



Fertilização de fósforo e zinco na cultura da soja altera os teores de magnésio, zinco e manganês⁽¹⁾.

Aline Cristina Richart⁽²⁾; João Cardoso de Souza Junior⁽³⁾; Marcilene Machado dos Santos Sarah⁽⁴⁾; Mário Lopes da Silva Junior⁽⁵⁾; Leila Sobral Sampaio⁽⁶⁾; George Rodrigues da Silva⁽⁷⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do CNPq.

⁽²⁾ Discente do Instituto de Ciências Agrárias, Bolsista do CNPq/Capes; Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Belém, Pará. e-mail: (richartaline@hotmail.com). ⁽³⁾ Engenheiro agrônomo, mestrando do programa de Solos e Nutrição de Plantas, ESALQ- USP. Bolsista CNPq. e-mail: joaocardoso@usp.br. ⁽⁴⁾ Discente do Instituto de Ciências Agrárias, Bolsista do CNPq/Capes; Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Belém, Pará. e-mail: (marcilene.m.sarah@gmail.com). ⁽⁵⁾ Professor do Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal Rural da Amazônia, campus Belém, Pará. e-mail: mario.silva@ufra.edu.br. ⁽⁶⁾ Professora do Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal Rural da Amazônia, campus Belém, Pará. e-mail: leila.sampaio@ufra.edu.br. ⁽⁷⁾ Professor do Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal Rural da Amazônia, campus Belém, Pará. e-mail: george.silva@ufra.edu.br.

RESUMO: A soja é uma cultura muito exigente em todos os macronutrientes essenciais. Para que os nutrientes possam ser eficientemente aproveitados pela cultura, devem estar presentes no solo em quantidades suficientes e em relações equilibradas. Nesse contexto, O objetivo deste estudo foi avaliar a resposta de plantas de soja a doses de fósforo (P) e Zinco (Zn). Foi realizado este experimento em casa de vegetação, da Universidade Federal Rural da Amazônia – Campus Belém – PA com Latossolo Amarelo muito argiloso de Paragominas – PA. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, assumindo o fatorial 5x2, sendo cinco doses de P₂O₅ (0, 25, 50, 75 e 100 mg dm⁻³) e duas doses de Zn (1,5 e 3 mg dm⁻³), com quatro repetições. Com o aumento de P e Zn, a concentração de Mg foi reduzida, ocasionando efeito negativo a concentração no tecido foliar da cultura. Houve efeito negativo com o aumento da dose de Zn com o Mn. Esses resultados ressaltam a necessidade de fertilização fosfatada em Latossolos Amarelos muito argilosos mesmo quando o teor de P estiver acima de 21 mg dm⁻³.

Termos de indexação: Amazônia, macronutrientes, micronutrientes.

INTRODUÇÃO

No Brasil, grande parte da área cultivada com soja situa-se em região cujos solos possuem baixa capacidade de troca catiônica, alta capacidade de adsorção de P e elevadas concentrações de Al (Moreira et al., 2003).

Para o correto incremento da produtividade agrícola na Amazônia, é de fundamental importância o avanço científico e tecnológico em relação ao conhecimento das exigências nutricionais de cada cultura, aprimorando-se, desta forma, o uso dos insumos na propriedade agrícola (Gonçalves Jr et al., 2010). Além dos

macronutrientes, pode-se destacar a importância dos micronutrientes que, em diversas situações, são limitantes para uma boa produtividade das culturas, onde, tem-se observado uma sensível redução no rendimento de algumas lavouras.

De acordo com a função bioquímica, o fósforo é componente de açúcares fosfato, ácidos nucleicos, nucleotídeos, coenzimas, fosfolípidos e ácido fítico entre outros. É um dos nutrientes importantes no armazenamento de energia, como o ATP ou na manutenção da integridade das membranas estruturais (Taiz; Zieger, 2009).

Devido às inúmeras funções, quando em baixos teores no solo, a planta tem seu crescimento prejudicado (Zanatta, 2015). Sem o fósforo, a produtividade da cultura da soja é baixa e a há redução no porte da planta.

Dos fatores que podem afetar a disponibilidade de Zn as plantas, o pH e o teor de fósforo do solo são os principais. Relações inversas entre o pH do solo e a disponibilidade de Zn têm sido evidenciadas em muitos trabalhos. Malavolta (2006) relatou que, em solos ácidos, o aumento em uma unidade de pH dentro dos limites da faixa 5-7 causa a diminuição de 30 vezes na concentração, quando comparado a solos com pH 4-5, concluindo que o Zn está mais disponível para as plantas, em condições de solos com pH próximos a 5.

As deficiências de Zn, provocadas por altos níveis de P no solo, têm sido observadas por diversos autores. Os mecanismos que interferem nas relações entre Zn e P ainda não são totalmente conhecidos. Entretanto, alguns trabalhos têm revelado que altas concentrações de P pode induzir a deficiência devido a vários efeitos – insolubilização do Zn na superfície da raiz em função do pH e da presença de Ca, inibição não competitiva; precipitação no xilema e menor transporte a longa distância causado pelo aumento na matéria seca (Gorostiaga, 1972).



Considerando a importância do cultivo de soja, a influência do fósforo e do zinco na fisiologia da cultura e o crescente uso de fosforo pela agricultura, objetivou-se avaliar as respostas nutricionais de plantas de soja fertilizadas com fósforo em Latossolo Amarelo muito argiloso de Paragominas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizada na Universidade Federal Rural da Amazônia (Belém-PA). O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso assumindo o esquema fatorial 5x3, sendo cinco doses de P_2O_5 (0, 25, 50, 75 e 100 mg/dm^{-3}) e duas doses de Zn (0, 1,5 mg/dm^{-3}), com quatro repetições. A análise química do solo mostrou: pH = 4,7; P e K = 21 e 187 $mg\ dm^{-3}$ (resina); V% = 44 e CTC = 9,4 $cmol_c\ dm^{-3}$. Utilizou-se o método de saturação por bases para o cálculo da calagem, elevando-se o valor para 60%.

As unidades experimentais consistiram de vasos de plástico, sem dreno, com 5 kg de Latossolo Amarelo argiloso de Paragominas-PA. O solo foi seco ao ar e posteriormente peneirado em malha de 4 mm. Após, realizou-se a incubação dos solos por 90 dias, durante a qual a umidade do solo foi mantida a 70% da capacidade máxima de retenção de água no solo.

A variedade de soja utilizada foi a M 8766, realizando-se o tratamento das sementes com defensivos e produtos fitossanitários, sendo posteriormente inoculadas com *Bradrizobium japonicum*. Após a incubação, semearam-se seis sementes por vaso. Aos 10 dias da emergência realizou-se o desbaste para a permanência de três plantas por vaso. As plantas foram irrigadas diariamente utilizando balança para correção do teor de água, trabalhando com uma lâmina que complete 70% da capacidade máxima de retenção de água no solo.

No estágio V2-V3 foi realizada a adubação dos nutrientes que apresentavam baixa disponibilidade, como boro, cobre e manganês utilizando a recomendação de 0,5, 0,75 e 1 $mg\ dm^{-3}$, respectivamente. A aplicação dos tratamentos, assim como a correção dos nutrientes foi feita utilizando solução nutritiva com sais puros para análise.

No estágio R1-R2 foi realizada o corte da parte aérea para avaliação da biomassa, sendo separadas as partes da planta para secagem em estufa de circulação forçada a 65°C. A amostragem para avaliação do teor de nutrientes no tecido foliar foi realizada de acordo com Malavolta (2006), coletando no florescimento pleno, R2, 10 folhas diagnósticas do 3º ou 4º trifólio recém-expandido para a formação de uma amostra composta por

parcela. As amostras foram secas em estufa a 65°C até obtenção de massa constante.

As folhas secas foram trituradas sem pecíolo em moinhos tipo Wiley para determinação dos teores de S e Cu. Os teores de S e Cu foram extraídos pela digestão nitro-perclórica, sendo o S quantificado por turbidimetria e o Cu por espectrofotometria de absorção atômica (Sarruge & Haag, 1974).

Os dados foram submetidos à regressão na análise de variância com o auxílio do software SAEG e com base no valor F do modelo de significância, foram realizados os ajustes de equações, podendo ser linear ou quadrático.

As folhas secas foram trituradas sem pecíolo em moinhos tipo Wiley para determinação dos teores de P, K e Ca. Os teores de N foram extraídos pelo método de Kjeldahl, digerindo o material a partir do ataque sulfúrico e quantificado por titulação. Os teores de P e Mg foram extraídos pela digestão nitro-perclórica, sendo o P quantificado por espectrofotometria e Mg por espectrofotometria de absorção atômica e Mn e Zn, por espectrofotometria de absorção atômica (Sarruge & Haag, 1974).

No estágio R1-R2 foi realizada o corte da parte aérea para avaliação da biomassa, sendo separadas as partes da planta para secagem em estufa de circulação forçada a 65°C. A amostragem para avaliação do teor de nutrientes no tecido foliar foi realizada de acordo com Malavolta (2006), coletando no florescimento pleno, R2, 10 folhas diagnósticas do 3º ou 4º trifólio recém-expandido para a formação de uma amostra composta por parcela. As amostras foram secas em estufa a 65°C até obtenção de massa constante.

Análise estatística

Os dados foram submetidos à regressão na análise de variância com o auxílio do software SAEG e com base no valor F do modelo de significância, foram realizados os ajustes de equações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância mostrou que as doses de P_2O_5 foram significativas para as concentrações dos teores de magnésio e zinco ($p < 0,01$), ao passo que o manganês apresentou significância de ($p < 0,05$) para o tecido foliar.

Observou-se interação tripla significativa entre os fatores estudados para as variáveis de fósforo e zinco (**Figura 1**).

A comparação entre e submetidas a diferentes níveis de adubação fosfatada, o modelo de regressão quadrático foi o que melhor descreveu o efeito da interação das doses de fósforo e zinco sobre o teor de Magnésio no tecido foliar.



A derivada da equação quadrática mostrou que os teores máximos de magnésio ($5,51 \text{ g kg}^{-1}$) no tecido foliar de soja foram, e obtidos nas doses de 75 mg dm^{-3} de P_2O_5 .

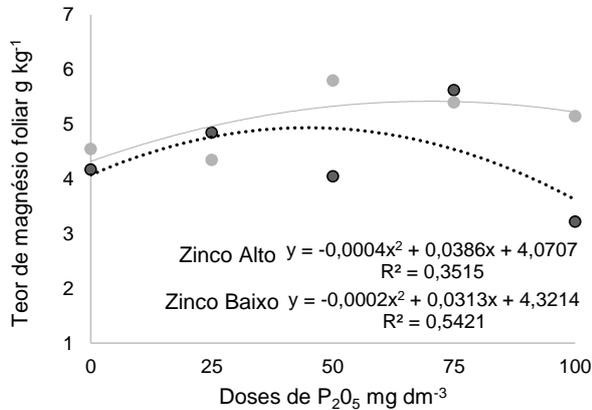


Figura 1. Teor de Mg no tecido foliar de soja em função de doses de P_2O_5 e Zn.

Com o aumento na concentração de fósforo e zinco no solo, houve diminuição na concentração do magnésio. Esse comportamento é característico de inibição do tipo não competitiva, a inibição não competitiva foi também confirmada pela relação entre o Zn absorvido e a sua concentração na solução. Esses resultados indicam que na presença de altas concentrações de Zn no solo, a absorção de Mg é negativamente afetada, o que é agravado na maioria dos solos tropicais, tendo em vista ser este micronutriente um dos mais limitantes nesses solos (Moreira et al., 2003).

A inibição não competitiva é ocasionada pela deformação do sítio não ativo do carregador, de modo que não ocorre a formação do complexo na velocidade usual e, uma vez formado, o complexo não se desdobra na velocidade normal para originar os produtos (Lehninger et al., 1995). Nesse tipo de inibição, a maior absorção de um elemento não pode ser anulada pelo aumento da concentração do outro, o que não ocorre na inibição competitiva, em que o inibidor I combina-se com o mesmo sítio ativo do carregador R; neste caso, a inibição pode ser desfeita aumentando-se a concentração do nutriente (Hopkins, 1995; Malavolta et al., 1997). A constatação do tipo de inibição não competitiva demonstra que em solos com alta concentração de Zn.

Esse resultado é evidência da interação que ocorre entre os nutrientes, com inibição na absorção de Mn e Mg, pela maior presença de Zn na solução (Moreira et al., 2003).

Tabela 1. Teor de zinco no tecido foliar da soja

Zn mg dm^{-3}	Zn
0	42,3**
1,5	49,1**

**Significativo a probabilidade de 1%.

Para os teores de zinco foliar, a dose de Zn aplicada foi significativa, mas não se ajustou a equações lineares ou quadráticas (Tabela 1), o maior valor encontrado foi de $49,1 \text{ mg kg}^{-1}$ na dose de 3 mg dm^{-3} de Zn, e a menor dose encontrada foi de $42,3$ na dose de $1,5 \text{ mg dm}^{-3}$ de Zn. Esse resultado pode ser atribuído aos baixos índices desse nutriente no solo, antes da aplicação de Zn. O teor de Zn na camada de 0 a 20 cm apresenta-se como baixo, portanto, a fertilização com o nutriente é considerada responsivo (Gonçalves Junior, 2010).

Tabela 2. Teor de manganês no tecido foliar da soja

Zn mg dm^{-3}	Mn
0	25,1*
1,5	21,1*

*Significativo a probabilidade de 5%

Para os teores de Manganês, a dose de Zn aplicada foi significativa, mas não se ajustou a equação linear ou quadrática, o maior valor encontrado foi de $25,1 \text{ mg kg}^{-1}$ na dose de $1,5 \text{ mg dm}^{-3}$ de Zn, e a menor dose encontrada foi de $21,1$ na dose de 3 mg dm^{-3} de Zn. O desequilíbrio no teor do metal Zinco pode provocar alteração na taxa de absorção do manganês, nesse caso, houve efeito antagônico, com o aumento da concentração desse metal no solo, houve diminuição na absorção de manganês pela planta (Tanaka et al., 1992).

A redução na absorção de Mn corrobora os resultados de Moreira et al., (2003), que, ao estudarem a influência do Zn na absorção de Mn, observaram que a inibição entre o Zn e Mn é do tipo não competitiva.

CONCLUSÕES

A fertilização fosfatada é de suma importância para o aumento da produção da soja, ao passo que deve-se ter cautela na fertilização com micronutrientes, para não ocorrer efeito antagônico com outros nutrientes. Na soja, a inibição do Zn sobre a absorção do magnésio e do manganês por raízes destacadas é do tipo não competitiva.

AGRADECIMENTOS

A fazenda Xingu (Castanha-Pa) pelo financiamento do experimento e ao conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq.

REFERÊNCIAS

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. Princípios de bioquímica. São Paulo: Sarvier, 1995. 839 p.



GONÇALVES Jr, A. C.; NACKE, H.; MARENGONI, N. G.; CARVALHO, E. A. DE; COELHO, G. F. Produtividade e componentes de produção da soja adubada com diferentes doses de fósforo, potássio e zinco. *Ciência agrotecnologia*, 34:660-666, 2010.

GOROSTIAGA, O. Contribuição ao Estudo das Relações entre o Zinco e o Fósforo das Plantas. Tese de Doutorado. E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP. Piracicaba. 44 p. 1972.

MALAVOLTA, E. Manual de Nutrição Mineral de Plantas. 1 ed. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2006.

MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E.; HEINRICHS, R.; TANAKA, R. T. Influência do magnésio na absorção de manganês e zinco por raízes destacadas de soja. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 38: 95-101, 2003.

OLIVEIRA JUNIOR; A. de, PROCHNOW, L. I.; D. KLEPKER, Eficiência agrônômica de fosfato natural reativo na cultura da soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 43:623-631, 2008.

SARRUGE, J.R.; HAAG, H. P. Análises químicas em plantas. Piracicaba: Esalq, 1974.

SFREDO, G. J. Soja no Brasil: Calagem, Adubação e Nutrição Mineral. EMBRAPA Documento 305 pag. 120. Embrapa Soja. Londrina. PR. 148. 2008.

TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A.; BULISANI, E. A. Deficiência de manganês em soja induzida por excesso de calcário. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 27:247-250, 1992.