

SEÇÃO 1

NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS

PRODUTIVIDADE DE GRÃOS DE SOJA EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO FOLIAR COM MOLIBDÊNIO

Anderson Luiz Wille¹ e Tiago Roque Benetoli da Silva²

¹Faculdade Assis Gurgacz – FAG, Curso de Agronomia. Avenida das Torres n. 500, CEP: 85.806-095, Bairro Santa Cruz, Cascavel, PR. E-mail: ander_wille@hotmail.com

²Universidade Estadual de Maringá – UEM, Departamento de Ciências Agronômicas, Campus de Umuarama. Estrada da Paca s/n, CEP: 87500-000, Bairro São Cristóvão, Umuarama, PR. E-mail: trbsilva@uem.br

RESUMO: Para a cultura da soja, o molibdênio (Mo) é um elemento indispensável para a eficiência da fixação biológica de nitrogênio, devido a o fato de participar da enzima nitrogenase, sintetizada pelas bactérias durante o processo de fixação biológica do nitrogênio (FBN) por simbiose. O presente trabalho foi conduzido em condições de campo, em solo classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distroférico, na safra de verão 2007/2008, no município de Toledo, distrito de São Luiz do Oeste, tendo como objetivo avaliar a aplicação de doses de molibdênio via foliar no rendimento da cultura da soja. A cultivar utilizada foi a CD-225 com delineamento experimental em blocos casualizados, constituído de quatro tratamentos (0, 60, 120 e 240 mL ha⁻¹), com cinco repetições cada. As fontes de Mo que foram utilizadas no experimento são de origem do produto comercial Molybdate, aplicados via foliar, 36 dias após o plantio. Os parâmetros avaliados foram: massa de mil grãos, número de vagens por planta, número de grãos por planta, altura e população final das plantas e produtividade. Pelos resultados observou-se que a adubação com molibdênio via foliar alterou o desenvolvimento da cultura da soja, quando aplicado em condições de acidez do solo, aumentando a produtividade até a dose máxima de 150 mL ha⁻¹.

PALAVRAS-CHAVE: Glycine max, micronutriente, fixação biológica de nitrogênio.

SOY BEAN YIELD IN FUNCTION OF MOLYBDENUM LEAF FERTILIZATION

ABSTRACT: For the soybean crop, the molybdenum (Mo) is essential for the efficiency of biological nitrogen fixation, due to the fact that part of the enzyme nitrogenase, synthesized by bacteria during the process of biological nitrogen fixation (BNF) by symbiosis. This work was conducted under field conditions in soil classified as Typic Hapludox in the summer season 2007/2008, in the city of Toledo, district of San Luiz in the west, where which aims to evaluate molybdenum application rates soy bean development. The cultivar used was the CD-225 with experimental design in randomized blocks, consisting of four treatments (0, 60, 120 and 240 mL ha⁻¹), with five replications. The sources of Mo which were used in the experiment are of the commercial product molybdates, leaf applied, 36 days after sowing. The parameters were evaluated: a thousand grain weight, number of pods per plant, number of seeds per plant, height and final population of plants and yield. By the results it was observed that with the molybdenum foliar fertilizer changed the development of soybean, when applied in conditions of soil acidity, increasing yield up to a maximum dose of 150 mL ha⁻¹.

KEY WORDS: Glycine max, micronutrient, nitrogen biological fixation.

INTRODUÇÃO

Na cultura da soja a produtividade e a lucratividade são dois fatores considerados de muita relevância, porém para se obter esses fatores, necessita-se adoção de um conjunto de práticas a serem empregadas na cultura, sendo uma delas a aplicação de adubos foliares.

A Adubação foliar é uma técnica agrícola que consiste no fornecimento de nutrientes para as plantas através de suas folhas mediante o uso de adubos foliares. A aplicação de adubos foliares tem a finalidade de corrigir deficiências nutricionais de maneira imediata, mantendo ou até mesmo aumentando a concentração de nutrientes nas folhas, servindo como uma complementação da adubação via solo.

Com expectativa de maior produção, os produtores se motivam a utilizar micronutrientes na intenção de eliminar possíveis deficiências deixadas na adubação de base.

O molibdênio é um dos micronutrientes que proporciona efeito benéfico na produtividade das leguminosas, encontrado em toda crosta terrestre em pequenas concentrações, ele quando aplicado via foliar, antes do início da floração da soja, é uma alternativa para a nutrição da cultura. Por causa dessas baixas concentrações de molibdênio no solo e utilização sem devida reposição, tal nutriente vem se tornando deficiente em todos os solos, principalmente nos arenosos (Sfredo et al., 1997). Segundo Malavolta (1989) o molibdênio é essencial para a fixação do nitrogênio do ar nos nódulos das raízes das leguminosas e que é indispensável para o aproveitamento dos nitratos absorvidos pela planta pelo fato de evitar o acúmulo de nitrato nas folhas, transformando o nitrogênio em proteínas, importante para o enchimento de grãos.

Segundo Lantmann (2004) sua principal atuação está no processo de fixação simbiótica do nitrogênio, participando ativamente como cofator integrante nas enzimas nitrogenase, redutase do nitrato e oxidase do sulfato, e está intensamente relacionado com o transporte de elétrons durante as reações bioquímicas, o autor ainda cita que a falta de molibdênio no solo irá ocasionar menor síntese da enzima nitrogenase, conseqüentemente ocorrendo redução da fixação biológica do nitrogênio, fazendo com que as folhas mais velhas da soja tenham coloração amarelo pálido semelhante a deficiência de nitrogênio. Já Malavolta et al. (1997) citam que os sintomas iniciais da deficiência de molibdênio é a clorose seguida do encurvamento ou estrangulamento do limbo, aparecendo primeiramente nas folhas mais velhas ou de meia idade fisiológica, cita ainda que, a absorção radicular de molibdênio é maior quando se encontra em presença de Ferro e que também serve como um auxiliador na absorção de cálcio.

O nitrogênio participa no metabolismo das plantas, como constituinte de moléculas de proteínas, coenzimas, ácidos nucleicos, citocromos, moléculas de clorofila, sendo considerado um dos elementos mais importantes para o aumento da produção, deste modo, a deficiência por molibdênio poderá reduzir a produtividade, além disso, quando ocorre baixa disponibilidade desse micronutriente, este é redistribuído das folhas para os nódulos, aumentando a deficiência na planta (Maschede et al, 2004).

Para Malavolta (1981) a dose de molibdênio necessária para corrigir a deficiência depende do tipo de solo, tipo de cultura e o método de aplicação, sendo o ferro e o alumínio os elementos mais responsáveis pela diminuição na disponibilidade do elemento em solos ácidos. Complementam ainda Franco e Day (1980) que quanto maior for a acidez do solo, mais insolúvel fica o molibdênio, diminuindo sua disponibilidade para as plantas. No entanto para Rajj (1991) e Rubin et al (1995), a deficiência de molibdênio quando ocorre, pode ser corrigida ou amenizada com a calagem.

Segundo Lantmann (2004) a quantidade de molibdênio no solo está diretamente relacionado com o pH do solo, quando o pH encontra-se extremamente baixo, o molibdênio existente na solução do solo encontra-se predominantemente em forma não dissociada de ácido molíbdico e com o aumento do pH, o ácido molíbdico se dissocia em molibdato, o qual se torna o principal suprimento para as plantas, via fluxo de massa, sendo assim o molibdato a forma predominante em solos de pH neutro e alcalino. As formas de molibdênio mais utilizadas em adubações são os molibdatos de sódio e de amônio, ácido molíbdico e trióxido de molibdênio. Cita ainda Rajj (1991) que com a elevação do pH do solo, o molibdênio é o único micronutriente que eleva sua disponibilidade no solo.

Segundo Brakemeier (1999) o *Rhizobium* (bactéria fixadora do nitrogênio) necessita do molibdênio como carreador de elétrons e do cobalto para a formação da Vitamina B12, conhecida também por Cobalamina. Desta forma, tanto o molibdênio como o cobalto são de vital importância para a realização das diversas reações bioquímicas que permitem a fixação do nitrogênio do ar. Ainda o autor cita que a aplicação foliar com molibdênio deve ser realizada a partir de vinte dias após a emergência e que normalmente uma aplicação é suficiente.

As vantagens que o molibdênio proporciona para as leguminosas então podem ser elencadas como: contribui para um maior desenvolvimento do sistema radicular, melhor resistência às secas, nódulos maiores, mais nitrogênio, mais proteína, crescimento rápido e vigoroso, folhas maiores e mais verdes, maior número de vagens, maior peso das sementes e conseqüentemente maior produtividade.

Portanto o objetivo desse trabalho foi verificar o efeito da aplicação de molibdênio via foliar no desenvolvimento da cultura da soja.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento teve seu local de realização na propriedade do Sr. Pedro Antônio Wille, localizada no distrito de São Luiz do Oeste, Toledo-PR, na safra de verão 2007/2008, tendo como data de plantio no dia 11 de outubro de 2007. Área situa-se a 24°43' de latitude sul e 53°34' de longitude oeste em uma altitude de 650 metros. Teve-se também uma precipitação pluvial a partir do dia do plantio até a data da colheita de 871 mm, diagnosticados conforme registros da Empresa I. Riedi & Cia Ltda, localizada no distrito de São Luiz do Oeste. O solo é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico (Embrapa, 2006), onde sua análise química do solo revelou: pH CaCl₂ = 4,62; V = 47,28; M.O (g kg⁻¹) = 72,53; CTC = 13,99 cmol_c dm³; H+Al³ = 7,38 cmol_c dm³; Ca²⁺ = 4,80 cmol_c dm³; Mg²⁺ = 1,36 cmol_c dm³; K⁺ = 0,45 cmol_c dm³; P = 17,28 mg dm⁻³.

A cultivar de soja utilizada foi a CD-225, recomendada para a região (COODETEC, 2007), sendo as sementes tratadas com o inseticida Carbosulfano e o fungicida Thiram+Carboxin, ambos com a mesma dosagem de 2 mg kg⁻¹. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, utilizando 5 blocos e 4 tratamentos, sendo eles: T1: testemunha (sem aplicação), T2: metade da dose recomendada pelo fabricante 60 mL ha⁻¹, T3: dose recomendada pelo fabricante 120 mL ha⁻¹, T4: o dobro da dose recomendada pelo fabricante 240 mL ha⁻¹. O produto aplicado tem nome comercial de Molybdate, sendo sua aplicação realizada via foliar, 36 dias após o plantio, com pulverizador costal tipo jacto (20 L), com vazão de 165 L ha⁻¹.

As parcelas foram constituídas de 9 linhas de 5 metros de comprimento com espaçamento entre linhas de 0,45 metros, sendo a densidade de semeadura de 15 sementes por metro. Para obter a área útil da parcela, foram utilizadas as cinco linhas centrais, eliminando-se duas linhas de ambas laterais e 1,5 metros de cada extremidade, sendo assim avaliados 3,6 m² de cada parcela. A adubação foi efetuada no sulco de semeadura na dose de 250 kg ha⁻¹ da fórmula comercial 2-17-17. Nos tratos fitossanitários, houve monitoramento da cultura, utilizando-se o inseticida Methamidophos e Methomyl ambos com doses de 0,83 L ha⁻¹, fungicida Cyproconazole + Azoxystrobin na dose de 0,30 L ha⁻¹ associado a mais 0,62 L ha⁻¹ de óleo mineral e Tetraconazole na dose de 0,40 L ha⁻¹. Para o controle das plantas daninhas utilizou-se Glyphosate na dose de 2 L ha⁻¹ e em caso específico de algumas invasoras

utilizou-se a capina. A colheita foi realizada no dia 15 de fevereiro de 2008 e a trilhagem 5 dias após a colheita, sendo ambos manejos feitos manualmente.

Os parâmetros avaliados foram: massa de mil grãos, número de vagens por planta, número de grãos por planta, altura e população final das plantas e a produtividade final.

Os resultados dos parâmetros avaliados foram submetidos a análise de variância, cujas médias foram avaliadas por meio de regressão polinomial, usando-se 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A deficiência de molibdênio causa redução na fixação biológica de nitrogênio, tendo em vista que este nutriente faz parte da enzima nitrogenase responsável pelo processo da fixação (Lantmann, 2004).

Pelas médias avaliadas por meio de regressão polinomial, observa-se que para massa de 1.000 grãos e população final de plantas, não se obteve resultados significativos na aplicação via foliar de molibdênio (Figuras 1 e 2).

Para a massa de 1.000 grãos a aplicação de molibdênio não surtiu efeito, assemelhando-se aos trabalhos realizados por Marcondes e Caires (2005) e Tiritan et al (2007). Entretanto contradiz o trabalho realizado por Silva et al (2003), que observaram que para os tratamentos que receberam aplicação de molibdênio, os resultados foram superiores aos demais tratamentos sem a aplicação do micronutriente.

O motivo pelo qual não se obteve resultado significativo para massa de 1.000 grãos, sugere-se ao fato de ficarem 12 dias sem chuvas no período de enchimento de grãos da soja (R5), comprometendo assim sua massa final de grãos. Neumaier et al. (2000) salientaram que ausência de chuva na fase R5 pode reduzir drasticamente o rendimento da soja, pois quase metade dos nutrientes necessários ao enchimento de grãos provém do solo e da fixação biológica de nitrogênio. Citam ainda esses autores que durante a fase de enchimento de grãos a ocorrência de deficiências hídricas, acompanhadas de altas temperaturas, pode causar enrugamento dos grãos de cultivares sensíveis, reduzindo o rendimento e a qualidade da soja.

No entanto para a população final de plantas o resultado obtido foi semelhante em todos os tratamentos, motivo esse possivelmente de que no desenvolvimento inicial da cultura, não houve intempéries climáticas e nem danos por causa de pragas e doenças, mostrando assim, que as diferentes dosagens de molibdênio não afetaram o estande final da cultura da soja.

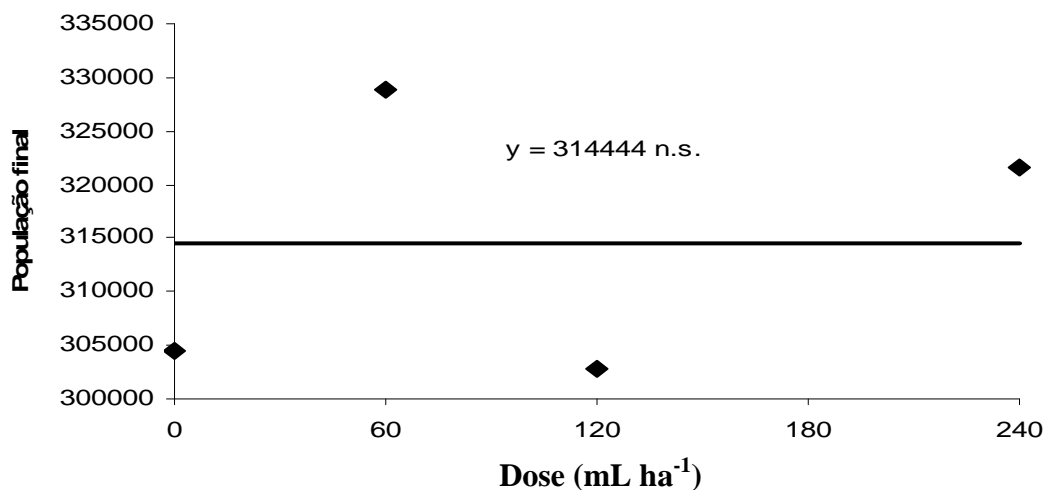


Figura 1 – População final de plantas em função da aplicação de doses de molibdênio (mL ha⁻¹).

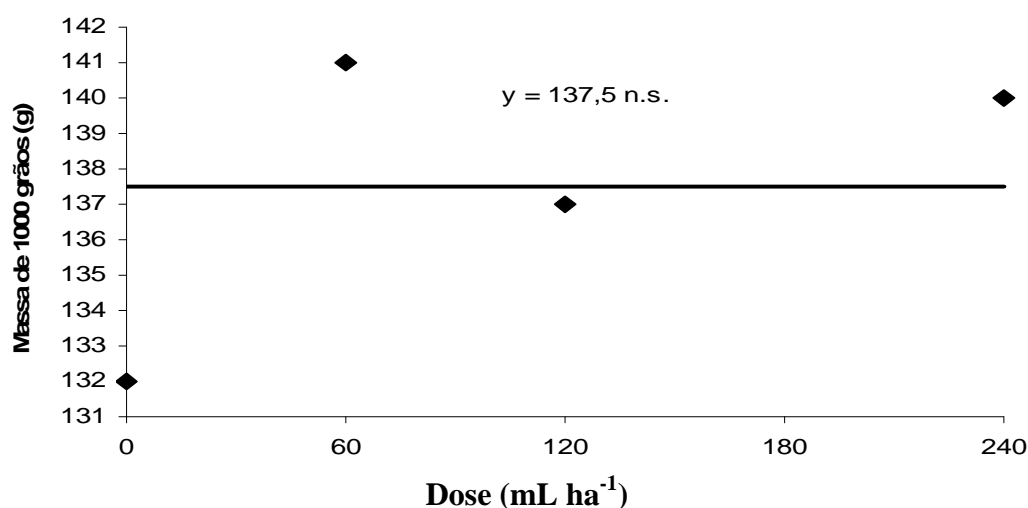


Figura 2 – Massa de 1.000 grãos em função da aplicação de doses de molibdênio (mL ha⁻¹).

Em relação aos parâmetros altura de plantas, número de grãos por planta, número de vagens por planta e produtividade final houve resultados significativos entre os tratamentos.

Entre as características avaliadas, averigua-se que na altura das plantas se obteve melhores resultados em relação aos tratamentos empregados. No T1 as plantas tinham em média, altura em torno de 1,00 m, a partir daí se observou um aumento relativamente acentuado até o T3, sendo a altura máxima obtida na dose de 119 mL ha⁻¹. No entanto averiguou-se que no T4 ocorreu um grande decréscimo na altura das plantas, ficando com altura inferior até mesmo a da testemunha (Figura 3).

Trabalho realizado por Marcondes e Caires (2005), mostra que altas dosagens de cobalto proporcionam efeito fitotóxico na cultura da soja, fazendo que haja uma diminuição na altura das plantas. Para Ferreira (2001) a toxicidade de molibdênio em culturas não é comum e é encontrada apenas quando há presença de teores excessivamente altos, motivo pelo qual, sugere-se que houve redução na altura das plantas de soja, quando aplicado o dobro da dose recomendada de molibdênio.

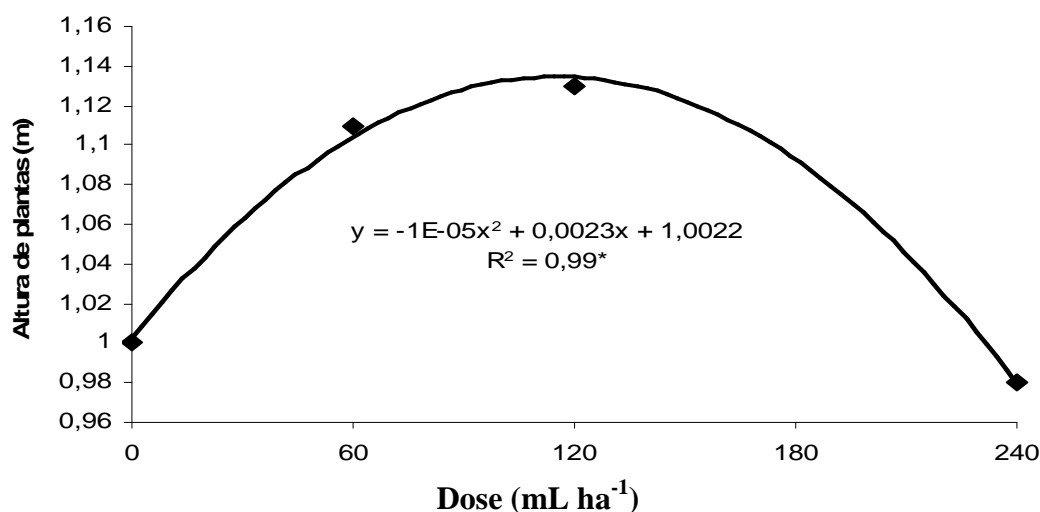


Figura 3 – Altura de plantas (m) em função da aplicação de doses de molibdênio (mL ha⁻¹).

O efeito dos tratamentos em relação ao número de grãos por planta foi pouco expressivo entre os tratamentos, porém se observou resultados satisfatórios, como pode se observar no T2 e T3 (Figura 4). No experimento realizado por Silva et al. (2003) o número de grãos por vagem teve resultados significativos, semelhantes ao trabalho apresentado, porém se diferenciando ao número de grãos por vagem de números de grãos por planta. Para Rodrigues et al. (1996) esse parâmetro de rendimento é o menos influenciado pela adubação molibdica, ao contrário do trabalho apresentado, que obteve como seu parâmetro menos favorecido pela adubação molibdica, a massa de 1.000 grãos.

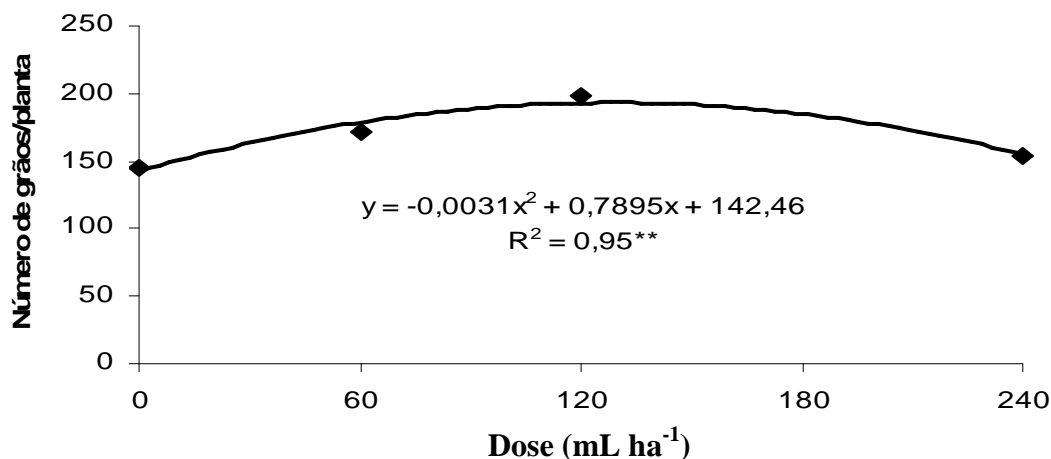


Figura 4 – Número de grãos por planta em função da aplicação de doses de molibdênio (mL ha⁻¹).

Para o número de vagens por planta os resultados também não foram tão expressivos entre os tratamentos, no entanto, os T2, T4 e principalmente o T3 tiveram melhores desempenhos em relação à testemunha (Figura 5), de forma já constatada por Silva *et al.* (2003). Certamente esses resultados obtidos, devem ser causados pela influência do molibdênio na atividade das enzimas nitrogenase e redutase de nitrato, conforme confirma Vieira (1994) em experimentos de campo.

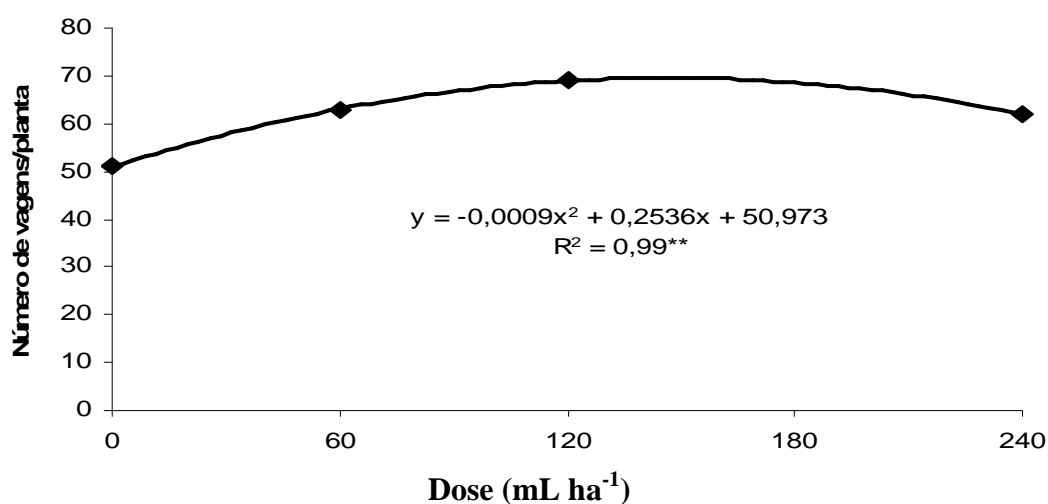


Figura 5 – Número de vagens por planta em função da aplicação de doses de molibdênio (mL ha⁻¹).

A produtividade final foi significativa entre os tratamentos, ocorrendo uma variação considerável entre a testemunha (4.216 kg ha⁻¹) e o T3 (5.027 kg ha⁻¹), porém ocorrendo uma

queda no rendimento dos grãos no T4 (4.608 kg ha⁻¹) (Figura 6). O aumento da produtividade de grãos de até 15% foi atribuído a aplicação de molibdênio via semente (Sfredo et al, 1997). Outros dados ainda mostram que o molibdênio promoveu acréscimo na produtividade de grãos de soja em solos com pH inferior a 5,5, tendo havido deficiência de nitrogênio no início do ciclo de desenvolvimento da cultura (Bissani e Gianello, 2003). Lantmann (2004) também cita que a correção do pH dos solos ácidos, através da calagem, aumenta a disponibilidade de molibdênio.

A produtividade se ajustou a regressão linear, observada pela Figura 6, cujo ponto de máximo foi obtido com a dose de 150 mL ha⁻¹, o que demonstra possível efeito fitotóxico de altas doses de molibdênio.

Respostas significativas são evidenciadas quanto ao uso de adubação molíbdica, quando o pH do solo encontra-se abaixo do sugerido em trabalho realizado por Bissani e Gianello (2003), portanto, não se torna vantajoso fazer o uso da aplicação de molibdênio, quando o solo se encontrar com pH entre 5,5 e 6,5, ou seja, solo que já foi realizado ou que se pretende fazer calagem, a incrementação de molibdênio não se torna mais vantajoso, porém é a acidez do solo a responsável pela deficiência do micronutriente.

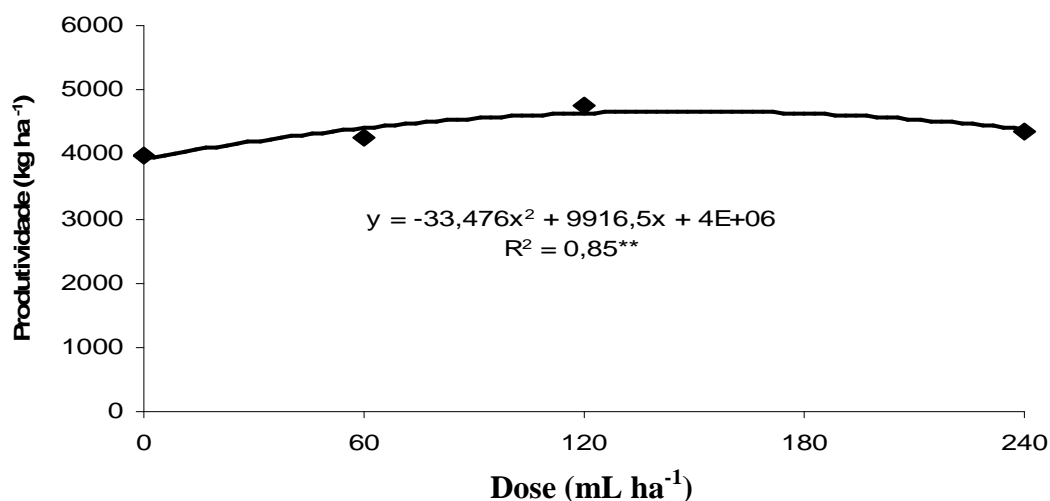


Figura 6 – Produtividade (kg ha⁻¹) em função da aplicação de doses de molibdênio (mL ha⁻¹).

CONCLUSÃO

A adubação com molibdênio via foliar alterou o desenvolvimento da cultura da soja, aumentando a produtividade em até 84%, isso em um solo de pH ácido, na dose máxima de 150 mL ha⁻¹.

REFERÊNCIAS

- BISSANI, C.A.; GIANELLO, C. Utilização de micronutrientes. In: CURSO DE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO, 6., 2003, Ibirubá. **Palestras...** Ibirubá, 2003. p.52-63.
- BRAKEMEIER, C. Acertando no adubo. **Revista cultivar grandes culturas**. n.7, 1999.
- COOPERATIVA CENTRAL DE PESQUISA AGRÍCOLA – COODETEC. Disponível em: <<http://www3.coodetec.com.br>>. Acesso em 6 de fevereiro de 2008.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, 2006. 412p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA EMBRAPA. Tecnologias de Produção de Soja Paraná. Disponível em:<<http://www.cnpso.embrapa.br>>. Acesso em 8 de outubro de 2008.
- FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.D.; RAIJ, B.V.; ABREU, C.A.D. **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Editora Levis Summa Ltda. Jaboticabal, SP, 2001, 600 p.
- FRANCO, A.A., DAY, J.M. Effects of lime and molybdenum on nodulation and nitrogen fixation of *Phaseolus vulgaris* L. in acid soils of Brazil. **Turrialba**, San José, v.30, p.99-105, 1980.
- LANTMANN, Á. **Nutrição e produtividade da soja com molibdênio e cobalto**. Empresa Brasileira de pesquisa agropecuária, EMBRAPA, Londrina, PR, 2004. Disponível em: <<http://www.embrapa.br>>. Acesso em 6 de fevereiro de 2008.
- MALAVOLTA, E. **ABC da adubação**. Editora agronômica Ceres Ltda. Piracicaba, SP, 1989. 125 p.
- MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola Adubos e Adubações**. Editora agronômica Ceres Ltda. Piracicaba, SP, 1981. 595 p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.; OLIVEIRA, S. **Avaliação do estado nutricional das plantas, princípios e aplicações**. Editora agronômica Ceres Ltda. Piracicaba, SP, 1997. 97 p.
- MARCONDES, J.A.P.; CAIRES, E.F. Aplicação de molibdênio e cobalto na semente para cultivo da soja. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 4, p. 687-694, 2005.
- MASCHEDA, D.K.; BRACCINI, A.; 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 a adubação foliar e ao tratamento de sementes com molibdênio e cobalto. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v.26, n.2, p.139-145, 2004.
- NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A.L.; FARIAS, J.R.B.; OYA, T. Estádios de desenvolvimento da cultura da soja. In: BONATTO, E.R (eds). Estresses na soja. Passo fundo: Embrapa Trigo, 2000, p. 19-44.
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Editora agronômica Ceres Ltda. Piracicaba, SP, 1991. 343p.

RODRIGUES, J.R.M.; ANDRADE, M.J.B.; CARVALHO, J. G. Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) a doses de molibdênio aplicadas via foliar. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 20, n. 3, p. 323-333, 1996.

RUBIN, S.A.L.; SANTOS, O.S.; RIBEIRO, N.D.; RAUPP, R.O. Tratamento de sementes de soja com micronutrientes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.5, n.1, p.39-42, 1995.

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

SILVA, M.V.D.; ANDRADE, M.J.B.D.; RAMALHO, M.A.P.; ALVES, V.G. Aplicação foliar simultânea de molibdênio e alguns defensivos agrícolas na cultura do feijoeiro. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 27, n. 5, p. 1160-1164, 2003.

TIRITAN, C.S.; FOLONI, J.S.S.; SATO, A.M.; MENGARDA, C.A.; SANTOS, D.H. Influência do molibdênio associado ao cobalto na cultura da soja, aplicados em diferentes estágios fenológicos. **Colloquium Agrariae**, v. 3, n. 1, p. 1-07, 2007.

VIEIRA, R.F. **Aplicação foliar de molibdênio e seu efeito nas atividades da nitrogenase e redutase do nitrato no feijoeiro em campo**. 1994. 188 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura de Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1994.

Recebido para publicação em: 03/02/2012

Aceito para publicação em: 05/07/2012