

Recital

Revista de Educação,
Ciência e Tecnologia de Almenara/MG.

MOLIBDÊNIO E COBALTO ASSOCIADO AO GLIFOSATO EM SOJA GENETICAMENTE MODIFICADA

Molybdenum and cobalt associated with glyphosate in soybean genetically modified

Gessimar Nunes CAMELO

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – Campus Campo Novo
de Parecis

gessimarcamelo@yahoo.com.br

Igo Leite da SILVA

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – Campus Campo Novo
de Parecis

igorleite.agronomia@gmail.com

Taison Souto SILVA

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais – Campus
Almenara

taisonsouto@gmail.com

Thiago Geiel Vieira AZEVEDO

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – Campus Campo Novo
de Parecis

thiagogeiel@gmail.com

Andreia de Oliveira VIEIRA

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – Campus Campo Novo
de Parecis

andreia.vieira@ifmt.edu.br

DOI: <https://doi.org/10.46636/recital.v4i3.336>



Resumo

Objetivou-se neste estudo avaliar o efeito da aplicação do molibdênio (Mo) e do cobalto (Co) junto ao herbicida glifosato em operação de controle de plantas daninhas em pós-emergência da cultura da soja geneticamente modificada, em duas formas de aplicação do Mo e do Co (via semente ou foliar) na nutrição nitrogenada da soja. Para isso, foi realizado experimento em área de sistema de cultivo convencional em delineamento experimental em blocos casualizados, em esquema fatorial $3 \times 2 \times 2$ com quatro repetições. Os fatores estudados foram as três doses de Mo (0; 20 e 40 g ha^{-1}), duas doses de Co (0 e $2,5 \text{ g ha}^{-1}$) e duas formas de aplicação dos micronutrientes (via semente ou via foliar junto ao herbicida), totalizando 12 tratamentos. A aplicação do molibdênio junto ao herbicida glifosato, proporciona melhoria na nutrição nitrogenada e proteica dos grãos da soja. O teor de nitrogênio e de proteínas não é influenciado pela aplicação de Co associado ao glifosato em mistura de calda, independentemente da forma de aplicação via sementes ou por via foliar.

Palavras-chave: Micronutrientes. *Glycine max* L. Análise foliar.

Abstract

The objective of this study is to evaluate the effect of the application of molybdenum (Mo) and cobalt (Co) together with the herbicide glyphosate, in a post-emergence weed control operation of genetically modified soybean in two forms of application of the Mo and Co (via seed or foliar) in soybean nitrogen nutrition. For that purpose, an experiment was carried out in an area of a conventional cropping system in an experimental design in randomized blocks, in a $3 \times 2 \times 2$ factorial scheme with four replications. The factors studied were the three doses of Mo (0, 20 and 40 g ha^{-1}), two doses of Co (0 and 2.5 g ha^{-1}) and two forms of application of micronutrients (via seed or foliar together with the herbicide), totaling 12 treatments. The application of molybdenum together with the herbicide glyphosate, provides an improvement in the nitrogen and protein nutrition of soybean grains. The nitrogen and protein content is not influenced by the application of Co associated with glyphosate in a spray mixture, regardless of the form of application via seeds or foliar route.

Keywords: Micronutrients. *Glycine max* L. leaf analysis.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de soja (*Glycine max* L.), com área plantada de aproximadamente 42,8 milhões hectares e a estimativa de produção da safra 2022/2023 de 152 milhões de toneladas (CONAB, 2022). Ainda, de acordo com a CONAB (2022), o Centro-Oeste se destaca na produção dessa cultura com cerca de 20 milhões de hectares plantados, sendo o Mato Grosso responsável por mais da metade dessa área. Na safra de 2017/18, a soja geneticamente modificada, tolerante a herbicida, respondeu por 34,07 milhões de hectares (CÉLERES, 2018). Isso se deve ao emprego do melhoramento genético e dos avanços nas tecnologias de produção, com emprego de novas moléculas de agroquímicos, uso de rizóbios fixadores de nitrogênio e melhores práticas de manejo de adubação (JUHÁS *et al.*, 2019).



A produtividade dessa leguminosa com base na sua capacidade genética é alta, embora a disponibilidade de nutrientes aliada a fatores climáticos são os principais limitantes do seu rendimento (NETO *et al.*, 2012). Ainda, segundo os autores, a adubação é o fator que mais afeta a produtividade e o custo de produção da soja. Para a produção, são necessários 200 kg/ha de nitrogênio (N) para alcançar cerca de 3.000 kg/ha de produtividade, mas o N na cultura da soja pode ser obtido por meio da Fixação Biológica do Nitrogênio (FBN) em associação com bactérias *Bradyrhizobium* (JUHÁS *et al.*, 2019). Nesse viés, Neto *et al.* (2012) destacam que a eficiência no processo de FBN pode ser limitado por deficiência de micronutrientes, como o cobalto (Co) e molibdênio (Mo).

Esses dois elementos apresentam grande importância para os processos metabólicos que ocorrem com o nitrogênio. Com isso, as altas produtividades da soja estão associadas à FBN em condições de ótima fertilidade do solo, com a presença de MO e CO. O primeiro faz parte das enzimas redutase do nitrato que reduz NO_3^- para ser assimilado pela planta e da nitrogenase relacionada a FBN por *rhizobium*. Enquanto o Co é necessário para a síntese da cobalamina (Vitamina B12), que participa dos passos metabólicos para a formação da leghemoglobina, que regula concentração do O_2 nos nódulos e impede a inativação da nitrogenase (ALBINO; CAMPO, 2001; FAVARIN; MARINI, 2000).

Há um aumento no número de princípios ativos usados em plantios de soja, devido à expansão da cultura, associada à falta de cuidados fitossanitários que ocasionam aumento de patógenos em áreas plantadas para diferentes cultivares (HENNING *et al.*, 1997). Atualmente, em cerca de 80% dos plantios de soja brasileiros, são feitos tratamentos com fungicidas antes da semeadura, associados a alterações nas formulações dos fungicidas e o emprego de misturas dos mesmos causam efeitos tóxicos na FBN (CAMPO; HUNGRIA, 2000). Os autores ainda concluíram que tratar sementes com fungicidas sistêmicos e de contato antes da inoculação reduz a nodulação e a eficiência da FBN, principalmente na presença de Co e Mo, o que reduz os rendimentos das lavouras de soja.

Ainda não existem informações relacionadas ao efeito da aplicação do Mo e do Co junto ao herbicida glifosato em operação de controle de plantas daninhas em pós-emergência da cultura da soja geneticamente modificada e sobre a produtividade. A aplicação do Mo e do Co juntamente o ao herbicida glifosato pode se apresentar como uma forma de reduzir uma operação à aplicação e aos custos operacionais. Além disso, evitaria a aplicação desses micronutrientes junto a fungicidas e inoculantes na semeadura e diminuiria os problemas relacionados a FBN. Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar se a aplicação do Mo e do Co junto ao herbicida glifosato, em operação de controle de plantas daninhas, em pós-emergência na cultura da soja geneticamente modificada para tolerância a esse herbicida, em duas formas de aplicação do Mo e do Co (via semente ou foliar) interfere na nutrição nitrogenada das plantas da soja.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 USO DE MICRONUTRIENTES NA CULTURA DA SOJA

Os micronutrientes como o ferro, cobre, manganês, zinco, molibdênio, níquel, boro e cloro, geralmente apresentam-se em teores muito baixos no solo e é possível que novos elementos sejam acrescidos. São exigidos em menores teores pelas plantas, mas são importantes por



atuarem como catalisadores de reações enzimáticas (NETO *et al.*, 2001). Dessa forma, justifica-se a preocupação quanto ao teor deles no solo.

Nessa perspectiva, aumento da produtividade, uso de solos arenosos, redução da matéria orgânica, excesso de palhada, reação do solo, calagem e adubação fosfatada, desbalanceamento entre cátions causam deficiências de micronutrientes para a cultura da soja. Sendo assim, visando a prevenção desse problema, o fornecimento dos micronutrientes para cultura é feita via foliar, solo e sementes (CÂMARA, 2015). Micronutrientes aplicados via sementes incrementam a produtividade de soja em até 6,5 sacas por hectares e essas respostas são mais frequentes nas condições do Cerrado, enquanto no sul do país a relação dos micronutrientes com a produtividade varia (BROCH; FERNANDES, 1999). Lopes (1999) destaca que solos da região do Cerrado são pobres em micronutrientes.

Com isso, aumentaram-se as ofertas de fertilizantes contendo micronutrientes nos últimos anos, aliado aos experimentos que mostram grande viabilidade no uso desses elementos. Além disso, a diminuição do custo relativo no uso de micronutrientes e a expectativa de ganhos em escala têm motivado produtores a utilizar micronutrientes como cobalto, boro, principalmente molibdênio, pela sua influência na FBN na soja (CERETTA *et al.*, 2005). A interação de cobalto com a absorção e o transporte de ferro nas plantas tem sido enfatizada em uma série de estudos, sendo que o Co em excesso causa deficiência de ferro na soja (MARCONDES; CAIRES, 2005; BLAYLOCK *et al.*, 1986).

1.2 MOLIBDÊNIO

O molibdênio desempenha grande papel na fixação biológica do nitrogênio, contribuindo para o aumento do rendimento das lavouras de soja. Durante a fixação, atua como catalisador da enzima nitrogenase, a qual transforma o nitrogênio da atmosfera em amônia e faz-se presente no complexo enzimático nitrato redutase (VARGAS; HUNGRIA, 1997; TAIZ; ZEIGER, 2004).

Ademais, esse metal é fornecido para as plantas diretamente no solo pela adubação convencional durante a semeadura, em sementes tratadas e na adubação foliar. Na adubação durante a semeadura, a apresentação de pouca movimentação no solo e na semente diminui a eficiência da FBN, sendo mais comum por via foliar (HUNGRIA; CAMPO; MENDES, 2001). Uma técnica pouco estudada é o emprego do enriquecimento de sementes com esse micronutriente, pois, assim, esse processo ocorreria ainda no período de formação das sementes (CAMPO; HUNGRIA, 2003).

De acordo com Santos (1991), a adubação desse micronutriente via foliar e pelo tratamento de sementes é viável. Marcondes e Caires (2005) ressaltam que a adubação com Mo na cultura da soja é variável, mas há resultados significativos para a produtividade da soja quando usado, variando conforme o clima, o solo, bem como o pH, mas ainda assim o MO é associado à redutase nitrato, que influencia a produção de proteína dos grãos.

A correção da acidez do solo com a calagem auxilia a disponibilidade do Mo para as plantas, pois a elevação do pH estimula a liberação de íons de Mo que estavam adsorvidos na superfície dos óxidos de ferro e alumínio (ROSOLEM; CAIRES, 1998). Em função da perda de Mo do solo para as sementes, do déficit natural de solos, do uso intensivo do solo e de não realizar



adubação molíbdica pela maioria dos agricultores, há redução desse elemento no solo (FERREIRA, *et al.*, 2003).

As plantas necessitam de poucas quantidades de molibdênio que pode ser aplicado na semente, pois não tem causado toxidez às bactérias do gênero *Bradyrhizobium*. Dentre as fontes usadas na FBN, podem ser destacadas o molibdato de sódio, molibdato de amônio, ácido molíbdico e trióxido de molibdênio (CAMPO; LANTMAN, 1998; ALBINO; CAMPO, 2001).

1.3 COBALTO

O teor de cobalto no solo varia e ele é associado com outros minerais como o manganês, sendo as formas mais disponíveis do cátion Co^{2+} , retido por adsorção específica, ou em complexos de matéria orgânica com argila. A aplicação de adubação com esse micronutriente pode ser feita no plantio ou aplicações foliares (RAIJ, 2011).

O cobalto (Co) atua na absorção de N por via simbiótica, fazendo parte da estrutura das vitaminas B12, necessárias à síntese de leghemoglobina, que regulam a concentração do O_2 nos nódulos e impedem a inativação da enzima nitrogenase, mantendo os nódulos ativos (MENGEL e KIRKBY, 2001). As principais fontes de Co são o cloreto, o sulfato e o nitrato de cobalto, embora seja importante na fixação biológica do nitrogênio, há questionamentos acerca da obrigatoriedade de sua aplicação para elevados rendimentos na soja (MARCONDES; CAIRES, 2005). Os autores ainda destacam que as doses ainda não são bem determinadas, quando aplicadas via sementes.

A deficiência de Co na soja e nas demais culturas está se acentuando nos últimos anos. Considerando a perda desse elemento químico nos processos de formação de grãos, fibras, colmos e outros componentes, por conseguinte, reduz-se a disponibilidade nas lavouras (NETO, *et al.*, 2012).

1.4 EFEITOS DE ÍONS MINERAIS NA EFICÁCIA DO GLIFOSATO

A presença de íons em água usadas como veículo para pulverização podem aumentar ou diminuir a eficácia do controle de plantas daninhas pelo glifosato. Em geral, os cátions: Ca, Fe, Zn, Al e Mg são antagonistas da fitotoxicidade do glifosato, enquanto nitrato de amônio, bicarbonato de sódio ou de potássio, ureia, sulfato de amônio potencializam seu efeito no controle de várias espécies de plantas daninhas (NALEWAJA; MATYSIAK, 1991).

A adição de microelementos catiônicos metálicos em mistura em tanque pode elevar o pH, favorecer a formação de quelatos, precipitação do glifosato e redução da sua absorção pelas plantas, reduzindo assim significativamente a sua eficácia herbicida (DUKE *et al.*, 2012).

A solubilidade de complexo metal/glifosato na proporção 01:01 diminui na ordem: $\text{Mg} \approx \text{Ca} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{Cu} > \text{Fe}$ (SUNDARAM; SUNDARAM, 1997). Para a penetração foliar do herbicida e a absorção celular, muitas substâncias são usadas na calda, como a ureia e o sulfato de amônio. No caso da ureia, ela contribui para a penetração cuticular, por difusão facilitada nas moléculas (CARVALHO *et al.*, 2010; WITTE *et al.*, 2002). Nessa direção, vale ressaltar que mistura de tanque é proibida, entretanto é uma prática muito comum no dia a dia do produtor rural. Todavia, faltam muitas informações sobre qual a forma correta ao proceder tais misturas.



2 METODOLOGIA

Foi realizado o experimento em área pertencente ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, *Campus* Campo Novo do Parecis - MT. Nesse âmbito, foi avaliado o efeito da aplicação de Mo e Co, via sementes e/ou por via foliar, junto ao glifosato em pós-emergência da soja RR, cultivar NS 7447 IPRO. Para isso, foi implantada a cultura da soja, em área de sistema de cultivo convencional, em outubro de 2018.

O preparo do solo para a semeadura da soja foi realizado por meio de uma aração e duas gradagens leves no solo. Aproximadamente 60 dias antes do preparo, foram coletadas amostras de solo, à profundidade de 0 a 20 cm, para a caracterização química do solo. A adubação de semeadura foi realizada de acordo com as recomendações para a cultura (EMBRAPA SOJA, 2011). O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 3 x 2 x 2, com quatro repetições. Os fatores que constituíram o ensaio são de três doses de Mo (0; 20 e 40 g ha⁻¹), duas doses de Co (0 e 2,5 g ha⁻¹) e duas formas de aplicação dos micronutrientes (via semente ou via foliar, junto ao herbicida), totalizando 12 tratamentos, conforme especificados no quadro 1.

Quadro 1 – Relação dos tratamentos adotados em campo para avaliar o efeito da aplicação do Mo e Co junto ao glifosato, em operação de controle de plantas daninhas na cultura da soja, cultivar NS 7447 IPRO, Campo Novo do Parecis - MT, 2018.

| Tratamento | Especificações |
|------------|--|
| 01 | 0,0 g ha ⁻¹ de Mo + 0,0 g ha ⁻¹ de Co, via sementes + glyphosate por via foliar. |
| 02 | 0,0 g ha ⁻¹ de Mo + 2,5 g ha ⁻¹ de Co, via sementes + glyphosate por via foliar. |
| 03 | 20 g ha ⁻¹ de Mo + 0,0 g ha ⁻¹ de Co, via sementes + glyphosate por via foliar. |
| 04 | 20 g ha ⁻¹ de Mo + 2,5 g ha ⁻¹ de Co, via sementes + glyphosate por via foliar. |
| 05 | 40 g ha ⁻¹ de Mo + 0,0 g ha ⁻¹ de Co, via sementes + glyphosate por via foliar. |
| 06 | 40 g ha ⁻¹ de Mo + 2,5 g ha ⁻¹ de Co, via sementes + glyphosate por via foliar. |
| 07 | 0,0 g ha ⁻¹ de Mo + 0,0 g ha ⁻¹ de Co, Junto ao glifosato por via foliar. |
| 08 | 0,0 g ha ⁻¹ de Mo + 2,5 g ha ⁻¹ Co. Junto ao glifosato por via foliar. |
| 09 | 20 g ha ⁻¹ de Mo + 0,0 g ha ⁻¹ Co. Junto ao glifosato por via foliar. |
| 10 | 20 g ha ⁻¹ de Mo + 2,5 g ha ⁻¹ de Co. Junto ao glifosato por via foliar. |
| 11 | 40 g ha ⁻¹ de Mo + 0,0 g ha ⁻¹ Co. Junto ao glyphosate por via foliar. |
| 12 | 40 g ha ⁻¹ de Mo + 2,5 g ha ⁻¹ Co. Junto ao glyphosate por via foliar. |

*Herbicida Roundup Original® [glifosato - 720 g ha⁻¹ e.a.].

Fonte: Autoria própria, 2019.

As sementes de soja foram semeadas com a utilização de semeadora mecânica em sulcos espaçados de 0,45 m, na profundidade de 5 cm, com 17 sementes por metro na linha de semeadura. As parcelas foram constituídas de 4 linhas de 5 metros de comprimento. Para as avaliações, foram consideradas apenas as 2 linhas centrais, descartando-se 0,5 m de cada extremidade, totalizando, assim, uma área útil de 4 m².

Em todos os tratamentos, as sementes foram submetidas à inoculação com estirpes selecionadas de *Bradyrhizobium japonicum* (60 g do inoculante para 50 kg de sementes). Foi utilizado o inoculante turfoso Biomax® Premium Turfa soja que contém duas estirpes (SEMIA 5079 e SEMIA 5080) recomendadas no Brasil, com concentração de 6,0 x 10⁹ células por grama, o que equivale a, aproximadamente, 1,03 mil células por semente de soja.



Nos tratamentos com a aplicação do Mo e Co, via sementes, o produto foi misturado às sementes, com o inoculante turfoso e uma solução a 10% de açúcar. Semelhantemente, foi utilizado fungicida para tratamento das sementes em todos os tratamentos.

Para o controle das plantas daninhas na cultura da soja geneticamente modificada para tolerância ao herbicida foi utilizado o herbicida da marca comercial: Roundup Original® [(glifosato - Sal de isopropilamina - 360 g L⁻¹) - 720 g ha⁻¹ e.a.]. Independentemente da forma de aplicação do Mo e Co (via sementes ou foliar), a aplicação do herbicida para controle das plantas daninhas foi realizada em pós-emergência da cultura da soja, em dose única, a partir do estágio V3 (FEHR; CAVINESS, 1971), quando as plantas daninhas apresentaram de 4 a 5 folhas definitivas totalmente expandidas (para as dicotiledôneas) e de 2 a 3 perfilhos (para as monocotiledôneas). Sendo isoladamente nos tratamentos com aplicação das doses do Mo e Co via semente ou junto ao Mo e Co nos demais tratamentos, conforme especificados no quadro 1.

A aplicação foi realizada, com a utilização de um pulverizador costal, regulado a pressão constante de CO₂ (2 bar), com barra de 2 m de comprimento e quatro bicos de jato plano tipo leque TT 11002, espaçados de 50 cm e volume de calda de 140 L ha⁻¹. Como fontes de Mo e Co, foram utilizadas o molibdato de sódio (Na₂MoO₄ - 39% de Mo) e o sulfato de cobalto (CoSO₄7H₂O - 20% de Co), respectivamente. Quando necessário, o controle de pragas e doenças foi feito utilizando-se produtos recomendados para a cultura e que não possuíam em sua formulação compostos a base de Mo ou Co.

Ao atingir o estágio de maturação fisiológica, foram colhidas, de forma aleatória, 40 plantas por parcela, situadas nas duas linhas centrais de 5 m de comprimento, descontando-se 0,5 m de cada extremidade. Dessas plantas, após o beneficiamento dos grãos, foi retirada uma amostra de 50 gramas por parcela e foram determinados os teores de N nos grãos da soja. As amostras coletadas, os grãos, foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 70 °C, até atingir o peso constante e, em seguida, foram moídos e homogeneizados e depois o teor de nitrogênio foi determinado pelo método de Semi-Micro Kjeldahl, conforme metodologia descrita por Malavolta *et al.* (1997).

O teor de proteínas nas sementes foi determinado pelo método de Kjeldahl para quantificação de nitrogênio total, conforme recomendação da A.O.A.C. (1975) com modificações. O teor de proteína foi estimado multiplicando-se o teor de nitrogênio encontrado pelo fator 6,25.

Os dados foram submetidos à análise de variância conforme apresentado na tabela 1. As interações significativas foram posteriormente desdobradas para maior entendimento das mesmas. O teste de Tukey foi empregado na comparação de médias.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise dos dados revelou efeito significativo da aplicação das doses de Mo para as variáveis, teor de N e teor de proteína nos grãos da soja. Não houve efeito para a interação doses de Mo x doses de Co x formas de aplicação (Tabela 1).



Tabela 1 – Análises de variância conjunta do teor de nitrogênio e da porcentagem de proteína em grãos de soja submetidas a três doses de Mo (0, 20 e 40 g ha⁻¹) e duas doses de cobalto (0 e 2,5 g ha⁻¹) aplicadas via sementes ou por via foliar junto ao glifosato em pós-emergência da soja RR, cultivar NS 7447 IPRO, Campo novo do Parecis - MT, 2018.

| Fonte de Variação | Grau de liberdade | Soma de quadrado | |
|------------------------|-------------------|--------------------|-----------|
| | | Teor de nitrogênio | Proteína |
| Dose de Mo (A) | 2 | 296,470825* | 115,8048* |
| Forma de aplicação (B) | 1 | 60,211200 | 23,52000 |
| Dose de Co (C) | 1 | 0,1045330 | 0,040600 |
| Bloco | 3 | 217,25688* | 84,8654* |
| Interação A x B | 2 | 128,57477 | 50,21916 |
| Interação A x C | 2 | 9,2197580 | 3,601738 |
| Interação B x C | 1 | 2,1760080 | 0,850669 |
| Interação A x B x C | 2 | 32,008433 | 12,50338 |
| Erro | 33 | 70,818599 | 27,66307 |
| Total | 47 | 3983,8237 | 1556,1471 |
| Média Geral | | 63,65 | 39,78 |
| CV | | 13,22 | 13,22 |

*Significativo a 5% pelo teste F

Fonte: Autoria própria, 2019.

Os dados (Tabela 2) apresentam valores médios do teor de nitrogênio (g kg⁻¹) em grãos de soja, após a aplicação de diferentes tratamentos. Nesse mesmo contexto, ao analisar as médias proporcionadas pelos tratamentos, verificou-se que houve diferença significativa, sendo que os tratamentos que receberam as doses de 20 e 40 g há⁻¹) de Mo proporcionaram as maiores médias. Contudo, o tratamento que recebeu a maior dose de Mo (40 g há⁻¹) apresentou o maior incremento na porcentagem dos valores médios do teor de N (g kg⁻¹) em grãos de soja, em relação aos demais tratamentos (Tabela 2).

Corroborando esses resultados, Neto *et al.* (2012) verificaram que a aplicação de Mo e Co promoveram incrementos significativos no rendimento da cultura da soja. Dentre as variáveis avaliadas pelos autores, o número de nódulos, vagens, grãos e o rendimento da cultura foram influenciadas positivamente. Todavia, neste mesmo trabalho, a forma de aplicação não foi significativa, ou seja, tanto a aplicação via semente como via foliar foram eficientes no fornecimento destes nutrientes para a cultura da soja.

Nesse sentido, Galindo *et al.* (2017) avaliaram a viabilidade técnica e econômica da cultura da soja no Cerrado em função do modo de aplicação de Mo e Co e da coinoculação de sementes ou via foliar com *Azospirillum brasilense* e verificaram que a aplicação de Mo e Co via semente associados à inoculação com *A. brasilense*, a semente, proporcionou a maior concentração de N foliar, massa de 100 grãos e a produtividade da cultura da soja.

Ainda dentro desse contexto, Ferreira *et al.* (2018) avaliaram o desempenho morfológico e produtivo das cultivares de soja NA 5909 e NS 6909, considerando a aplicação de Mo e Co via sementes e foliar na Zona da Mata de Rondônia e verificaram que, independentemente da forma de aplicação ou do cultivar, o uso de Mo e Co na cultura da soja proporcionou maior rendimento de grãos à cultura. Todavia, os autores ressaltam que a resposta das cultivares ocorreu de forma diferente e a cultivar NA 5909 apresentou os melhores resultados para todos os caracteres



morfológicos avaliados e com destaque para a produtividade, apresentando um aumento de 12 sacas ha⁻¹ em relação a cultivar NS 6909.

Tabela 2 – Valores médios do teor de nitrogênio (g kg⁻¹) em grãos de soja submetida a três doses de Mo (0, 20 e 40 g ha⁻¹) e duas doses de cobalto (0 e 2,5 g ha⁻¹) aplicadas via sementes ou por via foliar junto ao glifosato em pós-emergência da soja RR, cultivar NS 7447 IPRO, Campo Novo do Parecis – MT, 2018.

| Forma de aplicação | Dose de Co | Dose de Mo | | | Média geral |
|--------------------|------------|------------|----------|---------|-------------|
| | | 0 | 20 | 40 | |
| Semente | 0 | 55,46 | 69,63 | 69,74 | 64,77 |
| | 2,5 | 59,81 | 68,41 | 65,61 | |
| Folha | 0 | 60,53 | 60,41 | 65,89 | 62,54 |
| | 2,5 | 59,82 | 60,62 | 67,95 | |
| Média Geral | | 58,91 B | 64,77 AB | 67,30 A | 63,66 |

*Médias seguidas por letras iguais maiúsculas na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Fonte: Autoria própria, 2019.

Em relação aos valores médios do teor de proteína (%) em grãos de soja (Tabela 3), verificou-se reposta significativa a utilização de Mo na cultura da soja, independentemente da dose utilizada. Todavia, o maior incremento foi gerado pelo uso da maior dose de Mo (40 g ha⁻¹).

Meschede *et al.* (2004) avaliaram o rendimento de grãos, o teor de proteínas nas sementes e as características agrônomicas das plantas de soja em resposta à adubação foliar e à aplicação de Mo e Co via tratamento de sementes, e observaram que o tratamento de sementes com Mo e Co melhoraram significativamente a qualidade das sementes em relação ao teor de proteínas. Ainda nesse trabalho, os autores inferiram que aplicação de Mo e Co via sementes e a adubação foliar com Comol (Co + Mo) no estágio V4 promoveram incrementos significativos no rendimento de grãos.

Em contrapartida, ao estudarem a redistribuição de Mo aplicado via foliar em diferentes épocas na cultura da soja, Moraes *et al.* (2008) relataram que as aplicações de Mo via foliar ou nas sementes não influenciaram o rendimento da cultura e os teores de N e de proteína nos grãos. Entretanto, os autores acreditam que esses resultados podem ser motivados pela capacidade de suprimento pelos solos e pela presença de contaminantes contendo micronutrientes em corretivos e fertilizantes.

Em estudo realizado por Marcondes e Caires (2005), observou-se que a aplicação de Mo e Co na semente, não apresentou resultados significativos em relação ao número de vagem por planta, massa de 100 grãos e produtividade de grãos. Segundo Bellaver e Silva (2009), o fornecimento de Mo e Co via semente de soja não influenciou a altura de plantas, massa de 100 grãos, número de grãos por vagem, número de vagens por planta e a produtividade.

De acordo com Fonseca (2006), resultados não significativos em relação ao aumento da produtividade com a aplicação de Mo pode estar relacionado a níveis adequados de Mo no sistema de plantio direto, devido ao fornecimento inicial, suficiente para as necessidades das plantas. Dessa forma, as plantas já se encontravam nutricionalmente balanceada garantindo uma boa produtividade. A ausência de resposta à adição de Mo e Co também pode ser explicada pelas observações de Lantmann (2002), que verificaram maiores respostas à aplicação de Mo



em condições de pH em CaCl₂ menor que 4,3, para o Latossolo Roxo Álico, e menor que 4,8, para o Latossolo Vermelho Escuro Álico.

Tabela 3 – Valores médios do teor de proteína (%) em grãos de soja submetida a três doses de Mo (0, 20 e 40 g ha⁻¹) e duas doses de cobalto (0 e 2,5 g ha⁻¹) aplicadas via sementes ou por via foliar junto ao glifosato em pós-emergência da soja RR, cultivar NS 7447 IPRO, Campo Novo do Parecis - MT, 2018.

| Forma de aplicação | Dose de Co | Dose de Mo | | | Média geral |
|--------------------|------------|------------|----------|---------|-------------|
| | | 0 | 20 | 40 | |
| Semente | 0 | 34,66 | 43,52 | 43,59 | 40,48 |
| | 2,5 | 37,38 | 42,75 | 41,00 | |
| Folha | 0 | 37,83 | 37,76 | 41,18 | 39,09 |
| | 2,5 | 37,38 | 37,89 | 42,47 | |
| Média Geral | | 36,82B | 40,48 AB | 42,06 A | |

*Médias seguidas por letras iguais maiúsculas na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Autoria própria, 2019.

CONCLUSÃO

A aplicação do molibdênio, junto ao herbicida glifosato, proporciona melhoria na nutrição nitrogenada e proteica dos grãos da soja.

O teor de nitrogênio e de proteínas não é influenciado pela aplicação de Co associado ao glifosato em mistura de calda, independentemente da forma de aplicação, via sementes ou por via foliar.

REFERÊNCIAS

A.O.A.C.-ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. Washington D.C., 1975. 1054p.

ALBINO, U. B.; CAMPO, R. J. Efeito de fontes e doses de molibdênio na sobrevivência do *Bradyrhizobium* e na fixação biológica de nitrogênio em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.3, p.527-534, 2001.

BELLAVER, A.; SILVA, T.R.B. Influência do cobalto e molibdênio, da inoculação e da adubação nitrogenada sobre a fixação biológica de nitrogênio na cultura da soja. **Cultivando o Saber**, Cascavel v.2, n.2, p.73-85, 2009.

BLAYLOCK, A.D.; DAVIS, T. D.; JOLLEY, V. D.; WALSER, R. H. Influence of cobalt and iron on photosynthesis, chlorophyll, and nutrient concentration in regreening chlorotic tomatoes and soybeans. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.9, p.823-838, 1986.

BROCH, D.L.; FERNANDES, C.H. **Resposta da soja à aplicação de micronutrientes**. Maracaju, MS: Fundação MS, 1999. 56p. (Informativo Técnico 02/99).



- CÂMARA, G. M. S. Adubação. In: SEDIYAMA, T. SILVA, F. BORÉM, A. **Soja: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Ed. UFV, p. 110-146, 2015.
- CAMPO, R.J. HUNGRIA, M. **Enriquecimento de sementes de soja com molibdênio como fator de aumento da eficiência da fixação biológica do nitrogênio e do rendimento da soja**. REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 25., 2003, Uberaba; Londrina: Embrapa, 2003. p. 156-157.
- CAMPO, R.J.; HUNGRIA, M. **Compatibilidade de uso de inoculante e fungicidas no tratamento de sementes de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2000. 32p. (Circular Técnica/Embrapa Soja, n.26).
- CAMPO, R.J.; LANTMANN, 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, 1998.
- CARVALHO, S.J.P.; DIAS, A.C.R.; SHIOMI, G.M.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Adição simultânea de sulfato de amônio e ureia à calda de pulverização do herbicida *glyphosate*. **Planta Daninha**, v.28, p. 575-584, 2010.
- CÉLERES. **20 nos da adoção da biotecnologia agrícola no Brasil: lições aprendidas e novos desafios**. Uberlândia. Céleres, 2018. Informativo de Biotecnologia Céleres.
- CERETTA, C.A.; PAVINATO, A.; PAVINATO, P. S.; MOREIRA, I. C. L.; GIROTTO, E.; TRENTIM, É. E. Micronutrientes na soja: produtividade e análise econômica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p.576-581, 2005.
- CONAB. Série histórica da soja, 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/itemlist/category/911-soja>. Acesso em 08 de out. 2022.
- DUKE, S.O.; LYDON, J.; KOSKINEN, W.C.; MOORMAN, T.B.; CHANEY, R.L. Glyphosate Effects on Plant Mineral Nutrition, Crop Rhizosphere Microbiota, and Plant Disease in Glyphosate-Resistant Crops, **Journal Agricola Food Chem.**, v. 24, p. 10375-10397, 2012.
- EMBRAPA (2011). **Tecnologias de Produção de Soja, Região Central do Brasil 2012 e 2013**. Londrina PR. Embrapa Soja, Londrina, PR. (Sistema de produção 15).
- FAVARIN, J.L.; MARINI, J.P. Importância dos micronutrientes para a produção de grãos. **Sociedade Nacional da Agricultura**, 2000.
- FERREIRA, A. C. B. ARAÚJO, G. A. A. CARDOSO, A. A. FONTES, P. C. R. VIEIRA, C. Características agrônomicas do feijoeiro em função do molibdênio contido na semente e da sua aplicação via foliar. **Maringá**, v. 25, n. 1, p. 65-72, 2003.



FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. Stage of development description for soybean, *Glycine max* (L.) Merrill. **Crop Sci, Madison**, v. 11, n. 6, p. 929-931, 1971.

FERREIRA, A.G.; SANTOS, W. P.; MARTINS, J. K.; BRAVIN, N. P.; SIQUEIRA, M. G. MACHADO, C. B. Desempenho agrônomo de cultivares de soja em função de diferentes métodos de aplicação de cobalto e molibdênio. **Cultivando o Saber**, Cascavel v. 11, n.2, p. 120 a 128, 2018.

FONSECA, F.C. **Utilização de molibdênio via foliar no enriquecimento de semente de soja**. Instituto de Ciência Agrária. Uberlândia, Minas Gerais – Brasil, 2006.

GALINDO, F.S. et al. Modes of application of cobalt, molybdenum and Azospirillum brasilense on soybean yield and profitability. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v.21, n.3, p.180-185, 2017.

HENNING, A. A.; CAMPO, R. J.; SFREDO, G. J. **Tratamento com fungicidas, aplicação de micronutrientes e inoculação de sementes de soja**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1997. 7p. (EMBRAPA-CNPSo. Comunicado Técnico, 58).

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2001. 48 p.

JUHÁS, A. C. P.; PÁDUA, G. P.; REIS, J. B. R. S.; et al. *Soja (Glycine max L.)*. In: JÚNIOR, T. J. P. VENZON, M. **101 culturas: manual de tecnologias agrícolas**. Belo Horizonte, MG: EPAMIG, 2º ed., p. 839-846, 2019.

LANTMANN, A.F. **Nutrição e produtividade da soja com molibdênio e cobalto**. Brasília: Embrapa, 2002. (Coletânea Rumos e Debates).

LOPES, A. S. Micronutrientes – filosofia de aplicação e fontes. In: RIBEIRO, A. C. GUIMARÃES, P. T. G. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5º Aproximação**. Viçosa, MG: UFV/CFSEMG, 1999, p.79-81.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Potafós, Piracicaba, 1997, 319 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.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 5. ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001. 849 p.

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



MORAES, L.M.F.; LANA, R. M. Q.; MENDES, C. MENDES, E.; MONTEIRO, A. ALVES, J. F. Redistribuição de molibdênio aplicado via foliar em diferentes épocas na cultura da soja. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.5, p.1496-1502, 2008.

NALEWAJA, J.D.; MATYSIAK, R. Salt antagonism of glyphosate. **Weed Science**, v. 39, p. 622-628, 1991.

NETO, A. E. F. VALE, F. R. RESENDE, Á. V. GUILHERME, L. R. G. GUEDES, G. A. A. **Fertilidade do solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001, p. 208.

NETO, D. D.; DARIO, G. J. A.; MARTIN, T. N.; SILVA, M. R. S.; PAVINATO, P. S.; HABITZREITER, T. L. Adubação mineral com cobalto e molibdênio na cultura da soja. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, suplemento 1, p. 2741-2752, 2012.

RAIJ, B. **fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, p. 289, 2011.

ROSOLEM, C.A.; CAIRES, E.F. Yield and nitrogen uptake of peanuts as affected by lime, cobalt and molybdenum. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.21, p.827-835, 1998.

SANTOS, O.S. Molibdênio. In: Ferreira, M.E.; Cruz, M.C.P. **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS/CNPq, 1991. p.191-217.

SUNDARAM, A.; SUNDARAM, K.M.S. Solubility products of six metal-glyphosate complexes in water and forestry soils, and their influence on glyphosate toxicity to plants. **J. Environ. Sci. Health Part B.**, 1997, 32, 583–598.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant phisiology**. 3.ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2004. 792p.

VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M. **Biologia dos solos dos cerrados**. Planaltina: Embrapa, 1997. 524p.

WITTE, C.P.; TILLER, S.A.; TAYLOR, M.A.; DAVIES, H.V. Leaf urea metabolism in potato. Urease activity profile and patterns of recovery and distribution of 15 N after foliar urea application in wild-type and urease antisense transgenics. **Plant Physiology**, v.128, p.1129- 1136, 2002.

AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso – FAPEMAT, pelo apoio financeiro e pela concessão de bolsas de iniciação científica aos alunos.

Recebido em: 11 de outubro 2022

Aceito em: 27 de novembro 2022