Tabela 4. Semanas de coletas das amostras de 20 plantas, nos tratamentos aplicados.

Semanas	Tratamentos amostrados	Tratamentos aplicados
1	1, 2 e 7	3
2	1, 2, 3 e 7	4
3	1, 2, 3, 4 e 7	-
4	1, 2, 3, 4 e 7	5
5	1, 2, 3, 4, 5 e 7	6 e 7
6	1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7	-
7	1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7	-
8	1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7	-
9	1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7	-
10	3, 4, 5 e 6	-
11	4, 5 e 6	-
12*	5 e 6	-

*As coletas se deram até essa semana, pois as folhas já se encontravam em estado de senescência e os nódulos, em sua maioria, deteriorados.

3.5 Processamento dos nódulos

Depois de retirados das raízes, os nódulos das vinte plantas de cada parcela foram peneirados, para limpar a terra e impurezas contidas, e contados. Posteriormente, os nódulos de cada parcela foram pesados, para obtenção do peso úmido, lavados e colocados em estufa a 65 ° C, por 72 horas, para obtenção do peso seco. Finalmente, foram triturados para as análises de Co e Mo, realizadas pela EMBRAPA-soja, utilizando o procedimento para análise de minerais, em tecido vegetal, com abertura em mufla, e determinação por espectrometria de emissão atômica (ICP-EAS).

3.6 Processamento de folhas e grãos

Das 20 plantas coletadas semanalmente em cada parcela, foram retirados o 3º e 4º trifólios. Todos eles foram lavados e colocados em estufa, a 65° C, por 72 horas. Uma vez secos, esses trifólios foram triturados para posterior análise de nitrogênio, cobalto e molibdênio. Para as análises de nitrogênio, utilizou-se o método de Kjeldahl, conforme recomendação da A.O.A.C. (1975), com modificações. Para a conversão de nitrogênio em proteína, foi utilizado o fator 6,25. As análises de Co e Mo foram realizadas pela EMBRAPA-soja, utilizando o procedimento para análise de minerais, em tecido vegetal, com abertura em mufla, e determinação por espectrometria de emissão atômica (ICP-EAS).

A partir do momento em que houve ocorrência de vagens com enchimento de grãos (décima semana de coletas), estas foram coletadas, dos tratamentos 3, 4, 5 e 6, para que os grãos pudessem ser retirados e processados, assim como as folhas.

3.7 Produtividade (rendimento de grãos)

As amostras de grãos de soja, colhidas por parcela, foram encaminhadas para o laboratório, para pesagem e determinação de umidade. Posteriormente, calculou-se a produtividade agrícola, extrapolando para kg por hectare, corrigindo-se a umidade a 12% de umidade, conforme a expressão apresentada a seguir.

$$Mc = [Mo * (100 - Uo)] / (100 - Uc)$$

onde:

Mc = massa corrigida;

Mo = massa observada;

Uo = grau de umidade observado em porcentagem

Uc = grau de umidade de correção em porcentagem

3.8 Análise estatística

Para avaliar o efeito dos tratamentos sobre as características avaliadas, os dados foram submetidos à análise de variância, ao nível de 5% de significância. A partir desta análise, utilizou-se o teste de Tukey para comparação de médias, ao nível de 5% de probabilidade. O estudo foi realizado com o auxílio do Sistema Sisvar para análises estatísticas (FERREIRA, 2000).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Avaliação agronômica durante o ciclo da cultura

4.1.1 Número e massa de nódulos secos por planta e teor de nitrogênio nas folhas

Para a avaliação da nodulação (número e massa dos nódulos secos) e do nitrogênio nas folhas, utilizou-se as plantas coletadas na quarta semana, período que coincide com a floração. Com relação às variáveis avaliadas (Tabela 5), observa-se que não houve diferença estatística entre os tratamentos. A aplicação de Co e Mo, via foliar, nos estádios V₄ (tratamento3) e V₆ (tratamento 4) e via semente (tratamentos 2 e 7), não diferiram significativamente da testemunha. Observa-se, nesses resultados, que esses micronutrientes não afetaram a nodulação, o que confirma, assim, os resultados obtidos por Campo e Lantmann (1998) de que o Mo não afeta a nodulação da soja, mas afeta o processo de fixação biológica do N₂. Para os teores de nitrogênio, os resultados encontrados contrastam com resultados obtidos por esses autores. Porém, em um solo LRd de Campo Mourão, Campo e Lantmann (1998) também não encontraram resultados significativos, com relação á variável avaliada, sugerindo que o solo teve boa

capacidade de fornecer Mo para uma boa fixação biológica do N₂. Pode-se observar ainda pela Tabela 5, que os tratamentos tiveram uma boa nodulação, apresentando acima de 49 nódulos por planta, garantindo o processo de fixação biológica de N₂. Campo e Hungria (2002) citam que, na época do florescimento, uma planta bem nodulada deve mostrar, no campo, entre 15 e 30 nódulos.

TABELA 5. Médias do número e massa de nódulos secos por planta, teores de nitrogênio nas folhas de soja, cultivar BRSMG 68, avaliados na quarta semana de coleta, UFU, Uberlândia, 2004/2005.

Tratamentos	nódulos/planta	massa seca g/planta	N nas folhas g kg ⁻¹
1	54,90 a1 ⁽²⁾	0,21 a1 ⁽²⁾	46,37 a1 ⁽²⁾
2	62,52 a1	0,23 a1	48,25 a1
3	49,62 a1	0,21 a1	48,37 a1
4	67,90 a1	0,25 a1	49,25 a1
7	61,51 a1	0,23 a1	46,37 a1
CV (%)	20,87	17,52	6,92
Média	59,29	0,23	47,72

⁽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; 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 e números iguais nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

4.1.2 Translocação de Mo, nas folhas, nódulos e grãos

Para avaliar a translocação de Mo, observando a sua presença nos nódulos radiculares, nas folhas e grãos, optou-se por mostrar o comportamento desse micronutriente ao longo das semanas de coletas, para cada tratamento. As equações de regressão e coeficiente de determinação dos teores de Mo nos nódulos e nas folhas estão sendo mostradas na Tabela 6.

TABELA 6. Equações e coeficientes de determinação dos teores de Mo nos nódulos radiculares e folhas, para os tratamentos em estudo.

Tratamento	Equação	Mínimo	Máximo	R ²
Nódulos radiculares				
1	$y = 0,2245X^2 - 1,8022X + 5,3676$	4,02	-	0,5531
2	$y = 0,6232X^2 - 6,4581X + 19,873$	5,20	-	0,8846
3	$y = 0,2869X^2 - 2,4273X + 9,3324$	4,23	-	0,8543
4	$y = -0,0844X^3 + 1,9655X^2 - 12,932X + 30,12$	4,73	10,79	0,9202
5	$y = -0,3318X^3 + 7,8167X^2 - 57,254X + 136,79$	5,82	9,89	0,9396
6	$y = -1,1168X^2 + 20,536X - 81,54$	9,19	-	0,7677
7	$y = 0,4077X^2 - 3,3503X + 10,526$	4,12	-	0,8633
Folhas				
1	2,07*	-	-	-
2	$y = 0,0414X^2 - 0,5277X + 3,0081$	6,37	-	0,6726
3	$y = 0,0251X^3 - 0,4503X^2 + 2,2227X - 0,6151$	8,48	3,48	0,7459
4	1,50*	-	-	-
5	$y = 0,6698X^2 - 13,373X + 67,068$	9,98	-	0,9444
6	$y = 0,7412X^2 - 15,608X + 84,09$	10,53	-	0,9821
7	$y = -17,621X^2 + 250,04X - 798,75$	-	-7,09	0,8410

* Não houve variação nos teores de Mo, não se fez ajuste da equação de regressão. Utilizou-se somente média.

** Até a quinta semana, não houve variação nos teores de Mo, utilizando somente média de 1,5. A partir da sexta semana, fez-se o ajuste para essa equação de regressão.

Com relação ao tratamento 1 (testemunha), observa-se a partir da Figura 2 que, inicialmente, as concentrações de Mo, disponíveis na solução do solo e na própria semente, foram translocados para os nódulos. Em geral, os solos apresentam níveis de suficiência para este elemento. Também, em muitos casos, a quantidade existente nas sementes é suficiente para dar atendimento às necessidades nutricionais das culturas neste elemento (VIDOR; PERES, 1988). Os teores de Mo, nos nódulos, tenderam a diminuir, e mantiveram-se em

concentrações baixas ao longo das semanas 3, 4, 5, e 6. Esse período coincidiu com o período em que as plantas estavam atuando de maneira intensa no processo de Fixação Biológica do Nitrogênio (FBN), para constituírem ao máximo sua área foliar, e por isso o Mo disponível nos nódulos estava sendo utilizado na FBN e diluído na massa vegetativa que estava se formando. A partir da semana 7, as concentrações de Mo foram aumentando gradativamente nos nódulos, pois, nesse período, ocorreu diminuição da intensidade da FBN, todos os fotoassimilados produzidos pela planta no estágio vegetativo estavam sendo canalizados para o enchimento dos grãos. Em se tratando do teor de Mo nas folhas, não houve variação considerável ao longo das nove semanas, e os teores se mantiveram baixos (Figura 2). Os teores de Mo, presentes na solução do solo e na semente, foram disponibilizados para os nódulos para a FBN e diluídos na massa vegetativa, conforme já discutido acima.

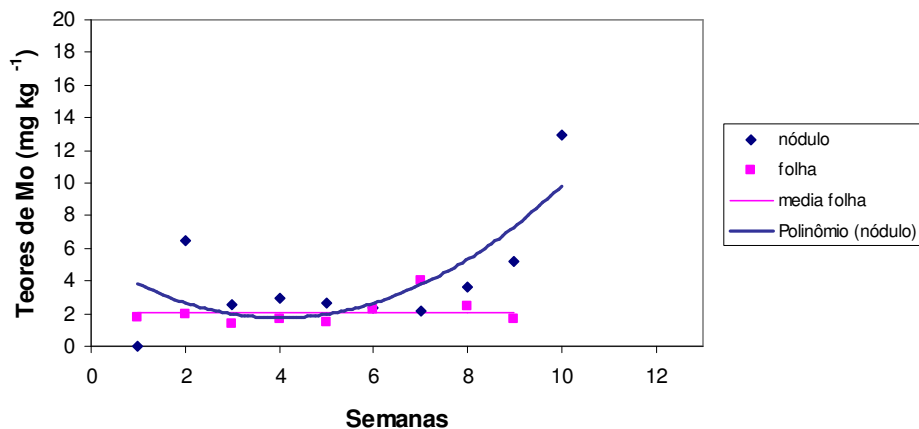


FIGURA 2-Teores de Mo, em nódulos e folhas, ao longo das semanas de coletas, relativos ao tratamento 1.

Para o tratamento 2 (Co e Mo aplicados via semente), pode-se observar, pela Figura 3, que os teores de Mo atingiram teores de 15 mg kg⁻¹ na primeira

semana (estádio V₄), havendo um efeito quadrático dos conteúdos de Mo e das semanas de coleta, atingindo o mínimo valor entre a quinta e sexta semana. A concentração elevada de Mo nos nódulos, na primeira semana de coleta, pode ser explicada em função das maiores concentrações desse nutriente nas sementes, pois além da disponibilidade de molibdênio na solução do solo para a planta, houve também aplicação de Co e Mo nas sementes. A partir do momento que se intensifica a FBN para constituir ao máximo a área foliar, e conseqüente acúmulo de reservas para o enchimento de grãos (semanas 2, 3, 4, 5 e 6), ocorre uma diminuição na concentração de Mo nos nódulos, pois estava sendo diluído na massa vegetativa que estava se formando. A partir da sétima semana, ocorreu um aumento na concentração de Mo nos nódulos, devido a diminuição da intensidade da FBN, sugerindo o mesmo comportamento do tratamento 1. As concentrações de Mo nas folhas permaneceram baixas ao longo das semanas avaliadas.

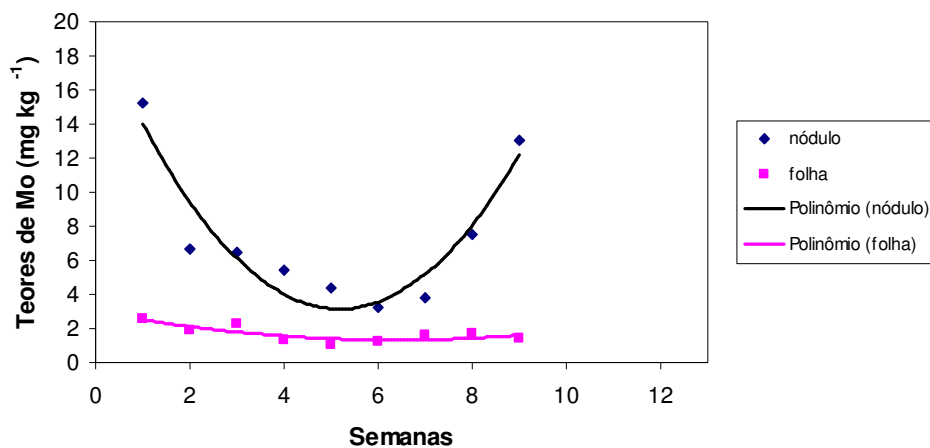


Figura 3-Teores de Mo, em nódulos e folhas, ao longo das semanas de coletas, relativos ao tratamento 2.

Em relação ao tratamento 3 (Co e Mo aplicados no estágio V₄, que coincidiu com a primeira semana), observa-se, pela Figura 4, que as concentrações de Mo nos nódulos mantiveram praticamente o mesmo comportamento em relação aos tratamentos anteriores, ou seja, baixas concentrações quando o processo de FBN foi intenso. Houve um leve acréscimo a partir da terceira semana, e manteve-se praticamente constante até a sexta semana. A partir da sétima semana, pode-se observar que ocorreu um aumento nos teores de Mo nos nódulos, conforme já discutido nos tratamentos anteriores. Com relação às folhas, a concentração de Mo foi maior entre a segunda e quarta semanas, tendo ocorrido, logo em seguida, um ligeiro decréscimo até a décima semana, sugerindo translocação de Mo das folhas para os nódulos e grãos. As maiores concentrações ocorridas entre a segunda e quarta semanas se devem ao fato de a aplicação de Co e Mo ter ocorrido na primeira semana.

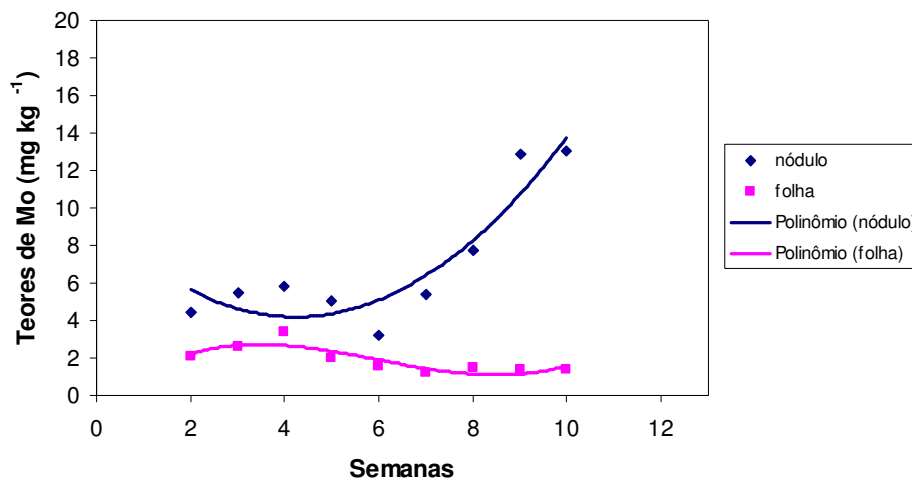


FIGURA 4-Teores de Mo, em nódulos e folhas, ao longo das semanas de coletas, relativos ao tratamento 3.

Para o tratamento 4 (Co e Mo aplicados no estágio V₆, coincidente com a segunda semana), os teores de Mo nas folhas não variou consideravelmente, não ajustando a equação de regressão, o que justificou fazer somente a média. Na quarta semana, ocorreu um pico, no teor de Mo nas folhas, possivelmente devido à aplicação de Mo que ocorreu na segunda semana. A partir de então, os teores de Mo decresceram, provavelmente ocorrendo translocação de Mo da folha para os nódulos, que tiveram seus teores aumentados, e para os grãos (Figura 5). A concentração de Mo nos nódulos teve o mesmo comportamento discutido em tratamentos anteriores. As coletas desse tratamento se fizeram até a décima primeira semana, e a partir da décima semana as plantas já se encontravam com vagens com grãos formados, permitindo teores de grãos somente por 2 semanas, o que não justificou ajuste da equação de regressão para grãos.

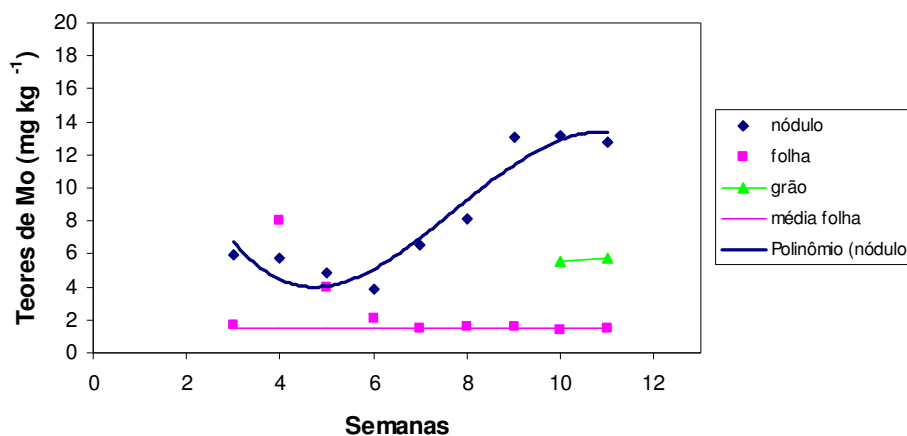


FIGURA 5-Teores de Mo, em nódulos e folhas, ao longo das semanas de coletas, relativos ao tratamento 4.

Para o tratamento 5 (Co e Mo aplicados no estágio R₁, que coincide com a quarta semana), conforme a Figura 6, observou-se que os teores de Mo nas

folhas diminuíram, havendo um efeito quadrático dos conteúdos de Mo e das semanas de coleta, atingindo o mínimo valor entre a nona e décima semana. Nesse período, as plantas já se encontravam com grãos formados e os teores de Mo destes aumentaram durante as três semanas de coleta dos grãos. A equação de regressão, para nódulos, ajustou-se para um polinômio de 3º grau. Observa-se ainda, nessa figura, que houve translocação de Mo das folhas para os nódulos, que atingiram o ponto máximo entre a nona e décima semana, e ao mesmo tempo, para os grãos que estão 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, e a partir da sétima semana aumentaram consideravelmente, obedecendo o mesmo comportamento discutido em tratamentos anteriores. Esse aumento ocorreu até a décima semana, a partir de então, os nódulos entraram em processo de deterioração, podendo-se observar um declínio em suas concentrações de Mo.

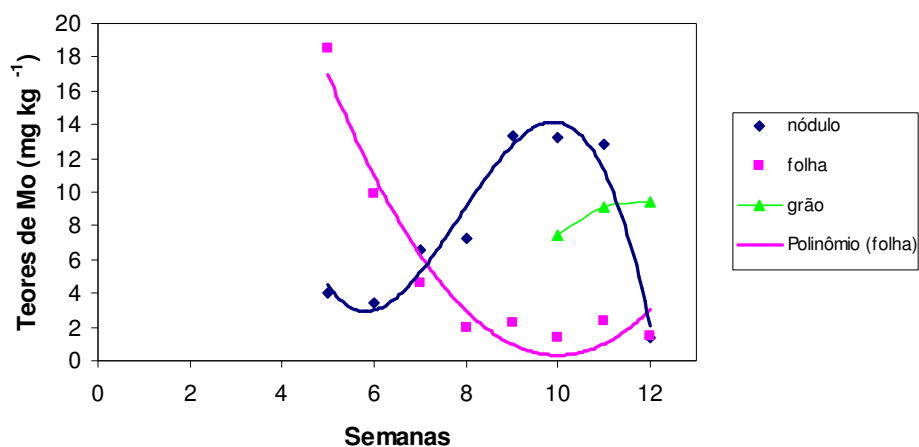


FIGURA 6-Teores de Mo, em nódulos e folhas, ao longo das semanas de coletas, relativos ao tratamento 5.

Em relação ao tratamento 6 (Co e Mo aplicados no estágio R₃, coincidente com a quinta semana), observa-se, pela figura 7, que houve um comportamento semelhante ao tratamento 5, ocorrendo translocação de Mo das folhas para os nódulos e para os grãos.

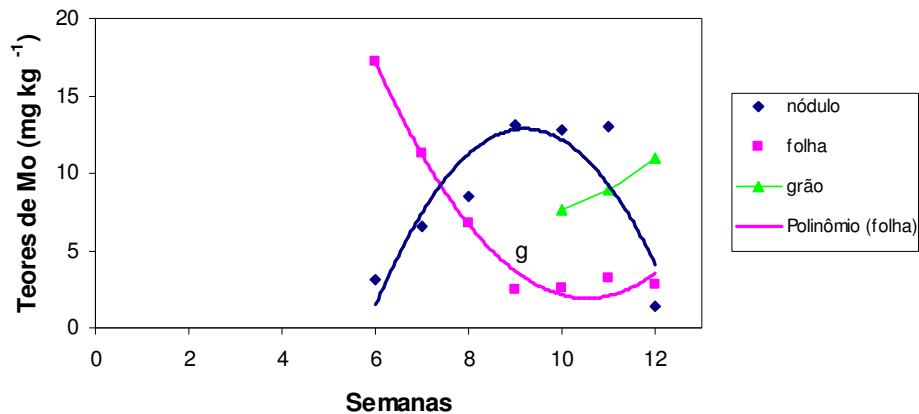


FIGURA 7-Teores de Mo, em nódulos e folhas, ao longo das semanas de coletas, relativos ao tratamento 6.

Em se tratando do tratamento 7 (Co e Mo aplicados na semente e na fase reprodutiva R₃), observa-se, pela figura 8, que os teores de Mo nos nódulos não variaram muito, tendo um leve acréscimo a partir da sétima semana. Na quinta semana, esse tratamento recebeu, via foliar a aplicação de 400 g ha⁻¹ de Mo, o que provocou o aumento nos teores desse micronutriente nas folhas na sexta semana. Provavelmente, a aplicação de doses elevadas de Mo, nessa fase reprodutiva da planta, contribuiu para o enriquecimento das sementes de soja, pois observou-se um decréscimo nos teores de Mo das folhas, a partir da sétima semana, indicando a translocação desse micronutriente para as vagens em fase de enchimento de grãos, apesar de não terem sido feitas coletas semanais de grãos nesse tratamento, uma vez que essas coletas, para o tratamento em

questão, foram encerradas na nona semana e as coletas de vagens com grãos formados, nos demais, se deram a partir da décima semana de coleta.

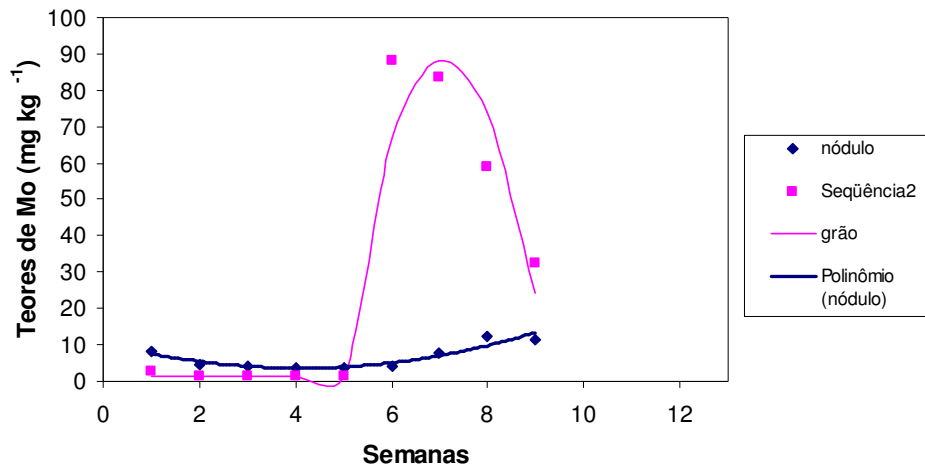


FIGURA 8-Teores de Mo, em nódulos e folhas, ao longo das semanas de coletas, relativos ao tratamento 7.

4.2 Avaliação agrônômica na colheita

4.2.1 Rendimento de grãos, teor de nitrogênio e proteína nos grãos

Em se tratando das análises de rendimento, teor de nitrogênio e proteína (Tabela 7), observa-se que não houve diferenças estatísticas entre os tratamentos avaliados. Esses resultados podem ser agregados à observação de Borkert (2002), o qual cita que, em geral, vários trabalhos de pesquisa com micronutrientes, feitos no Rio Grande do Sul e em outros estados do Brasil, mostram ausência de resposta à aplicação de micronutrientes na grande maioria das situações. As justificativas para estes resultados são a capacidade adequada de suprimento pelos solos, em função de sua origem, e a presença de

contaminantes contendo micronutrientes em corretivos e fertilizantes (BISSANI; GIANELLO, 2003). Assim, Pessoa (1998) também não observou efeito significativo da aplicação foliar de doses crescentes de Mo (0, 40, 80 e 160 g.ha⁻¹) na cultura da soja, em relação à testemunha. Segundo esse autor, isso possivelmente ocorreu porque o teor de Mo no solo foi suficiente para suprir a exigência da cultura, em função do solo utilizado ser originado de basalto e a acidez corrigida com aplicação de calcário. A maior disponibilidade do Mo para a planta, em condições de solos corrigidos, deve-se à maior concentração de Mo na forma MoO₄⁻², forma dissociada do ácido molíbdico, que é a forma de Mo mais absorvida pelas plantas. Alguns autores sugerem que a quantidade de micronutrientes, em especial o Mo, que as plantas exigem é tão pequena, que as sementes com altos teores de Mo dispõem de quantidades suficientes para suprir as exigências da planta (MEAGHER; JHONSON; STOUT, 1952).

TABELA 7. Valores médios observados para produtividade agrícola (PA), teores de nitrogênio e proteína bruta, de grãos de soja, cultivar BRSMG 68. UFU, Uberlândia, 2004/2005.

Tratamentos ⁽¹⁾	PA kg.ha ⁻¹	Nitrogênio g.kg ⁻¹	Proteína %
1	2839,33 a1 ⁽²⁾	57,57 a1 ⁽²⁾	35,98 a1 ⁽²⁾
2	2686,73 a1	57,26 a1	35,79 a1
3	2495,13 a1	57,09 a1	35,68 a1
4	2574,36 a1	57,39 a1	35,86 a1
5	2887,61 a1	48,93 a1	35,13 a1
6	2822,30 a1	56,62 a1	35,39 a1
7	2690,44 a1	58,45 a1	36,53 a1
C.V. (%)	20,16	13,99	3,74
Média	2713,70	56,19	35,77

⁽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 e números iguais nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

4.2.2 Teor de molibdênio nos grãos

Quando comparados com a testemunha, somente os tratamentos 2 e 3 não diferiram estatisticamente. Já os tratamentos, que receberam aplicações a partir do estágio V₆, foram diferentes significativamente da testemunha.

O tratamento 6 diferiu estatisticamente dos tratamentos 2 e 7, porém não diferiu dos tratamentos 3, 4 e 5. Já o tratamento 7 foi diferente

significativamente de todos os demais, conforme Tabela 8. Esses resultados sugerem que aplicações tardias de Mo resultam em maiores concentrações, desse micronutriente, nos grãos. O tratamento 7, que recebeu dose elevada de Mo no estágio R₃, 400 g ha⁻¹, proporcionou maior incremento nos teores de Mo, nos grãos colhidos, tornando-os altamente ricos em Mo. Segundo Campo e Hungria (2002), o uso de sementes ricas de Mo é um método alternativo de fornecimento de Mo que tem apresentado resultados consistentes no aumento da eficiência na FBN e nos rendimentos da soja.

TABELA 8. Teores observados de molibdênio nos grãos de soja⁽²⁾, cultivar BRSMG 68. UFU, Uberlândia, 2004/2005.

Tratamentos ¹	Mo mg kg ⁻¹
1	2,76 a1
2	4,69 a1 a2
3	6,48 a1 a2 a3
4	6,76 a2 a3
5	7,98 a2 a3
6	10,02 a3
7	25,85 a4
C.V	23,53
Média	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 e números iguais na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

4.3 Avaliação dos teores de cobalto nas folhas, nódulos e grãos

De acordo com os resultados das análises, realizadas pela EMBRAPA-soja, não houve leitura para os teores de Co, portanto, não foi possível interpretar o comportamento desse micronutriente no trabalho desenvolvido. Isso pode ter ocorrido em função da qualidade do produto utilizado. Ou até

mesmo porque os teores de Co e Mo, em tecido vegetal da soja, cerca de 1ppm, estão próximos do limite do ICP (equipamento utilizado para fazer leitura), portanto, somente amostras com elevado teor desses micronutrientes apresentarão resultados na leitura.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Novos trabalhos de pesquisa, na cultura da soja, utilizando cobalto e molibdênio deverão ser desenvolvidos, em campo e em casa de vegetação ao mesmo tempo, para que se possa comparar o fornecimento desses micronutrientes pelo solo, uma vez que a falta de resposta à aplicação destes pode ser em função da capacidade que o solo tem de fornecê-los para a planta.

O desenvolvimento de novas pesquisas com esses micronutrientes, principalmente com o cobalto, serão importantes para que se façam recomendações seguras deste para a cultura da soja, uma vez que poucos trabalhos de pesquisa, com esse micronutriente, são encontrados.

6 CONCLUSÕES

- O molibdênio, aplicado via foliar, transloca para os nódulos, e para os grãos, quando a planta atinge a fase de enchimento de grãos.
- As aplicações de cobalto e molibdênio, via foliar ou nas sementes, não mostraram efeitos positivos sobre a nodulação, sobre os teores de nitrogênio nas folhas, bem como sobre o rendimento da cultura, teores de nitrogênio e proteína nos grãos de soja.

- A aplicação via foliar de 400 g ha^{-1} de molibdênio, no estágio R_3 , promoveu um incremento nos teores desse micronutriente, nos grãos avaliados na colheita.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. Washington, D C, 1975.1054p.

BATAGLIA, O. C.; FURLANI, P. R.; VALADARES, J. M. A. S. O molibdênio em solos do Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15., 1975, Campinas. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1976. p.107-111.

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.

BORKERT, C. M. Ganhos em produtividade de culturas anuais com micronutrientes na Região Sul. In: CURSO DE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO, 5., 2002, Guarapava. **Palestras...** Passo Fundo: Aldeia Norte, 2002. p.81-96.

BORTOLINI, C. G.; PASQUALI, R.M. Incremento de produtividade da soja através da complementação com micronutrientes. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 25., 2003, Uberaba. **Resumos...** Uberaba, 2003.

CÂMARA, G. M. S. Fenologia da Soja. In: _____. **Soja: tecnologia da produção**. Piracicaba. 1998. cap.2, p. 26-39

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. (Embrapa Soja; Documentos, 180).

CAMPO, R. J.; ALBINO, U. B.; HUNGRIA, M. **Métodos de aplicação de micronutrientes na nodulação e na fixação biológica do N₂ em soja.** Londrina: Embrapa Soja, 1999. (Embrapa Soja. Pesquisa em Andamento, 19). 7 p.

CAMPO, R. J.; LANTMAN, A. F. Efeitos de micronutrientes na fixação biológica do nitrogênio e produtividade da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.8, p.1245-1253, ago. 1998.

CARVALHO, E. A. **Avaliação agrônômica da disponibilização de nitrogênio à cultura de feijão sob sistema de semeadura direta.** 80f. 2002. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Previsão da safra agrícola 2004/2005:** sexto levantamento. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/download/soja/6levant_de_safra.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. Correção e manutenção da fertilidade do solo. In: _____. **Tecnologias de produção de soja:** Região Central do Brasil 2004. Londrina, 2003. cap. 4, p. 55 – 78.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. Inoculação das sementes com Bradyrhizobium. In: _____. **Tecnologias de produção de soja: Região Central do Brasil 2004.** Londrina, 2003. cap. 7, p. 125 – 130.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Rio de Janeiro, 1999. 412p.

FERREIRA, A. B.; ARAÚJO, G. A. A.; CARDOSO, A. A.; FONTES, P. C. R.; VIEIRA, C. Influência do molibdênio contido na semente e da sua aplicação foliar sobre a composição mineral de folhas e sementes do feijoeiro. **Revista Ceres**, Viçosa, v.49, n. 284, p.443-452, 2002.

FERREIRA, A. C. de B. **Nutrição e produtividade do feijoeiro em função do molibdênio contido na semente e da sua aplicação via foliar.** 2001. 53f. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

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.

FONTES, R. L. F. Pesquisa com micronutrientes em solos e plantas. Difusão dos resultados no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 1997, Rio de Janeiro. **Palestras...** Rio de Janeiro: SBCS, 1997. 1 CD ROM.

GUPTA, U. C.; LIPSETT, J. Molybdenum in soil, plants and animals. **Advance in Agronomy**, Madison, v.34, p.73-115, 1981.

LOPES, M. E. B. de M.; LEONEL JÚNIOR, F. L. Efeito da aplicação de fungicidas, cobalto e molibdênio em sementes de soja sobre a sanidade, emergência e produtividade da cultura. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.75, n.1, p.87-86, 2000.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 672 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plant**. 2. ed. New York: Academic, 1995. 889 p.

MARTÍNEZ, E. L.; BARRACHINA, A. C.; CARBONELL, F. B.; POZO, M. A.; GARCIA, M. A.; BENEYTO, J. M. Molybdenum uptake, distribution and accumulation in bean plants. **Fresenius Environment Bulletin**, Freising, v.5, p.73-78, 1996.

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.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. Bern: International Potash Institute, 1978. 593p.

MESCHEDE, D. K.; BRACCINI, A. L.; BRACCINI, M. C. L.; SCAPIM, C. A.; SCHUAB, S. R. P. Rendimento, teor de proteínas nas sementes e características

agronômicas das plantas de soja em resposta à adubação foliar e ao tratamento de sementes com molibdênio e cobalto. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 2, p.139-145, 2004.

PESSOA, A. C. S. **Atividades de nitrogenase e redutase do nitrato e produtividade do feijoeiro em resposta à adubação com molibdênio e fósforo**. 1998. 151f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1998.

PIRES, A. A. **Parcelamento e época de aplicação foliar do molibdênio na cultura do feijoeiro**. 2003. 60f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2003

SFREDO, G. J.; BORKERT, C. M.; NEPOMUCENO, A. L.; OLIVEIRA, M. C. N. Eficiência de produtos contendo micronutrientes, aplicados via semente, sobre produtividade e teores de proteína de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.21, p.41- 45, 1997.

TAYLOR, R. M.; MCKENZIE, R. M. The association of trace elements with manganese mineral in Australian soils. **Australian Journal Soil Research**, Melbourne, v.4, p.29-39, 1966.

VETTORI, L. **Métodos de análise do solo**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, Equipe de Pedologia e Fertilidade do solo. 1969.24p. (Boletim técnico, 7).

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.

ANEXO

ANEXO A	Página
FIGURA 1A Imagem do corte feito para coleta das 20 plantas, na primeira semana de coleta – plantas no estádio V ₄	43
FIGURA 2A Imagem do corte feito para coleta das 20 plantas, já em estádio reprodutivo	43



FIGURA 1A



FIGURA 2A