

Fertilização com boro em trigo, soja e gergelim em solos de diferentes texturas

Alicia Noemi González Blanco¹; Leticia Raquel Osorio Vera²; Jimmy Walter Rasche Alvarez^{3*}; Carlos Andrés Leguizamón Rojas³; Diego Augusto Fatecha Foïs³

¹ Engenheira Agrônoma. Discente da Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, Paraguai.

² Estudante de graduação. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. San Lorenzo, Paraguai.

³ Professor do Departamento de Solos e Ordenamento Territorial. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, Paraguai. *jwrasche@yahoo.com.ar

Resumo: O boro é um nutriente essencial para às plantas, com estreitos níveis entre deficiência e toxicidade. O objetivo deste experimento foi avaliar o efeito da aplicação de B sobre alguns parâmetros das culturas de trigo, soja e gergelim em solos de diferentes texturas. O experimento foi realizado em vasos com 5 kg de solo, em casa de vegetação, entre fevereiro de 2017 a janeiro de 2018. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com arranjo bifatorial, os fatores avaliados foram: Fator 1, duas texturas do solo, (franco-arenosa e argilosa) e Fator 2, cinco doses de boro (0, 10, 20, 30 e 40 mg kg⁻¹ de B), com 5 repetições. A textura do solo influenciou na altura do trigo e número de nódulos da soja, sendo maior no solo de textura franco-arenosa, no entanto no gergelim a altura de planta de massa seca foi maior no solo de textura argilosa. A altura de planta de trigo diminuiu com dose superior a 23 mg kg⁻¹ de B e a massa seca de trigo apresentou diminuição linear com a aplicação de doses crescentes de B. A altura, massa seca aérea e de raízes, número e massa de nódulos da soja, resultaram afetados pela aplicação de B, constatando-se toxicidade em dose superior a 10 mg kg⁻¹. A altura máxima do gergelim ocorreu com a dose de 23 mg kg⁻¹, e a massa seca não foi influenciada pelo B. Dose de B superior a 20 mg kg⁻¹ (40 kg ha⁻¹) resultou em efeitos tóxicos às culturas.

Palavras-chave: Argila; boro no solo; fertilização boratada.

Fertilization with boron in wheat, soybean and sesame in soils of different textures

Abstract: Boron is an essential micronutrient responsible for stretching cells, with narrow levels of deficiency and toxicity. The objective of this experiment was to evaluate the effect of B application on some parameters of wheat, soybean and sesame crops in soils of different textures. The experiment was carried out in pots of 5 kg of soil, using the greenhouse of the Soils and Spatial Planning Area, FCA-UNA, from February 2017 to January 2018. The experimental design was the completely randomized with arrangement (1) and five boron doses (0, 10, 20, 30 and 40 mg B kg⁻¹), with 5 replicates. The soil texture influenced only the height of the wheat and the number of nodules of the soybean, being higher in the soil with a sandy loam texture, however in the sesame the height of the dry mass plant was higher in the soil of clayey texture. Wheat decreased with a dose higher than 23 mg kg⁻¹ of B and the dry wheat mass presented a linear decrease with the application of increasing doses of B. The height, aerial dry mass, root dry mass, number and mass of soybean nodules, were affected by the application of B, confirming toxic dose greater than 10 to 20 mg kg⁻¹. The sesame height was highest with the application of 23 mg kg⁻¹, the dry sesame mass was not influenced by the application of B. Dose of B higher than 20 mg kg⁻¹ (40 kg ha⁻¹) is toxic to cultures.

Key words: Clay, boron in soil, fertilization with boron.

Introdução

O boro (B) é um dos nutrientes essenciais às plantas. Ele participa no processo de formação e alongação celular, crescimento radicular, na etapa reprodutiva é fundamental para o desenvolvimento do tubo polínico, do pólen e a viabilidade da semente, todos estes fatores, diretamente relacionados à produtividade das culturas. O B também participa da fixação

biológica do nitrogênio e ainda não se desvenda completamente sua função nas plantas (BOLAÑOS *et al.* 2004; HÄNSCH e MENDEL 2009; GONZÁLEZ *et al.* 2016).

Os níveis de B no solo varia de acordo ao material de origem, variando entre 5-10 mg kg⁻¹ em rochas ígneas a 3-300 mg kg⁻¹ em rochas sedimentarias. Em média os valores de B na litosfera e de 20 mg kg⁻¹ (TIECHER, 2015). A disponibilidade de B é influenciado pelo material de origem e a formação do solo. Doncel *et al.*, (1996) observaram que de 246 amostras avaliadas na Espanha, 91 % da mesmas apresentavam deficiência de B.

O B é um dos micronutrientes que se apresenta com maior possibilidade de resposta entre os micronutrientes, devido a que entre os micronutrientes, o B é o que apresenta a maior deficiência nos solos, nas principais regiões agrícolas do Paraguai (RASCHE *et al.*, 2017; ORTÍZ e RASCHE, 2018). Sua disponibilidade varia de acordo com a textura do solo. Em solos argilosos o B se encontra, maiormente disponível que nos arenosos, neste último, o B é perdido por lixiviação com maior facilidade, tanto pelo maior fluxo de água, como pela baixa capacidade de retenção dos solos arenosos (COMMUNAR e KEREN, 2006).

Outros fatores como o pH e a matéria orgânica do solo (MOS) também influenciam na disponibilidade de B no solo. O B tem disponibilidade diminuída com o aumento do pH, sendo a máxima adsorção de B atingida com pH próximo a 9,0 (LEHTO, 1995; GOLDBERG, 1997). Com o aumento da MOS tende a ocorrer maior retenção de B, evitando sua lixiviação, e pode haver aumento da disponibilização de B para às plantas quando ocorrer mineralização da MO (YERMIYAHU *et al.*, 2001).

Existe dificuldade para definir as doses adequadas de B, já que o limite entre a escassez e a toxicidade do nutriente no solo é muito estreita. Na atualidade, pesquisas sobre B no Paraguai tem-se limitado principalmente em aplicações foliares (AGUAYO *et al.* 2015), sendo por isso necessária determinar o efeito da aplicação de B no solo, em doses maiores, e verificar o efeito sobre às plantas.

A pesquisa teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de B sobre alguns parâmetros de crescimento das culturas de trigo, soja e gergelim em solos de diferentes texturas.

Material e Métodos

O experimento foi realizado em casa de vegetação, em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial simples 2 x 5, com cinco repetições. Os tratamentos constituíram-se da combinação de solos com diferentes texturas (franco-arenosa e argilosa) e cinco doses de B: (0, 10, 20, 30 y 40 mg kg⁻¹ de B), totalizando 50 unidades experimentais.

Os solos foram coletados na camada de 0- 20 cm, sendo o solo de textura franco-arenosa do Município de San Lorenzo, Departamento Central classificado como Rhodic Paleudult e o de textura argilosa coletado no Município de Katueté, Departamento Canindeyú classificado como Rhodic Kandiudox, (LÓPEZ *et al.*, 1995), caracterizadas na Tabela 1.

Tabela 1- Características químicas e teor de argila dos solos utilizados no experimento com aplicação de boro em solos de textura franco arenosa e argilosa. 2017

Solo	pH	M.O.	P	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	H+Al	CTC	Argila
	H ₂ O	%	mg kg ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹	g kg ⁻¹
Franco arenosa	5,2	0,4	6,3	0,43	0,18	0,09	0,01	0,87	3,67	170
Argilosa	4,5	2,7	0,2	0,38	0,45	0,04	0,00	1,25	8,81	560

As amostras de solo uma vez coletadas foram secas ao ar, passadas em peneira de 4 mm de abertura de malha e tiveram sua acidez corrigida com CaCO₃ e MgCO₃ (proporção molar 3:1 de Ca:Mg) para valor de pH próximo à neutralidade, baseado nos teores da acidez potencial (H+Al). Também foi adicionado fósforo na forma de superfosfato simples e potássio na forma de cloreto de potássio.

Posteriormente o solo foi pesado e acondicionado em vasos (5 kg de solo por vaso) irrigado e deixado em repouso por duas semanas para a reação dos carbonatos e o acomodamento do solo, posteriormente foram aplicadas as doses de B na forma de tetraborato de sódio (Bórax) com 11,5 % de B, aplicado em uma única vez, e se avaliou seu efeito imediato na cultura do trigo e residual na cultura de soja e gergelim. Posteriormente foi semeado trigo, soja e gergelim deixando-se, após o desbaste, cinco, seis e seis plantas por vaso, respectivamente. Durante o ensaio, as amostras foram mantidas com 70 % da capacidade de campo, mediante irrigações diárias para repor a água perdida por evapotranspiração. Na cultura do trigo e do gergelim foram adicionadas N semanalmente com a água de irrigação. No caso da soja este foi inoculado com *Bradyrhizobium japonicum*.

As plantas de trigo, soja e gergelim foram avaliadas aos 73, 60 e 60 dias, respectivamente, onde foram determinadas a altura das plantas e a produção de matéria seca da parte aérea. No caso da altura, foi utilizada uma régua graduada em centímetros, tomando como referência à distância do colo ao ápice da planta e para a produção de matéria seca da parte aérea, as plantas foram cortadas rentes ao solo e após secagem em estufa por 72 h, quantificada a massa da matéria seca por gravimetria.

No caso da soja também foi quantificada a massa da matéria seca das raízes seguindo o mesmo processo da parte aérea. Também foram determinados o número e a massa de nódulos na cultura da soja. Para a avaliação do número e massa dos nódulos, estes foram destacados das raízes, e colocados em álcool etílico 70 %, e posteriormente contados e pesados.

Os dados obtidos foram submetidos a análises de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste Tukey ao nível de significância de 5 % de probabilidade para o efeito da textura do solo e de regressão para o efeito das doses de B, através da utilização do programa ASSISTAT.

Resultados e Discussão

A textura do solo afetou significativamente a altura de plantas de trigo, onde no solo de textura franco arenosa o trigo apresentou valores de altura de planta 6,3 % superior ao do solo de textura argilosa. No caso da produção de massa seca não houve diferença significativa entre os solos. Não houve interação significativa entre a textura do solo e a aplicação de doses de B para altura de planta do trigo (Tabela 2). Também não se observou correlação significativa entre a altura de planta e a produção de massa seca da parte aérea do trigo ($r = 0,10$).

Tabela 2 - Altura de planta da parte aérea e produção de massa seca da parte aérea da cultura do trigo por efeito da aplicação de boro em solo de textura franco arenosa e argilosa. San Lorenzo. 2017.

Textura do solo	Altura (cm)	Massa seca (g vaso ⁻¹)
Franco arenosa	63,6 a	11,1 a
Argilosa	59,8 b	10,6 a
DMS	2,2	0,8
CV (%)	6,3	12,4

Medias seguidas por letras diferentes nas colunas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao 5% de probabilidade de erro. DMS: Diferença media significativa. CV: Coeficiente de variação.

Em relação às doses de B na cultura do trigo, observou-se que a aplicação de B teve efeito deletério, tanto na altura de planta, afetando a mesma a partir de 20 mg kg⁻¹ de B, como na produção de massa seca, neste caso, já com 10 mg kg⁻¹ de B (Figura 1).

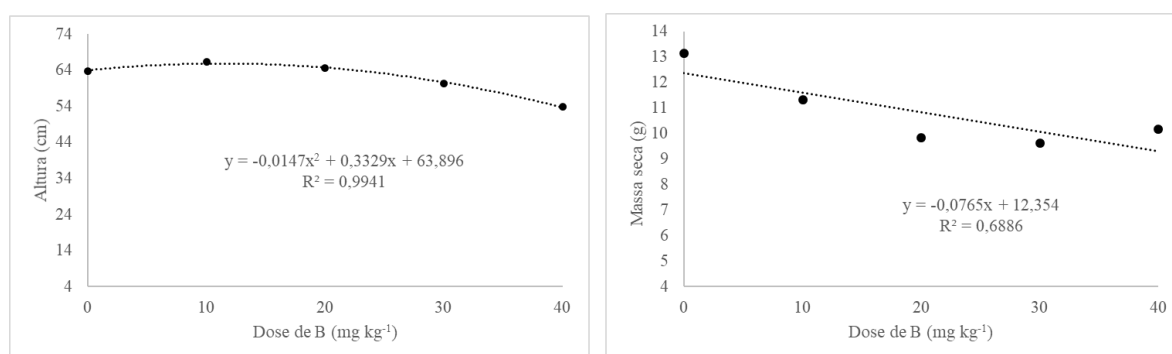


Figura 1 - Altura de planta da parte aérea e produção de massa seca da parte aérea da cultura do trigo por efeito da aplicação de doses de boro. San Lorenzo. 2017.

A aplicação de doses de B superior a 10 mg kg de solo⁻¹ (20 kg ha⁻¹ de B) causou toxicidade no trigo, influenciando negativamente o seu desenvolvimento, mesmo em aplicações via solo e com níveis adequados de MO e alto teor de argila, contradizendo o exposto por Yermiyahu *et al.* (2001) que argumenta que solos com pH próximo a neutralidade e com alto nível de MO, as aplicações de doses altas de B seriam amortecidas pela capacidade da MO de adsorver o excesso de B.

Assim como no presente experimento, Ashagre *et al.* (2014) verificaram que doses de B acima de 0,25 mg de B L⁻¹ de solução afetavam negativamente a germinação e desenvolvimento do trigo. Por outro lado, Fageria (2000) não observou resposta positiva da aplicação de B na acumulação de massa seca da parte aérea e radicular do trigo.

Em relação ao efeito de residualidade da aplicação de B na cultura da soja, se observou que a textura do solo não influenciou nos parâmetros de crescimento da soja avaliados (Tabela 3), excetuando-se a massa de nódulos que apresentou diferença significativa, sendo maior no solo de textura franco arenosa (6,4 g vaso⁻¹) que na argilosa (5,0 g vaso⁻¹), com diferença de 28 %. Não houve interação entre a textura do solo e a dose de B em nenhum dos parâmetros avaliados na cultura da soja.

Tabela 3 - Altura de planta, massa seca da parte aérea, massa seca de raízes, número de nódulos e massa de nódulos, na cultura da soja por efeito da aplicação de boro em solo de textura franco arenosa e argilosa. San Lorenzo. 2017.

Textura do solo	Altura (cm)	MS Aérea (g vaso ⁻¹)	MS Raízes (g vaso ⁻¹)	Nódulos (Número vaso ⁻¹)	Massa de nódulos (g vaso ⁻¹)
Franco Arenosa	57,5 a	20,1 a	3,2 a	121,4 a	6,4 a
Argilosa	54,3 a	18,1 a	3,1 a	105,3 a	5,0 b
DMS	3,6	2,4	0,4	20,3	0,9
CV (%)	11,4	22,1	22,0	31,3	26,8

Medias seguidas por letras diferentes nas colunas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao 5% de probabilidade de erro. DMS: Diferença média significativa. CV: Coeficiente de variação.

A falta de resposta entre os solos de diferentes texturas possivelmente é devido a que em ambiente controlado não há restrição enquanto a nutrientes, água e mesmo características físicas do solo como a compactação, o que permite de certo modo o crescimento normal das plantas nos solos sem serem influenciados pela textura e as vantagens e limitações que estas oferecem a campo.

Ao contrário do presente experimento Souza *et al.* (2010) realizando estudos sobre o pH rizosférico e não rizosférico em um solo argiloso e outro arenoso, e a influência deste sobre

a absorção de B e outros micronutrientes, não observaram diferenças significativas na massa de nódulos da soja aos 54 dias da emergência.

Ao considerar-se as doses de B, se observa que houve efeito do B sobre todos os parâmetros avaliados na cultura da soja (Figura 2).

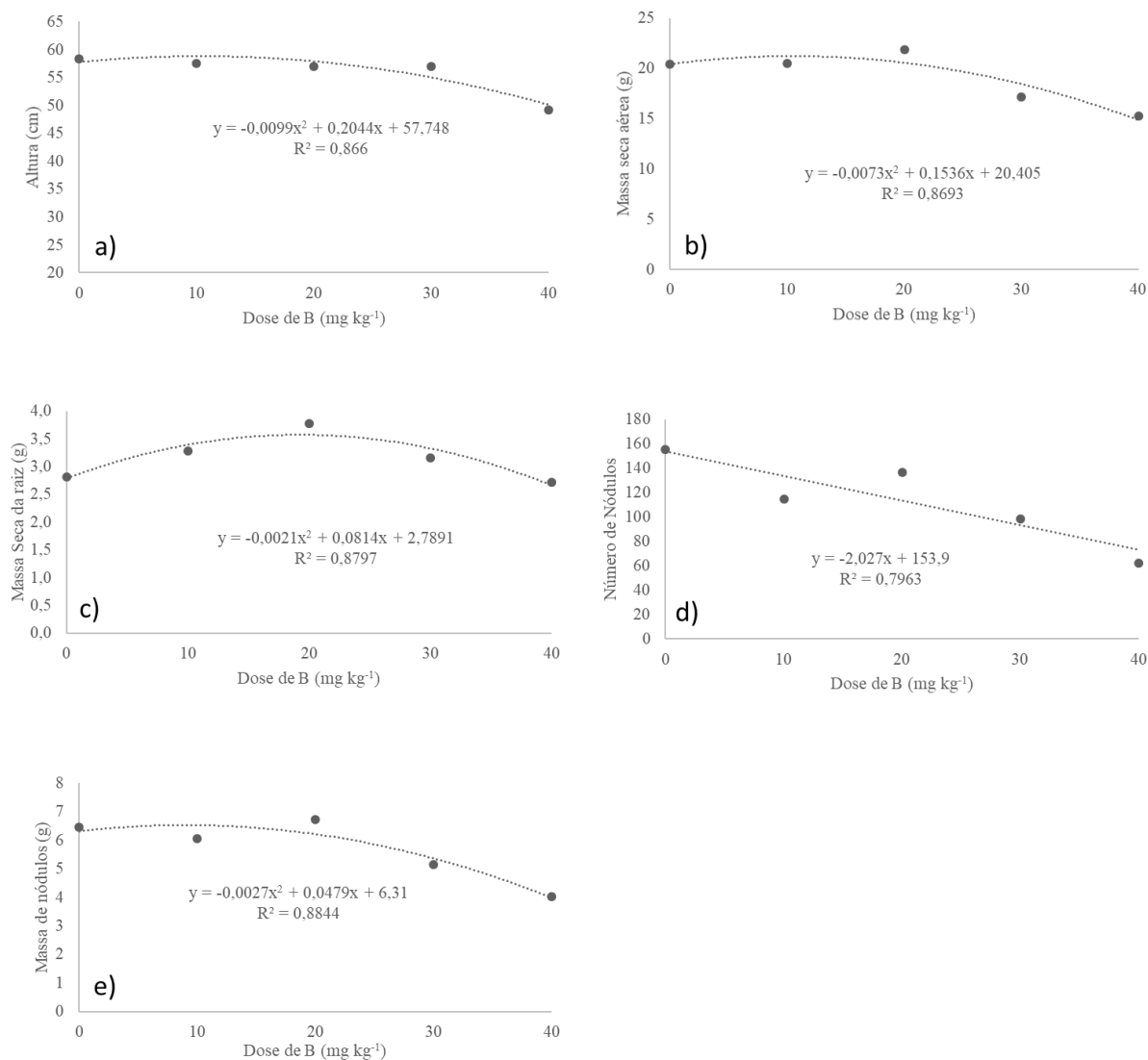


Figura 1 - a) Altura de planta da cultura da soja b) massa seca da parte aérea c) massa seca de raízes d) número de nódulos e) massa de nódulos, por efeito residual da aplicação de doses de boro.

A altura de planta de soja se ajustou a uma equação quadrática, onde a máxima altura se obteria com a aplicação de 10,3 mg kg⁻¹ de B, alcançando 58,8 cm de altura, posteriormente haveria diminuição da altura, possivelmente pelo efeito tóxico do excesso de B, fato que se observava inclusive nas folhas, onde em doses mais baixas de B os sintomas resultaram em amarelecimento das pontas dos folíolos, e em doses mais elevadas necrose, nas bordaduras das folhas e entre nervuras, sendo mais intenso quanto maior a dose de B.

De forma similar ao presente experimento, Raimundi *et al.* (2013) aplicando 0 e 10 kg ha⁻¹ de B ao solo observaram que o B provocou uma menor altura da planta (106 cm) que nos tratamentos sem aplicação de B no solo (122 cm). Kappes *et al.* (2008) aplicaram 0, 100, 200, 300 e 400 g ha⁻¹ de B em forma foliar e verificaram aumento da altura de planta até a dose de 200 g ha⁻¹, aplicado em V5 e V9, alegando que a cultura aproveita melhor o B quando aplicado durante a maior etapa de acumulação de matéria seca.

Contrariamente aos resultados obtidos no presente experimento, Aguayo *et al.* (2015) num solo argiloso, do Alto Paraná- Paraguai, com aplicação foliar de B em etapa de floração da soja não obtiveram respostas significativas; no entanto, em doses maiores observaram tendência de diminuição de altura da planta e inclusive sintomas por fitotoxicidade causada pelo B. Gomes *et al.* (2017) tampouco obtiveram resposta na produtividade da soja ao aplicar doses de B.

Com relação à massa seca aérea da soja, houve incremento desta com a aplicação de B ajustando-se a equação Massa seca aérea = 20,405 + 0,1536 dose de B – 0,0073 (dose de B)²; com R² = 0,90. A máxima produção de massa seca se obteria com a dose de 10,5 mg kg⁻¹ de B, alcançando 21,2 g, a partir do qual diminui possivelmente pelo efeito de fitotoxicidade causado pelo excesso de B (Figura 2b).

Ao contrário dos resultados obtidos no presente experimento, Cereta *et al.* (2005) não constatarem diferenças significativas na acumulação de massa seca da cultura da soja pelo efeito da aplicação de B num solo de textura argilosa.

A massa seca de raízes apresentou incremento ajustando-se a uma equação quadrática (Figura 2c), onde a máxima acumulação de massa seca de raízes se obteria com a aplicação de 19,4 mg kg⁻¹ de B, alcançando 3,6 g, a partir do qual diminui a produção de matéria seca de raízes.

No que se refere a número de nódulos e peso de nódulos, se observa que houve diminuição ajustando-se a equações linear (Figura 3d) e quadrática (Figura 3e), respectivamente com aplicações de doses crescentes de B.

Bellaloui *et al.* (2014) argumentam que o B é requerido no crescimento de nódulos e consequentemente na fixação biológica de N, os mesmos constatarem que a aplicação de B foliar em dose de até 1,1 kg ha⁻¹ resultou no incremento do tamanho e massa seca dos nódulos. Bellaloui *et al.* (2010) em aplicações de B foliar em dose de 0,45 kg ha⁻¹ na cultura de soja, durante os estádios V5; R2 e a combinação de ambas, observaram aumento de massa de nódulos obtendo até 83 mg de nódulos planta⁻¹ quando aplicado B tanto em V5 como em R2, a diferença

da testemunha que apresentou 71 mg planta⁻¹, resultados similares obtidos no presente experimento.

Tanto a altura de planta como a massa seca do gergelim apresentaram diferença entre os solos, sendo ambos superiores no solo de textura argilosa (Tabela 4). Não houve interação por efeito da textura do solo de das doses de B para ambas variáveis avaliadas.

Tabla 4 - Altura de planta e massa seca aérea do gergelim por efeito da aplicação de boro em solo de textura franco arenosa e argilosa. San Lorenzo. 2017.

Textura do solo	Altura de planta (cm)	Massa seca (g vaso ⁻¹)
Franco Arenosa	75,85 b	30,05 b
Arcillosa	83,05 a	36,62 a
DMS	4,28	2,86
CV (%)	9,42	15,02

Medias seguidas por letras diferentes nas colunas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao 5% de probabilidade de erro. DMS: Diferença media significativa. CV: Coeficiente de variação.

Com relação à altura de planta por efeito da aplicação de doses de B, foi observado que a mesma respondeu, ajustando-se a uma equação quadrática (Figura 3a), onde a máxima altura de 86 cm se obtém com a aplicação de 23 mg kg⁻¹ de B, ocorrendo uma diminuição de tal por efeito de toxicidade causada pelo excesso de B, como produto da aplicação de altas doses de B, considerando-se muito estreita a faixa entre deficiência e excesso de B.

No que se refere à produção de massa seca aérea do gergelim, não se observou diferença estatística entre as doses de B aplicadas (Figura 3b), embora exista tendência de aumento de massa seca aérea até a dose de 20 mg kg⁻¹ de B.

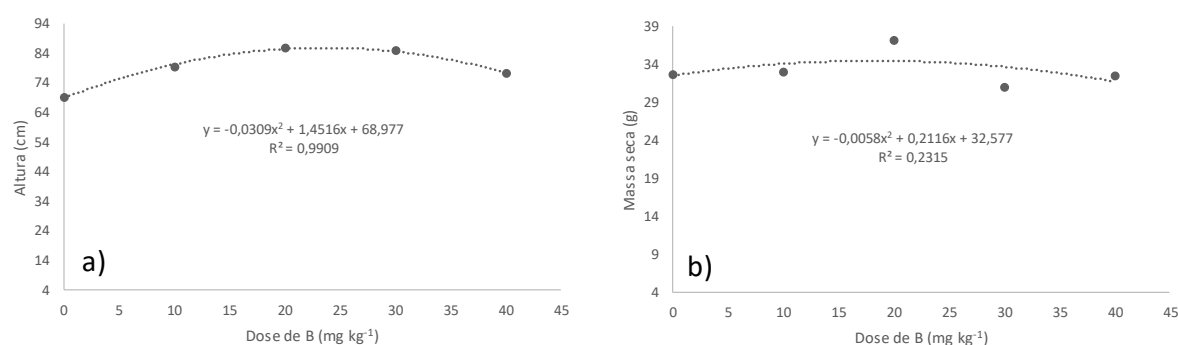


Figura 3 - Massa seca aérea do gergelim por efeito da aplicação de doses de boro. San Lorenzo, 2018.

De maneira similar ao presente experimento, Lima *et al.* (2010) não observaram resposta da aplicação de B na cultura do gergelim. Por outro lado, Hamideldin e Hussein (2014) estudando a reposta do gergelim à aplicação foliar de B nas concentrações de 20, 30 e 40 mg

kg⁻¹, observaram que a melhor dose foi de 20 mg kg⁻¹ de B, onde a altura de planta e massa seca acumulada foi de 177 cm e 63,4 g, respectivamente, comparado à testemunha com 146, e 26,2 g de massa, respectivamente, doses superiores diminuíram a produção de massa seca do gergelim.

Conclusões

A textura do solo influenciou na altura do trigo e número de nódulos da soja, sendo maior no solo de textura franco arenosa, no entanto no gergelim a altura de planta de massa seca foi maior no solo de textura argilosa.

A altura de planta de trigo diminuiu com dose superior a 23 mg kg⁻¹ de B e a massa seca de trigo apresentou diminuição linear com a aplicação de doses crescentes de B.

A altura, massa seca aérea, massa seca de raízes, número e massa de nódulos da soja, resultaram afetados pela aplicação de B, constatando-se toxicidade em dose superior a 10 mg kg⁻¹. A altura máxima do gergelim foi obtida com a aplicação de 23 mg kg⁻¹ de B, a massa seca do gergelim não foi influenciada pela aplicação de B.

Referências

- AGUAYO, S.; RASCHE, J. W.; BRITOS, C. S.; KARAJALLO, J. C.; GONZÁLEZ, A. L. Fertilización foliar con Boro en el cultivo de la soja. **Investigación Agraria**, v. 17, n. 2, p. 129-137, 2015.
- ASHAGRE, H.; HAMZA, I.; FITA, U.; NEDESA, W. Influence of boro non seed germination and seedling growth of (*Triticum aestivum* L.) **African Journal Plant Science**, v. 8, n. 2, p. 133-139, 2014.
- BELLALLOUI, N.; MENGISTU, A.; KASSEM, M.; ABEL, C. A.; ZOBIOLE, L. H. S. Role of boron nutrient in nodules growth and nitrogen fixation in soybean genotypes under water stress conditions. In: **Advances in Biology and Ecology of Nitrogen Fixation**. In Tech: Londres, p. 237-258, 2014.
- BELLALLOUI, N.; REDDY, K. N.; GILLEN, A. M.; ABEL, C. A. Nitrogen metabolism and seed composition as influence by foliar boron application in soybean. **Plant Soil**, v. 336, p. 143-155, 2010.
- BOLAÑOS, L.; LUKASZEWSKI, K.; ILDEFONSO, B.; DALE, B. Why boron?. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 42, p. 907-912, 2004.
- CERETA, C. A.; PAVINATO, A.; PAVINATO, P. S.; LOPES, I. C.; GIROTTTO, E.; TRENTIN, E. E. Micronutrientes na soja: produtividade e análise econômica. **Ciência Rural**, v. 35, n. 3, p. 576-581, 2005.

COMMUNAR, G.; KEREN, R. Rate-Limited Boron Transport in Soils: The Effect of Soil Texture and Solution pH. **Soil Science Society of America Journal**, v. 70, n. 3, p. 882-892. 2006. doi:10.2136/sssaj2005.0259

DONCEL, A. J.; INIGUEZ, J.; VAL LEGAZ, R. M. Relación del contenido de boro soluble con distintos parámetros edáficos y ambientales en suelos de Navarra. **MUNIBE**, v. 48, p. 21-38, 1996.

FAGERIA, N. K. 2000. Níveis adequados e tóxicos de boro na produção de arroz, feijão, milho, soja e trigo em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 1, p. 57-62.

GOLDBERG, S. Reactions of boron with soils. **Plant and Soil**, v. 193, p. 35-48, 1997. Doi:10.1023/A:1004203723343

GOMES, I.; BENETT, C. G.; SILVA, R. L.; XAVIER, R.; SILVA, K.; SILVA, R. A.; CONEGLIAN, R. Boron fertilization at different phenological stages of soybean. **Australian Journal of Crop Science**, v. 11, n. 8, p. 1026-1032, 2017.

GONZÁLEZ, A.; HERRERA, M. B.; MARTÍN, E. M.; NAVARRO, M. T.; REXACH, J.; CAMACHO, J. J. Responses to Boron Deficiency Mediated by Ethylene. **Frontiers in Plant Science**, v.6, n.1103, p. 1-6, 2016.

HAMIDELDIN, N.; HUSSEIN, O. S. 2014. Response of Sesame (*Sesamum indicum* L.) Plants to Foliar Spray with Different Concentrations of Boron. **Journal of the American Oil Chemical Society**, v. 91, p.1949-1953.

HÄNSCH, R.; MENDEL, R. Physiological functions of mineral micronutrients (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Mo, B, Cl). **Current Opinion in Plant Biology**, v.12, p. 259-266, 2009.

KAPPES, C.; GOLO, A. L.; CARVALHO, M. A. 2008. Doses e épocas de aplicação foliar de boro nas características agronômicas e na qualidade de sementes de soja. **Scientia Agraria**, v. 9, n. 3, p. 291-297.

LEHTO, L. Boron retention in limed forest mor. **Forest Ecology and Management**. v. 78, p. 11-20, 1995. Doi:10.1016/0378-1127(95)03599-7

LIMA, V.; MACÊDO, N.; PIRES, J.; CAVALCANTI, W.; RODRIGUES, J. Crescimento e produção de gergelim Cv. G3 em função de Boro e Zinco. Congresso Brasileiro de Mamona, 4, 2010. Simposio Internacional de Oleaginosas Energética, 1, **Anais...** João Pessoa. Embrapa Algodão; p. 556-560.

LÓPEZ, O.; GONZÁLEZ, E.; LLAMAS, P.; MOLINAS, A.; FRANCO, E.; GARCÍA, S.; RÍOS, E. 1995. **Estudio de reconocimiento de los suelos, capacidad del uso de la tierra y propuesta de ordenamiento territorial preliminar de la región oriental del Paraguay**. V. 1. Paraguay. 246 p.

ORTÍZ G, C.; RASCHE A., J. W. Disponibilidad de micronutrientes en suelos del departamento de Alto Paraná. In: Congreso de Suelos del Departamento del Alto Paraná, 1, 2018 Minga Guazú **Trabajos presentados...** Minga Guazú; UNE, 4 p.

RAIMUNDI, D. L.; MOREIRA, G. C.; TURRI, L. T. Modos de aplicação de boro na cultura da soja. **Cultivando o Saber**, v. 6, n. 2, p. 112-121, 2013.

RASCHE A, J. W.; ORTIZ, C.; CABRAL A., N.; FATECHA F., D. A.; GONZALEZ B., A. N. QUIÑONEZ V., L. R. Disponibilidad de micronutrientes en suelos del Departamento de Itapúa. In: CONGRESO PARAGUAYO DE CIENCIA DEL SUELO, 2, 2017, Encarnación. **Trabajos presentados...** Encarnación: SOPACIS. 5 p.

SOUZA, L. H.; FERREIRA, R.; ALVAREZ, V. H.; ALBUQUERQUE, E. M. Efeito do pH do solo rizosférico e não rizosférico de plantas de soja inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* na absorção de boro, cobre, ferro, manganês e zinco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1641-1652, 2010.

TIECHER, T. 2015. **A química antes da química do solo**. Brasil. Associação Brasileira de Editoras Universitárias. 92 p.

YERMIYAHU, U., KEREN, R., CHEN, Y. Effect of Composted Organic Matter on Boron Uptake by Plants. **Soil Science Society of America Journal**, v. 65, n. 5, p. 1436, 2001. doi:10.2136/sssaj2001.6551436x