

Fisiologia da soja em resposta a doses de molibdênio e cobalto via foliar

Francielli Diesel¹ e Regiane Slongo Fagundes¹

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

francielli_diesel@hotmail.com, regianesl@uol.com.br

Resumo: A eficácia do processo de fixação biológica de nitrogênio, bem como o seu processo metabólico, pode ser seriamente prejudicada pela deficiência de cobalto e molibdênio. O objetivo do trabalho foi avaliar a resposta fisiológica da cultura da soja com diferentes doses de adubo foliar a base de molibdênio e cobalto. O experimento foi realizado na cidade de São João-PR em LATOSSOLO VERMELHO Distrófico, a variedade utilizada foi a Dom Mario Impacto 6200[®], em blocos inteiramente casualizados, onde foram aplicadas cinco doses da composição molibdênio e cobalto (0, 50, 100, 150 e 200% da dose recomendada), com quatro repetições em parcelas de 11 m². Avaliou-se a germinação, stand inicial, número de flores, número de vagens e número de grãos chochos e grãos cheios. A aplicação de molibdênio e cobalto via foliar não influenciou na resposta da fisiologia da soja, em solo com pH 5,9.

Palavras-chave: *Glycine max*, micronutrientes, fisiologia das plantas.

Physiology of soybean in rates response of leaf cobalt and molybdenum

Abstract: The efficacy of the process in the nitrogen's biological settled, in the harmony with the metabolic process, can be seriously harmful by the cobalto and molibdênio's lack. The aim of this work it was estimated the fisiological answers of the soy's culture with many of different types in the fertilizer's dose supported by molibdênio and cobalto. The experiment was accomplished in São João town, Pr in "LATOSSOLO VERMELHO distrófico", the variety used was the "Dom Mario Impacto 6200", in intact blocks accidental, where it was applied five quantities of molibdênio and cobalto composition (0, 50, 100, 150 and 200% of the suggestion quantity), with four replays in parcels of 11m. It was valued the germination, stand inaugural, flowers' numbers, string beans' numbers, empty grains and filled up grains. The application of molybdenum and cobalt on the leaves did not influence the response of the physiology of soybean in soil with pH 5.9.

Key-words: *Glycine max*, micro-nutrients, plants' physiology.

Introdução

A Soja (*Glycine max*) é uma leguminosa da família Fabaceae, sendo esta atualmente a cultura que apresenta a maior área anual cultivada de grãos no Brasil, em torno de 20 milhões de hectares (Embrapa, 2008).

Além da criação de novas cultivares melhoradas para aumentar a produtividade, é crescente a preocupação de técnicos e pesquisadores com as práticas de manejo, de fertilização e de proteção de plantas (Sattler e Faganello, 2004).

Na cultura da soja os aspectos mais relevantes são a lucratividade e produtividade, levando em consideração a sustentabilidade dos processos produtivos. Conhecida a sua importância há décadas, os fertilizantes representam um percentual significativo nos custos de produção da soja. Em estudos realizados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, este percentual é 20 a 30% dependendo da tecnologia utilizada pelo agricultor. Como as raízes, as folhas também têm capacidade de absorver os nutrientes na forma de solução depositada em sua superfície (Embrapa, 2007).

O uso intensivo e o manejo inadequado do solo têm provocado reduções dos teores de matéria orgânica e aumento da acidez. Em razão disto, tem ocorrido deficiência de alguns micronutrientes na cultura da soja e, conseqüentemente, redução do processo de fixação simbiótica do nitrogênio (N). O molibdênio (Mo) juntamente com cobalto (Co), zinco (Zn), cobre (Cu), manganês (Mg) e boro (B) são os elementos que apresentam o maior nível de deficiência, principalmente em solos de cerrado (Meschede, *et al.*, 2004).

O N é o nutriente mais requerido pela cultura da soja, sendo que as fontes são os fertilizantes nitrogenados e fixação biológica de nitrogênio (FBN). A fixação biológica é a principal fonte de nitrogênio para a cultura, as bactérias do gênero *Bradyrhizobium* em contato com as raízes, infectam as mesmas através dos pêlos radiculares, formando os nódulos. A fixação biológica pode suprir todas as necessidades de nitrogênio que a soja necessita (Cattelan *et al.*, 2008).

Os micronutrientes apresentam um papel importante na atividade da enzima nitrogenase, causando diminuição de sua atividade quando tiver deficiência deste elemento, além de se apresentar em quantidades pequenas nos solos tropicais e encontrar-se preso à matéria orgânica, com isso sua disponibilidade diminui para as plantas (Jacob-Neto e Franco, 1996).

Sintomas de deficiência de micronutrientes em soja são raros, devido principalmente a natureza ácida dos solos onde a cultura vem sendo cultivada, sendo que em solos que receberam calagem excessiva foram encontrados baixos teores de micronutrientes. Nas condições do solo, tendo pH baixo e pobre em Mo, a cultura da soja responde à adubação (Campo e Lantmann, 1998).

O Mo é encontrado em toda a crosta terrestre, mas em pequenas quantidades. Os ambientes mais ricos em Mo são as formações sedimentares, onde as concentrações podem exceder 0,04%. A disponibilidade de Mo no solo é extremamente afetada pelo pH, ou seja, a maior disponibilidade ocorre em pH superior a 7, sendo que a disponibilidade de Mo aumenta 100 vezes para cada unidade de aumento do pH (Campo e Hungria, 2002).

Segundo Sfredo *et al.*, (1996) os nutrientes do solo são retirados pela produção de grãos colhidos, e com o aumento produtivo dos materiais genéticos atuais, já consta deficiências de alguns micronutrientes no solo, entre eles o Mo.

O Mo apresenta mobilidade moderada dentro da planta, sendo sua concentração normalmente inferior a $1,0 \text{ mg kg}^{-1}$, mas Ferreira *et al.*, (2001) relaciona uma faixa de $1,0$ a $5,0 \text{ mg kg}^{-1}$ adequado para a cultura da soja.

Estudos realizados mostram que a utilização de pulverizações de Mo em soja não tem surgido efeito no aumento do rendimento de grãos. Essa falta de resposta talvez possa ser explicada pelas baixas concentrações dos nutrientes nas misturas de pulverizações, que não são suficientes para influenciar o rendimento da cultura, já que com altas concentrações pode vir a provocar queima das folhas (Borkert, 1987 *apud* Gris *et al.*, 2005).

Segundo Sattler e Faganello (2004) a aplicação de Mo pode proporcionar um incremento no rendimento de grãos da cultura de soja na região Sul do Brasil. No cerrado brasileiro devido à deficiência de micronutrientes no solo, a aplicação dos mesmos, especialmente Mo e Co, resultou em um incremento significativo no rendimento de grãos.

A necessidade de Co para a soja é muito pequena, perto de 300 vezes menos do que a necessidade de Mo. A aplicação via foliar de Co apresenta menor eficiência que a aplicação do Mo, em decorrência da baixa translocação deste nutriente na planta. O Co é um micronutriente necessário para a síntese da cobalamina (vitamina B12), que participa dos passos metabólicos para a formação da leghemoglobina, cuja afinidade com o oxigênio é elevada, e regula sua concentração nos nódulos impedindo a inativação da enzima nitrogenase (Favarin e Marini, 2000 *apud* Ceretta *et al.*, 2005).

O Co é um elemento essencial para o processo de fixação biológica de nitrogênio pelo *Bradyrhizobium* presentes nas nodulações da soja. Na literatura brasileira existem dúvidas a respeito da necessidade de sua aplicação para se obter incremento no rendimento de grãos de soja. Há evidências de respostas positivas da aplicação de Co na fixação biológica do N e na produtividade da soja quando a planta está bem suprida de Mo, mas os trabalhos da literatura não têm demonstrado que isso seja verdadeiro (Campo e Hungria, 2002).

Os mesmos autores afirmam ainda que os teores de Co no solo variam de 1 a 40 ppm, valores superiores podem vir a ocorrer em solos de origem de rochas ricas em minerais ferromagnesianos, solos ácidos apresentam geralmente concentração de Co inferior a 10 ppm.

Segundo Ferreira *et al.*, (2001), a aplicação de doses com $36,8 \text{ mg kg}^{-1}$ de Co nas sementes na forma de sulfato de Co pode causar problemas de germinação, clorose nas folhas e atrofiamento das plântulas.

O Co e o Mo são indispensáveis para que a fixação biológica de nitrogênio seja eficiente, sendo as recomendações técnicas atuais de 2 a 3 gramas de Co e 12 a 30 g de Mo por hectare, sendo a aplicação realizada via semente ou pulverização foliar, nos estádios V3-V5 (Catellan, *et al.*, 2008).

As pesquisas têm demonstrado que a aplicação conjunta, via foliar, destes dois micronutrientes (Mo e Co), além de promover o aumento da fixação biológica do nitrogênio, podendo vir a aumentar a produtividade da soja (Winkler *et al.*, 2005).

O objetivo do trabalho foi avaliar a resposta fisiológica da cultura da soja com diferentes doses de adubo foliar a base de molibdênio e cobalto.

Material e métodos

O experimento foi realizado a campo na safra 2008/2009, no município de São João – Paraná (latitude 25°49'40" sul, longitude 52°43'31" oeste e altitude de 750 metros), em solo classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico (Embrapa, 2006), cujas características químicas foram: Matéria orgânica (g dm^{-3}) = 40,21; pH em água (1:2,5) = 5,90; P – Mehlich (mg dm^{-3}) = 2,49; K ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) = 0,48; Al_3+H ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) = 3,68; Ca^{2+} ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) = 5,88; Mg^{2+} ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) = ; S (mg dm^{-3}) = ns; H + Al ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) = 3,68; SB ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) = 9,58; CTC total ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) = 9,58; V (%) = 72,25.

Realizou-se a dessecação da área com Glifosato ($1,2 \text{ kg ha}^{-1}$) sete dias antes do plantio. Foram utilizadas sementes de soja da cultivar Dom Mario Impacto 6200® com ciclo de aproximadamente 117 dias, sendo semeada no dia 20/12/2008 com semeadora/adubadora 10 linhas e um trator 100 cavalos, em sistema de plantio direto no preparo de solo. Os tratamentos foram cinco doses de adubação foliar com os micronutrientes cobalto e molibdênio, tendo concentração de molibdato de sódio 12,0% e sulfato de cobalto 0,2% (Mo 12,0% e Co 0,2%), aplicado via foliar 25 dias após a emergência, sendo T1- Testemunha , T2- 154 mL ha^{-1} , T3- 309 mL ha^{-1} , T4- 464 mL ha^{-1} e T5- 619 mL ha^{-1} , ou seja 0, 50, 100, 150 e 200% da dose recomendada (309 mL ha^{-1}).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos inteiramente casualizados com quatro repetições. As parcelas foram divididas em 11 m^2 ($5,0 \times 2,2 \text{ m}$), espaçamento entre linha de 0,44 m, com densidade de semeadura de 12 sementes por metro linear. De acordo com a análise de solo, foi necessário realizar apenas adubação de manutenção. Na adubação de base foram utilizados 300 kg ha^{-1} da fórmula comercial 05-25-25 (N-P-K), sendo as adubações foliares realizadas no período da manhã, entre 8 e 9 horas e o volume da calda aplicada de 165 L ha^{-1} , com pulverizador costal tipo Jacto 20 litros.

Durante o desenvolvimento da soja foram realizados tratamentos na cultura, as aplicações foram feitas utilizando um pulverizador de arrasto (Jacto 2000 litros), dotado de duas barras, com bicos 110°-UF-02 espaçados de 50 cm um do outro. Com uma vazão de aproximadamente 165 L ha⁻¹. O controle de plantas daninhas nos estádios de desenvolvimento iniciais da cultura foi com o herbicida glifosato (dose de 0,8 L ha⁻¹). Para o controle de pragas foram realizadas duas aplicações de inseticidas, onde a primeira aplicação foi no estágio de desenvolvimento inicial utilizando-se metamidofós (dose de 0,5 L ha⁻¹), já a segunda aplicação foi juntamente com a primeira aplicação do fungicida onde utilizou-se Benzo iluréia (dose de 0,289 L ha⁻¹) e metilcarbamato de oxima (dose de 0,495 L ha⁻¹). Para o controle de doenças foi aplicado tetraconazol (dose de 0,495 L ha⁻¹) no estágio R₁ (início do florescimento) e a segunda aplicação com Epoxiconazol + Piraclostrobina no estágio R5.1 (formação dos grãos).

A temperatura média do ar e a precipitação pluvial ocorrida durante o ciclo da cultura foram, respectivamente, de 20 °C e 497 mm.

Foram avaliados os seguintes parâmetros: germinação, stand inicial, número de flores e número de vagem de cada planta. Para isso foram colhidas plantas manualmente de duas linhas de 3 metros, estas levadas ao terreiro para a batedura, sendo posteriormente separados os grãos da palha, onde realizou-se a contagem de grãos chochos e cheios de cada parcela. Para obter a área útil da parcela, foram utilizadas as linhas centrais, onde foi medido um metro quadrado e realizado as análises. Os dados da fisiologia da soja foram submetidos à análise de variância e de regressão 5% de significância, pelo programa Sisvar.

Resultados e discussão

Pela análise da estatística F e análise de regressão, a 5% de significância, apresentado na Tabela 1, não observou-se diferença significativa entre os tratamentos de molibdênio e cobalto aplicado via foliar na soja para todas as variáveis.

Além disso, a Tabela 1 indica que o coeficiente de variação apresentou comportamento homogêneo, segundo Pimentel-Gomes (2002), exceto para grãos chochos onde a variação em torno da média foi de 62,76%, indicando heterogeneidade e altíssima dispersão.

Esse resultado pode se dar em consequência da fertilidade do solo, concentração de matéria orgânica e pH acima de 5,2.

Tabela 1: Germinação, stand inicial, número de flores, número de vagens, grãos cheios e grãos sadios em resposta a aplicação de Mo e Co via foliar na cultura da soja

	Germinação	Stand inicial	Nº de flores	Nº de vagem	Grãos chochos	Grãos cheios
Estatística F	0,131 ^{n.s.}	0,231 ^{n.s.}	0,120 ^{n.s.}	2,152 ^{n.s.}	0,641 ^{n.s.}	0,646 ^{n.s.}
CV %	13,02 ^{n.s.}	13,76 ^{n.s.}	15,4 ^{n.s.}	8,1 ^{n.s.}	62,76 ^{n.s.}	8,89 ^{n.s.}

n.s.: Não significativo

CV %: Coeficiente de variância

Observando a germinação, stand inicial e o número de flores em milhares, Figuras 1a, 1b e 1c respectivamente, não apresentaram diferenças significativas comparando a testemunha 0% com a dosagem de 200%, ou seja, a aplicação de diferentes porcentagens não influenciaram na resposta da cultura da soja.

Analisando o número de vagens, Figura 1d, verifica-se que não houve resultado significativo, contradizendo os obtidos pelos autores Andrade *et al.*, (2001), que observaram na cultura do feijoeiro, em resposta a aplicação de Mo, aumento de 55% no número de vagens. Além disso, verifica-se uma queda no número de vagens para dosagem de 50%.

O número de grãos cheios em milhares, Figura 1e e número de grãos chochos, Figura 1f, não foram influenciados pelas diferentes dosagens do produto, ou seja, quando comparados à testemunha não apresentaram diferença.

Muitos estudos realizados na década de 80 mostraram que havia resposta ao Mo em solos com pH em CaCl_2 abaixo de 4,7. Por outro lado, em trabalhos realizados em Londrina, mostram que só houve resposta do Mo em pH em CaCl_2 acima de 5,2 (Sfredo *et al.*, 1996).

Trabalhos realizados pela Embrapa Soja no estado do Paraná, com objetivos de avaliar a fisiologia e a produtividade da soja em função do Mo, em diferentes níveis de pH do solo alterados pela ação de calagem, revelaram a grande influência do pH na resposta da soja a aplicação do Mo (Lantmann, 2004).

No estado do Paraná, segundo Campo e Lantmann (1998) a cultura da soja é responsiva a aplicação de Mo na ausência de calagem, em vista que com o pH do solo em água acima de 6,0 não mostrou resposta. Quando o pH em água foi menor que 5,6, a aplicação de Mo nas sementes não foi suficiente para atingir as produções máximas.

Os resultados discordam com os obtidos pela Embrapa (2007) em cinco diferentes locais no estado, onde a soja apresentou respostas ao molibdênio e cobalto independentemente do valor do pH do solo. Em solos com alto teor de matéria orgânica, acidez corrigida e solos com alta fertilidade, a expectativa de resposta ao molibdênio é menor.

Segundo Jacob-Neto e Franco (1996), comparando a resposta da soja com o feijoeiro à adição de Mo, os resultados mostraram que a cultura da soja tem menor resposta a essa

adubação. A justificativa para isso pode ser devido à baixa capacidade da soja de extrair Mo do solo ou apresentar uma menor necessidade interna deste nutriente.

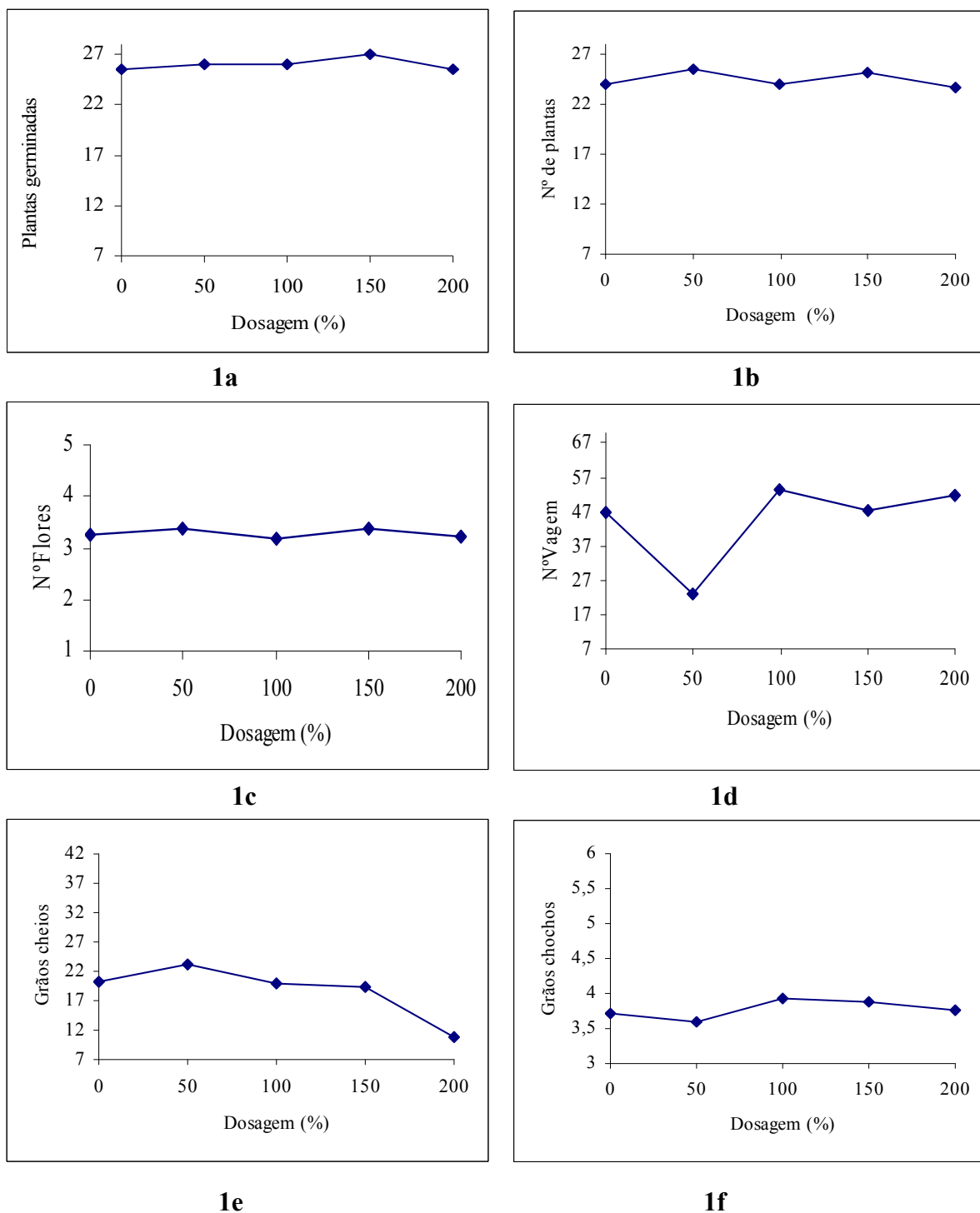


Figura 1: Resposta média, para diferentes dosagens de Mo e Co, para a germinação (1a), stand inicial (1b), número de flores (1c), número de vagens (1d), grãos cheios (1e) e grãos chochos (1f) na cultura da soja.

A aplicação de molibdênio e cobalto não influenciou significativamente a germinação, stand inicial, número de flores, número de vagens e grãos chochos e cheios. Os resultados

deste experimento confirmam os obtidos por Campo e Lantmann (1998) e Albino e campo (2001) de que a aplicação de molibdênio não afeta a nodulação da soja em solos com pH acima de 5,2, o que foi o ocorrido no presente experimento com pH 5,9.

Conclusão

A aplicação de molibdênio e cobalto via foliar não influenciou na resposta da fisiologia da soja, em solo com pH 5,9.

Referências

- ALBINO, U.B.; CAMPO, R.J.. Efeito de fontes e doses de molibdênio na sobrevivência do *Bradhyrhizobium* e na fixação biológica de nitrogênio em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.3, p.527-534, 2001.
- ANDRADE, M. J. B. et al. Resposta do feijoeiro às adubações nitrogenada e mólíbdica e à inoculação com *Rhizobium tropici*. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v.25, n.4, p.934-940, 2001.
- CAMPO, R.J. e HUNGRIA, M. Importância dos micronutrientes na fixação biológica do N₂. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n.98, p.6-9, 2002.
- CAMPO, R.J. e LANTMANN, A.F.. Efeitos de micronutrientes na fixação biológica do nitrogênio e produtividade as soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.8, p.1245-1253, 1998.
- CATTELAN, A.J.; LAMAS, F.M.; SERENO, J.R.B.; CHAVAGLIA, A.. Tecnologias de produção de soja – Região central do Brasil 2009 e 2010. Sistemas de produção 13. **Embrapa soja**: Londrina-Pr, p. 137-142, 2008.
- CERETTA, C.A., PAVINATO, A., PAVINATO, P.S., MOREIRA, L.C.I., GIROTTO, E., TRENTIN, E.E.. Micronutrientes na soja: produtividade e análise econômica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.3, p.576-581, ISSN 0103-8478, mai-jun, 2005.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Cnpso, 2006. 412 p.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologia de produção de soja no Paraná**. 70, 72, 110, 2007, 111 p..
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistemas de produção: Soja no Brasil**. nº1, 2008. Disponível em <<http://www.cnpso.embrapa.br/producaosoja/SojanoBrasil.htm>> acessado em 05 de fevereiro de 2009.
- FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.D.; RAY, B.V.; ABREU, C.A.D. et al. **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: Potafos, 2001, 600 páginas.

GRIS, P.E., CASTRO, C.M.A., OLIVEIRA, F.F.. Produtividade da soja em resposta à aplicação de molibdênio e inoculação com *Bradyrhizobium japonicum*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 29:151-155, 2005.

JACOB-NETO, J. e FRANCO, A.A.. Adubação de molibdênio em soja. **Informações agronômicas** nº75, Potafos, setembro, 1996.

LANTMANN, A.F.. Nutrição e produtividade da soja com molibdênio e cobalto. **XX Ciclo de Reuniões Conjuntas da CESM-PR, Produtores de Sementes, Mudas e Responsáveis Técnicos**. Londrina/PR, 2004.

MESCHEDE K. D., 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, no. 2, p. 139-145, 2004.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C.H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais - Exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos**. Biblioteca de ciências agrárias Luiz de Queiroz. Piracicaba: FEALQ, 2002. v.1, 309 p.

SATTLER, A. e FAGANELLO, A.. Semeadura - efeito do tratamento de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) sobre a vazão do mecanismo dosador. **Circular Técnica online** ISSN 1518-6490 . Passo Fundo, RS. Novembro, 2004.

SFREDO, J.G., BORKERT, M.C., CASTRO, D.C.. Efeito de micronutrientes sobre a produção de soja em três solos do estado do Paraná. **Informações agronômicas** nº 75, Potafos, setembro, 1996.

WINKLER, S.A., GOMES, S.A., PEREIRA, R.D., CHIARELO, C., SANTOS, O. L.. Eficiência da aplicação de co, mo, via tratamento de sementes, ca, b e fitorregulador, via aplicação foliar, na soja em área de várzea. XVI Congresso de Iniciação Científica, 2005. **Anais...** Pelotas/RS: UFPel.

Recebido em: 10/01/2010

Aceito para publicação em: 11/02/2010