

## USO EXCESSIVO DE ENXOFRE E BORO AUMENTAM A LIXIVIAÇÃO EM SOLOS ARENOSOS CULTIVADOS COM AMENDOIM

Leonardo Vesco Galdi<sup>1</sup>; Carlos Felipe dos Santos Cordeiro<sup>2</sup> & Fábio Rafael Echer<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE, Campus de Presidente Prudente –  
leo.galdi@gmail.com; fabioecher@unoeste.br

<sup>2</sup>Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus de Botucatu – cordeirocfs@gmail.com

### PROBLEMÁTICA

Enxofre (S) e boro (B) são nutrientes facilmente perdidos por lixiviação, especialmente em solos arenosos com preparo convencional, como ocorre no cultivo de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) no Brasil. Dessa forma há necessidade de estudos visando ajustar a dose de S e B para obter a máxima produtividade do amendoim, mas sem favorecer as perdas por lixiviação, buscando a máxima eficiência dos nutrientes.

### CONHECIMENTO PRÉVIO

Em solos arenosos há dificuldade em armazenar B nas camadas superficiais do solo e o risco de lixiviação é alto, pois esse nutriente predomina no solo na forma de ácido bórico ( $H_3BO_3$ ) – sem cargas (Dhassi et al., 2019). Entretanto se aplicado na dose correta para a cultura que está sendo cultivada o risco de lixiviação é baixo (Cordeiro et al., 2022). Foi relatado recentemente que a máxima produtividade do amendoim obtida com aplicação de B entre 1,5 e 3,0 kg ha<sup>-1</sup> (Cordeiro et al., 2024), mas ainda não se sabe se a aplicação dessas doses aumentar a lixiviação de B em solos arenosos.

Com relação ao S, ainda faltam informações sobre a dose adequada para a cultura do amendoim. A extração de S em lavouras de alta produtividade é em torno de 22 kg ha<sup>-1</sup> (Cordeiro et al., 2023). Um estudo em solos arenoso indicou que é necessário aplicar entre 30 e 45 kg ha<sup>-1</sup> de S via sulfato (Hong et al., 2021) para se obter a melhor produtividade. Porém, quando se utiliza S elementar deve-se considerar a taxa de oxidação do S, que é afetada pela textura do solo e disponibilidade hídrica (Zhao et al., 2022). Apesar da taxa de lixiviação do S fornecido via S-elementar ser baixa, isso acontece em ambientes de clima temperado (Rhue e Kamprath, 1973). Assim, o efeito da aplicação de altas doses de S-elementar sobre a lixiviação do S em áreas de solos arenosos com cultivo de amendoim ainda não é conhecido. Além disso, não há trabalhos que indicam se há interação do S com o B. O objetivo do estudo foi avaliar a lixiviação de S e B em ambientes de produção de amendoim em solos arenosos.

### DESCRIÇÃO DA PESQUISA

Os experimentos foram conduzidos em áreas comerciais de produção de amendoim, nos municípios de Regente Feijó – SP e em Tupã – SP (22° 17' 21" S, 51° 16' 00" O) e (22° 07' 35" S, 50° 23' 48") respectivamente, em solos textura arenosa, na safra 2022/2023. Os teores iniciais de S no solo em Regente Feijó e Tupã (0 – 20 cm) eram de 3,5 e 4,0 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente, e de B eram 0,19 e 0,34 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro repetições e esquema de parcelas sub-divididas, onde, nas parcelas foram alocadas as fontes de S e B: Ulexita acidulada (10% B), S-elementar (90% S), Ulexita acidulada (10%) + enxofre elementar (90%) e Ulexita acidulada + S-elementar no mesmo grânulo (72% S e 2% B). Nas sub-parcelas foram alocadas as doses de S e B: sem aplicação (dose zero), 0,83 kg ha<sup>-1</sup> de B e 30 kg ha<sup>-1</sup> de S (dose baixa), 1,7 kg ha<sup>-1</sup> de B e 60 kg ha<sup>-1</sup> de S

(dose intermediária) e 3,3 kg ha<sup>-1</sup> de B e 120 kg ha<sup>-1</sup> de S (dose alta), aplicado via solo no momento da semeadura, manualmente. As parcelas tiveram dimensões de 3,6 m (largura) x 6 m (comprimento).

A semeadura foi realizada no dia 17/10/2022 no município de Tupã e 25/10/2022 em Regente Feijó, mecanicamente, com 32 sementes por metro e espaçamento de 0,73x0,17 m entre linhas, em sistema de linha dupla, com a cultivar Granoleico. A colheita foi realizada aproximadamente 130 dias após a emergência. Logo após a colheita foi coletado amostras de solo (cinco sub-amostras por parcela) estratificadas até 80 cm de profundidade e foi avaliado os teores de S e B seguindo a metodologia descrita por Rajj et al. (2001). Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste t (LSD) ao nível de 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação S elementar, aumentou o teor de S em todas as camadas do solo (Figura 1). O nível crítico de S no solo é de 7,5 mg dm<sup>-3</sup> na camada de 0-20 cm para a maior parte das culturas no Brasil (Pias et al., 2019) e isso foi obtido apenas com alta dose de S na área de Tupã-SP. Porém a aplicação de 120 kg ha<sup>-1</sup> de S via S-elementar elevou o teor de S no solo próximo de 10 mg dm<sup>-3</sup> na camada de 40-60 e 60-80 cm, ou seja, o teor foi maior em profundidade. Isso mostra a dificuldade de aumentar a disponibilidade de S na camada superficial de solos arenosos. Com aplicação da dose intermediária de S (60 kg ha<sup>-1</sup>) – dose que foi obtida a máxima produtividade de amendoim (dados não mostrados). Em Tupã-SP, os teores oscilaram entre 6 e 8 mg dm<sup>-3</sup> de S no solo (0-40 cm) e, em Regente Feijó –SP, oscilou entre 5 e 7 mg dm<sup>-3</sup> (0-40 cm). Assim no atual sistema de produção de amendoim no Brasil é recomendado a aplicação de doses moderadas de S com objetivo de obter a máxima produtividade e evitar a lixiviação de S no perfil do solo.

Mesmo com a aplicação de maiores doses de B, em todos os cenários avaliados nesse estudo o teor de boro no solo esteve abaixo de nível crítico (0,6 mg dm<sup>-3</sup>) (Figura 2). Entretanto a aplicação de B aumentou o teor de B no solo até a camada de 80 cm, ou seja, parte do B aplicado foi absorvido pela planta de amendoim e o restante ficou disponível na solução do solo, sujeito a lixiviação. Dessa forma é necessário a aplicação de B todos os anos em lavouras de amendoim que forem cultivadas em solos com baixo teor de boro e não há vantagens da aplicação de maiores doses, pois a maior parte desse boro será lixiviada. Adicionalmente não foi observado sinergismo entre as doses e fontes de S e B sobre a movimentação desses nutrientes no perfil do solo. Também devemos salientar que na safra do presente estudo houve alta precipitação (950 mm em Tupã-SP e 1.240 mm em Regente Feijó-SP), sendo necessários novos estudos em anos com restrição hídrica, uma vez que a umidade do solo afeta a taxa de oxidação do S (Zhao et al., 2022) bem como a sua movimentação no perfil.

## APLICAÇÃO PRÁTICA

As doses adequadas de S e B são 60 e 1,7 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente, reduzindo os riscos de lixiviação, sendo assim não há vantagem para aplicação de altas doses de S e B em um solo arenoso com baixo teor de matéria orgânica com objetivo de aumentar os teores desses nutrientes no solo, pois a maior parte do S e B pode ser lixiviada.

## AGRADECIMENTOS

Ao produtor Helder Lamberti, ao Grupo Beatrice pelo apoio na condução dos estudos e a empresa ICL por financiar o estudo.

**LITERATURA CITADA**

Cordeiro, C.F.S.; Galdi, L.V., Andrade, G.L.B., Junior, G.S.M., Echer, F.R. Extração e exportação de nutrientes por cultivares modernas de amendoim. *Boletim de Pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – UNOESTE*. v. 4, 2023, p. 88-93.

Cordeiro, C.F.S.; Galdi, L.V.; Silva, G.F.; Custodio, C.C.; Echer, F.R. Boron nutrition improves peanuts yield and seed quality in a low B sandy soil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo (Online)*, 2024. (no prelo).

Cordeiro, L.F.S, Cordeiro, C.F.S, Ferrari, S. Cotton yield and boron dynamics affected by cover crops and boron fertilization in a tropical sandy soil. *Field Crops Research*, 284, 2022, 108575.

Dhassi, K., Drissi, S., Makroum, K., Er-Rezza, H., Amlal, F., Aït Houssa, A. Soil boron migration as influenced by leaching rate and soil characteristics: A column study. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 50(14), 2019, 1663-1670.

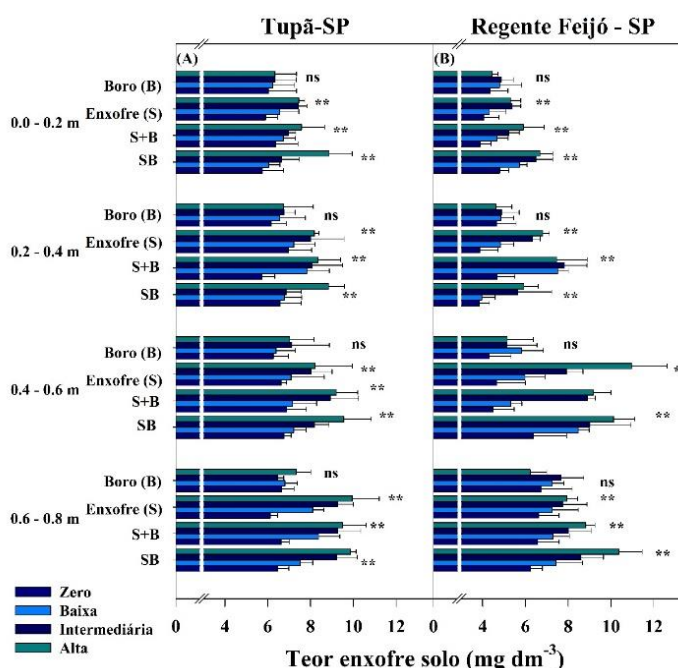
Hoang, T.T.H., Do, D.T., Nguyen, H.N., Nguyen, V.B., Mann, S., Bell, R.W. Sulfur management strategies to improve partial sulfur balance with irrigated peanut production on deep sands. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 67(11), 2021, 1465-1478.

Pias, O.H.D.C., Tiecher, T., Cherubin, M.R., Mazurana, M., Bayer, C. Crop yield responses to sulfur fertilization in Brazilian no-till soils: A systematic review. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 43, 2019.

Raij, B. van; Andrade, J.C.; Cantarella, H.; Quaggio, J.A. *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas. 2001.

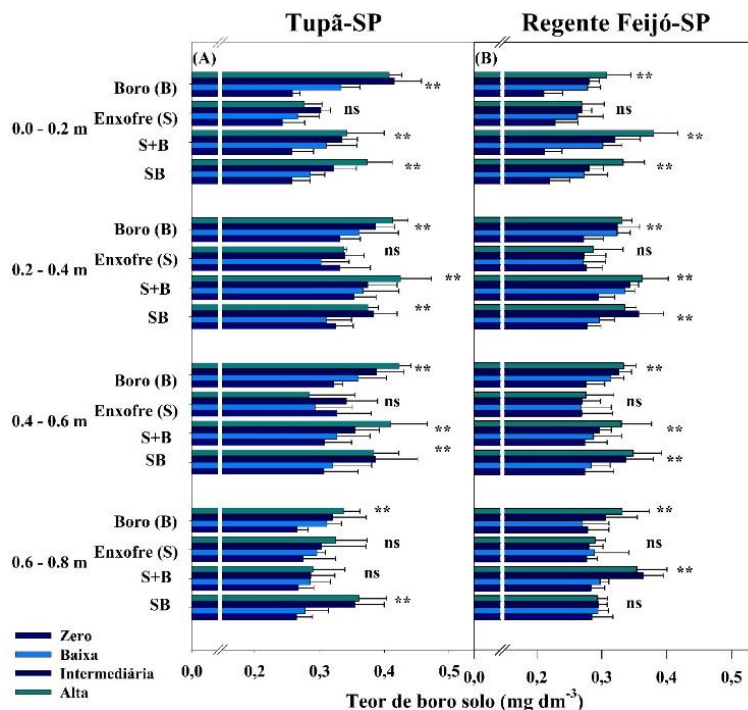
Rhue, R.D., Kamprath, E.J. Leaching losses of sulfur during winter months when applied as gypsum, elemental S or prilled S 1. *Agronomy Journal*, 65(4), 1973, 603-605.

Zhao, C., Wang, J., Zang, F., Tang, W., Dong, G., Nan, Z. Water content and communities of sulfur-oxidizing bacteria affect elemental sulfur oxidation in silty and sandy loam soils. *European Journal of Soil Biology*, 111, 2022, 103419.



**Figura 1.** Teor de enxofre no perfil do solo em função de diferentes doses, fontes e métodos de adubação com enxofre e boro via solo em Tupã-SP (A) e Regente Feijó-SP (B). \*\*= diferença pelo teste t (LSD) a 5%, ns: não significativo. Dose zero (sem aplicação); dose baixa (0,83 kg ha<sup>-1</sup> de B e 30 kg ha<sup>-1</sup> de S); dose intermediária (1,7 kg ha<sup>-1</sup> de B e 60 kg ha<sup>-1</sup> de S) e

dose alta ( $3,3 \text{ kg ha}^{-1}$  de B e  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de S). B+S: boro e enxofre aplicados de forma associada em grânulos diferentes. BS: boro e enxofre aplicados de forma associada no mesmo grânulo.



**Figura 2.** Teor de boro no perfil do solo em função de diferentes doses, fontes e métodos de adubação com enxofre e boro via solo em Tupã-SP (A) e Regente Feijó-SP (B). \*\*= diferença pelo teste t (LSD) a 5%, ns: não significativo. Dose zero (sem aplicação); dose baixa ( $0,83 \text{ kg ha}^{-1}$  de B e  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  de S); dose intermediária ( $1,7 \text{ kg ha}^{-1}$  de B e  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de S) e dose alta ( $3,3 \text{ kg ha}^{-1}$  de B e  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de S). B+S: boro e enxofre aplicados de forma associada em grânulos diferentes. BS: boro e enxofre aplicados de forma associada no mesmo grânulo.