

APLICAÇÃO FOLIAR DE NITROGÊNIO, ENXOFRE, MOLIBDÊNIO E NÍQUEL SEUS EFEITOS SOBRE AS CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E TEOR DE PROTEÍNA DA SOJA

Carlos Michel de Oliveira¹; Leandro Meert¹; Aldo Hanel¹; Marcio Luiz Ramos¹ e Antonio Krenski¹

¹Faculdade Integrado de Campo Mourão, Departamento de Agronomia, Rodovia BR 158, Km 207, CEP: 87300-970, Campo Mourão – PR, E-mail: carlos.michel@cvale.com.br, leandro.meert@grupointegrado.br, hanel.aldo@gmail.com, marcioluizprof@gmail.com, antonio.krenski@grupointegrado.br

RESUMO: A soja é o principal produto da agricultura brasileira e seus grãos são uma das principais fontes de proteína vegetal. O objetivo do trabalho foi verificar o efeito de diferentes nutrientes sobre os componentes de rendimento e o teor de proteína da soja. O experimento foi realizado na fazenda experimental da Faculdade Integrado de Campo Mourão na safra 2016/2017. O delineamento adotado foi de blocos completos ao acaso com cinco tratamentos (Níquel, molibdênio, enxofre, nitrogênio e testemunha) com 4 repetições, os tratamentos foram aplicados via foliar 25 dias após a emergência das plantas. As variáveis analisadas foram altura de plantas e de inserção da primeira vagem, diâmetro do caule, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de mil grãos, produtividade e teor de proteína nos grãos. Não foram verificados efeito dos tratamentos sobre a altura de plantas e de inserção da primeira vagem, diâmetro do caule, massa de mil grãos e produtividade. O maior número de vagens por planta foi obtido no tratamento com nitrogênio, o menor número de sementes por vagem foi observado no tratamento testemunha. O tratamento com aplicação de níquel apresentou 3% a mais de proteína nos grãos em relação aos demais tratamentos.

PALAVRA-CHAVE: adubação foliar; assimilação; nitrogenase; urease.

FOLIAR APPLICATION OF NITROGEN, SULFUR, MOLYBDENE AND NICKEL ITS EFFECT ON AGRONOMIC CHARACTERISTICS AND PROTEIN CONTENT OF SOYBEAN

ABSTRACT: Soybean is the main product of Brazilian agriculture and its grains are one the main sources of vegetable protein. The objective of the study was to verify the effect of different nutrients on the yield components and the protein content of the soybean. The experiment was conducted at the experimental farm of Faculdade Integrado de Campo Mourão in the 2016/2017 harvest. The design was randomized complete blocks with five treatments (Nickel, Molybdenum, Sulfur, Nitrogen and Control) and four repetitions, treatments were applied 25 days after the emergence of plants. The analyzed variables were height of plants and insertion of the first pod, stem diameter, number of pods per plant, number of grains per pod, mass of a thousand grains, yield and protein content in grains. No effects were observed on plant height, insertion of the first pod, diameter of the stem, mass of a thousand grains and productivity. The highest number of pods per plant was obtained in the treatment with nitrogen and the lowest number of seeds per pod was observed in the control treatment. The treatment with nickel application presented 3% more protein content in the grains compared to other treatments

KEY WORDS: foliar fertilization; assimilation; nitrogenase; urease.

INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill), é uma das mais importantes culturas agrícolas cultivadas no Brasil e no mundo, devido ao seu grande potencial produtivo, valor nutritivo e sua composição química. Sendo utilizada para alimentação humana e principalmente animal, além de desempenhar um importante papel socioeconômico.

O Brasil responde por 32% da produção mundial, sendo o segundo maior produtor. No ano agrícola de 16/17 a produção foi de 113,9 milhões de toneladas em 33,8 milhões de hectares, obtendo produtividade de 3,3 toneladas por hectare (Conab, 2017).

Para alcançar altos rendimentos na cultura da soja é importante que haja uma interação entre a planta, o manejo e o ambiente, no qual os mesmos precisam estar equilibrados para produzir resultados satisfatórios, contudo a sua produtividade oscila de uma região para outra em função de fatores como clima e fertilidade do solo (Peske et al., 2009).

Nesse contexto a correta nutrição da planta é essencial, principalmente o nitrogênio, já que ele é demandado em maior quantidade pela cultura, estima-se que para cada tonelada de grão que a ela produz, demanda 83 kg ha⁻¹ (Hungria et al., 2001). A sua função na planta está relacionada à formação da clorofila, aminoácidos e proteínas.

Quando se fala no nitrogênio é necessário pensar na sua assimilação, pois diferente de outros nutrientes ele não é utilizado na forma que é absorvido. É necessário que ele passe por uma rota metabólica antes de ser incorporado aos aminoácidos. E nesse processo o molibdênio é fundamental, pois atua como cofator enzimático da enzima redutase do nitrato (Taiz e Zeiger, 2013). O nitrogênio é fornecido para a soja via fixação biológica e para que o nitrogênio seja assimilado é necessária a presença da enzima urease que contém níquel em sua composição, esta enzima quebra a uréia para que ocorra a formação de aminoácidos (Buchanan et al., 2015).

Outro nutriente essencial para a formação de proteínas é o enxofre, que faz parte dos aminoácidos cistina, cisteína e metionina (Alvarez et al., 2007), porém são escassas as pesquisas no Brasil com esse nutriente sobre a quantidade de proteína na soja.

Nesse contexto o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito do nitrogênio, enxofre, níquel e molibdênio sobre os componentes de rendimento, produtividade e teor de proteína na cultura da soja.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no município de Campo Mourão-PR, na fazenda experimental da Faculdade Integrado, situada na latitude 23°59'24" S e longitude 52°21'38" W a aproximadamente 530 metros de altitude. O solo da área é um Latossolo Vermelho distroférrico de textura muito argilosa (Embrapa, 2013). As características químicas na camada de 0-20 cm são: pH= 5,20; P= 7,0 mg dm⁻³; H+Al= 5,5 cmol_c dm⁻³; Ca= 4 cmol_c dm⁻³; Mg= 2,0 cmol_c dm⁻³; K= 0,1 cmol_c dm⁻³; Mo= 129 mg dm⁻³; Ni= 25,8 mg dm⁻³ e V%= 54.

O delineamento experimental foi de blocos completos ao acaso com cinco tratamentos (Testemunha; 4,32 g ha⁻¹ de nitrogênio; 13,5 g ha⁻¹ de enxofre; 17,4 g ha⁻¹ de níquel e 23,4 g ha⁻¹ de molibdênio), cada parcela possuía 10 m². A quantidade de cada nutriente foi baseada no seu teor no solo e como fontes foram utilizados sais de laboratório.

A semeadura foi realizada no dia 18/10/2016 com espaçamento de 50 cm entre linhas, utilizou-se a cultivar NA 5909 RR com população de 288.888 plantas ha⁻¹, as sementes foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* e a adubação de base foi feita com 250 kg ha⁻¹ do fertilizante 04-30-10. Ao longo do ciclo foram realizadas aplicações de inseticidas, fungicidas e herbicidas conforme a recomendação técnica para a cultura. Os tratamentos foram aplicados 25 dias após a emergência com o auxílio de um pulverizador costal pressurizado com oxigênio, equipado com pontas 110 02 e volume de 150 L ha⁻¹.

As variáveis respostas avaliadas antes da colheita foram altura de plantas, altura de inserção da primeira vagem e diâmetro do caule, todas elas foram feitas em 10 plantas da área central de cada parcela. Após a maturação fisiológica colheu-se 2 m² de cada parcela e avaliou-se o número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de mil grãos (Brasil, 2009) e produtividade, o teor de proteína nos grãos foi realizado seguindo-se a metodologia de Kjeldahl (AOAC, 1995).

Após se verificar os pressupostos básicos para a análise de variância, os dados foram submetidos às análises obedecendo ao delineamento experimental de blocos completos com tratamentos ao acaso. No caso de efeito significativo dos tratamentos qualitativos, a comparação das médias foi realizada pelo teste Tukey a p≤0,05 com o auxílio do pacote estatístico Sisvar (Ferreira, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a altura de plantas não foi verificado efeito do tratamentos nas condições testadas (Tabela 1). Isso pode ter ocorrido devido à época de aplicação dos tratamentos e também porque ao longo do ciclo as condições climáticas foram favoráveis ao desenvolvimento da cultura.

Ainda cabe destacar que as doses aplicadas de nitrogênio e enxofre foram pequenas, fato que pode ter sido determinante para a não ocorrência de resultados sobre estas variáveis. Verneti e Verneti Junior (2009) comentam que a altura de plantas é uma característica geneticamente controlada, dessa forma se as condições do meio onde ela está inserida forem ótimas o seu tamanho será próximo ao descrito pelo detentor do material. Oliveira et al. (2017) aplicando doses de até 100 g ha⁻¹ de molibdênio verificaram aumento linear no tamanho das plantas.

Tabela 1 - Altura de plantas (AP), altura de inserção da primeira vagem (AIPV) e diâmetro do caule (DC) de soja em função da aplicação foliar de níquel, molibdênio, nitrogênio e enxofre, Campo Mourão, 2017

Tratamentos	AP (cm)	AIPV (cm)	DC (mm)
Níquel	89,8 a*	7,9 a	9,8 a
Molibdênio	90,2 a	8,2 a	8,9 a
Nitrogênio	85,3 a	9,2 a	9,8 a
Enxofre	91,6 a	8,8 a	9,9 a
Testemunha	91,7 a	8,0 a	9,5 a
DMS	10,28	2,7	0,9
CV	5,08	14,2	4,6

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a $p \leq 0,05$.

A altura de inserção da primeira vagem e o diâmetro do caule também não apresentaram diferenças estatísticas em função da aplicação dos nutrientes, essas variáveis normalmente são influenciadas pela altura de plantas, pois plantas que crescem mais tendem a ter vagens inseridas em maior altura e com diâmetro do caule menor.

O número de vagens por planta foi maior no tratamento em que foi aplicado o nitrogênio (Tabela 2), isso pode ter ocorrido porque quando as plantas possuem boa disponibilidade de nitrogênio tendem a produzir mais galhos e isso favorece o desenvolvimento de novas vagens e também reduz o abortamento floral. Além disso, o íon amônio possui a capacidade de aumentar a absorção de produtos fitossanitários e nutrientes devido a sua ação sobre a cutícula (Gandolfo et al., 2013) o que pode também ter contribuído para o resultado sobre esta variável.

O tratamento com enxofre apresentou maior número de grãos por vagem que a testemunha (Tabela 2), não se diferenciando dos demais tratamentos. Um ponto importante sobre este nutriente é que ele normalmente encontra-se deficiente no solo devido a baixa quantidade de matéria orgânica, exportação pela cultura devido as altas produtividades, uso de fertilizantes que não possuem enxofre em sua composição, lixiviação e a redução de produtos fitossanitários que contém enxofre (Resende et al., 2009), isso pode explicar em parte o maior número de grãos por vagem.

Tabela 2 - Número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), massa de mil grãos (MMG) e produtividade (PROD) de soja em função da aplicação foliar de níquel, molibdênio, nitrogênio e enxofre, Campo Mourão, 2017.

Tratamentos	NVP	NGV	MMG (g)	PROD (kg ha ⁻¹)
Níquel	84,8 b*	2,41 ab	169,2 a	3385 a
Molibdênio	87,2 b	2,39 ab	168,5 a	3370 a
Nitrogênio	93,7 a	2,39 ab	167,7 a	3355 a
Enxofre	89,4 b	2,44 a	167,5 a	3350 a
Testemunha	86,5 b	2,33 b	162,7 a	3255 a
DMS	29	0,10	13,3	267,1
CV	8	1,9	3,5	3,5

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a $p \leq 0,05$.

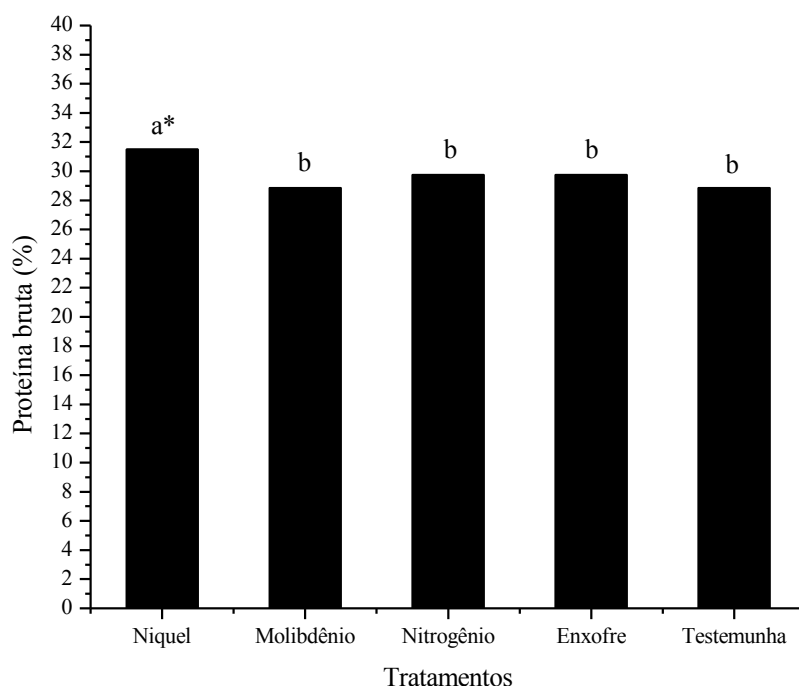
Apesar do número de vagens por planta e o número de grãos por vagem apresentarem diferenças estatísticas, não houve diferença entre os tratamentos para a produtividade (Tabela 2). O teor de proteína bruta foi superior no tratamento com níquel (Figura 1) quando comparado aos demais tratamentos. Isso pode ser devido à maior assimilação do nitrogênio, causada pela presença do níquel que proporcionou maior atividade da enzima urease.

Esperava-se também que os outros nutrientes apresentassem resultados positivos sobre esta variável, uma provável explicação é a falta de molibdênio e níquel também pode ter influenciado o tratamento com nitrogênio, pois como comentado eles atuam na sua assimilação. O enxofre é considerado um nutriente imóvel na planta (Silva et al., 2003), como a aplicação foi realizada no período vegetativo ele pode ter sido incorporado nas folhas e por isso não influenciou a quantidade de proteína nos grãos.

Moraes et al. (2008) realizando aplicação via tratamento de sementes e via foliar em diferentes épocas não verificaram efeito do molibdênio sobre a produtividade e o teor de proteínas nos grãos de soja (BRS MG 68), os autores atribuíram o resultado a quantidade de

molibdênio disponível no solo e também a possível contaminação dos fertilizantes com este elemento.

Oliveira et al. (2017) verificaram acréscimo de 9% no teor de proteína quando aplicaram 100 g ha⁻¹ de molibdênio em relação ao tratamento controle (sem aplicação), os autores ainda verificaram que nas condições testadas não houve diferença entre épocas de aplicação, resultados similares também foram verificados por Meschede et al. (2004).



*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a $p \leq 0,05$.

Figura 1 - Teor de proteína bruta (%) nos grãos de soja em função da aplicação foliar de níquel, molibdênio, nitrogênio e enxofre, Campo Mourão, 2017.

Lopes et al. (2016) verificaram acréscimos na quantidade de proteína nos grãos de feijão quando aplicaram molibdênio (80 g ha⁻¹), os mesmos autores também verificaram aumento linear de proteína com doses de Ni (0-60 g ha⁻¹). Souza et al. (2009) realizaram aplicação foliar de molibdênio e cobalto na cultura da soja, mas não verificaram aumento na quantidade de proteína.

Apesar de a quantidade de proteína no grão ter aumentando em função da aplicação de níquel, ela ficou abaixo da quantidade encontrada no estado que é de 36,46% (Embrapa, 2015), isso ocorre porque a correlação genética entre a produtividade e o teor de proteína é frequentemente baixa e negativa (Helms e Orf, 1998), com isso cultivares com alto potencial produtivo tendem a produzir menos proteínas em seus grãos. Porém os resultados ficaram

próximos aos verificados por Meschede et al. (2014) no município de Maringá com a cultivar BRS 113.

CONCLUSÕES

O tratamento com nitrogênio aumentou o número de vagens por planta e o com enxofre aumentou o número de grãos por vagens, mas nenhum dos tratamentos influenciou a produtividade

A aplicação de níquel aumentou em 2% o teor de proteína quando comparado aos demais tratamentos.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ, V.H.; ROSCOE, R.; KURIHARA, H.; PEREIRA, N. de F.P. Enxofre. In: NOVAIS, R.F. et al. (Ed) **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 595-644.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. Vitamins and other nutrients. In: AOAC. **Official methods of analysis**. 16. ed. Vol. II. Arlington: AOAC International, 1995. P. 58-61.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 395p.

BUCHANAN, B.B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. **Biochemistry and molecular biology of plants**. 2 ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2015. 1280p.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: Safra 2016/17 – Nono levantamento**. Brasília: Conab, v. 4, n. 9, 160p., 2017.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Soja sofre redução no teor de proteína ao longo do tempo**. Disponível em: <
<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/7693893/soja-sofre-reducao-no-teor-de-proteina-ao-longo-do-tempo>>. Acesso em: 28 de maio de 2017.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solo**. 3 ed. Brasília: Embrapa, 2013. 342p.
FERREIRA, D.F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

GANDOLFO, M.A.; CHECHETTO, R.G.; CARVALHO, F.K.; GANDOLFO, U.D.; MORAES, E.D. de. Influência de pontas de pulverização e adjuvantes na deriva em caldas com glyphosate. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 3, p. 474-480, 2013.

HELMS, T.C.; ORF, J.H. Protein, oil, and yield in soybean lines selected for increased protein. **Crop Science**, v.38, p.707-711,1998.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **Fixação biológica de nitrogênio na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 48p. 2001. (Circular técnica n. 35).

LOPES, J.F.; COELHO, F.C.; RABELLO, W.S.; RANGEL, O.J.P.; GRAVINA, G. de A.; VIEIRA, H.D. Produtividade e composição mineral do feijão em resposta às adubações com molibdênio e níquel. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 63, n.3, p. 419-426, 2016.

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**, Maringá, v. 26, n. 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 e Agrotecnologia**, v. 32, n. 5, p. 1496-1502, 2008.

OLIVEIRA, C.O. e; PINTO, C.C.; GARCIA, A.; BETTIOL, J.V.T.; SÁ, M.E. de; LAZARINI, E. Produção de sementes de soja enriquecidas com molibdênio. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 64, n.3, p. 282-290, 2017.

PESKE, F.B.; BAUDET, L.; PESKE, S.T. Produtividade de plantas de soja provenientes de sementes tratadas com fósforo. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p. 95-101, 2009.

REZENDE, P.M. de; CARVALHO, E.R.; SANTOS, J.P.; ANDRADE, M.J.B. de; ALCANTARA, H.P. de. Enxofre aplicado via foliar na cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 5, p. 1255-1259, 2009.

SILVA, D.J.; VENEGAS, V.H.A.; RUIZ, H.A.; SANT'ANNA, R. Translocação e redistribuição de enxofre em plantas de milho e de soja. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 38, n. 6, p. 715-721, 2003.

SOUZA, L.C.F. de; ZANON, G.D.; PEDROSO, F.F.; ANDRADE, L.H.L. de. Teor de proteína e de óleo nos grãos de soja em função do tratamento de sementes e aplicação de micronutrientes. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 6, p. 1586-1593, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5^a ed. Porto Alegre: Armed, 2013. 918p.

VERNETTI, F.J.; VERNETTI JUNIOR, F.J.; **Genética da Soja: Caracteres Qualitativos e Diversidade Genética**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

VITTI, G.C. P.A.C.; CASTRO, R.S.A. Fertilizante com molibdênio e cobalto na cultura da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.8, p.349-352, 1994.