



Adubação boratada na cultura da soja em área de cerrado ⁽¹⁾

José Mateus Kondo Santini⁽²⁾; Salatiér Buzetti⁽³⁾; Fernando Shintate Galindo⁽⁴⁾; Lais Meneghini Nogueira⁽⁵⁾; Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho⁽⁶⁾; Cleiton José Alves⁽⁷⁾

⁽¹⁾ Trabalho realizado com recursos da FEIS

⁽²⁾ Doutorando em agronomia; Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP); Ilha Solteira, São Paulo; santinijmk@gmail.com; ⁽³⁾ Professor Dr.; UNESP; Ilha Solteira, São Paulo; sbuzetti@agr.feis.unesp.br; ⁽⁴⁾ Mestrando em agronomia; UNESP; Ilha Solteira, São Paulo; fs.galindo@bol.com.br; ⁽⁵⁾ Mestranda em agronomia; UNESP; Ilha Solteira, São Paulo; lais-meneghini@hotmail.com; ⁽⁶⁾ Professor Dr.; UNESP; Ilha Solteira, São Paulo; mcmt Teixeirafilho@agr.feis.unesp.br; ⁽⁷⁾ Mestrando em agronomia; UNESP; Ilha Solteira, São Paulo; cleiton.agr.feis@gmail.com

RESUMO: A carência de boro no solo é comumente encontrada em todo o país, tonando de extrema necessidade a adubação de tal micronutriente. Assim sendo, o presente trabalho teve como objetivo avaliar fontes e doses de boro aplicadas em sulco de semeadura, na produtividade de soja, em solo argiloso no Cerrado. O experimento foi realizado em área experimental no município de Selvíria, MS. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quadro repetições, dispostos em esquema fatorial 2x4, sendo: fontes boratadas (ácido bórico; e borogran); e doses de B aplicadas no sulco de semeadura (0,0; 0,5; 1,0; e 2,0 kg ha⁻¹). Não foi verificado efeito significativo para a produtividade de matéria seca de parte aérea da soja e número de vagens por planta, tanto para as fontes quanto para as doses de B. A produtividade de grãos foi superior com a aplicação do borogran em relação ao ácido bórico. Houve ajuste linear crescente para as doses de B. O borogran foi a fonte boratada mais interessante, sendo a dose de 2 kg ha⁻¹ de B a mais indicada.

Termos de indexação: *Glycine max* (L.) Merrill, micronutrientes, Fertilidade do solo.

INTRODUÇÃO

No sistema de produção de grandes culturas, a soja possui papel de destaque devido a sua área de ocupação e valor econômico gerado. De acordo com a Conab (2015) foram 54.218.000 hectares cultivados no Brasil, na safra 2014/2015, 31.573.000 hectares foram destinados a produção de soja, perfazendo, aproximadamente, 58% da área total, e com produção (estimada) de 95.070.200 Mg de grãos. Esta alta produção tem como resultante expressivo aumento na receita cambial, onde, de acordo com a ANEC (2015), nos últimos 20 anos, aproximados, ocorreu aumento na receita cambial das exportações de soja em torno de 27.580 milhões de dólares ano⁻¹ (FOB).

Entre os principais responsáveis pelo aumento de produtividade agrícola destaca-se a fertilidade do

solo, a qual, nos últimos anos, tem melhorado consideravelmente nas áreas agrícolas. Entretanto, é necessário destacar que a pesquisa científica tem buscado estudar, de forma mais geral, nutrientes que possuam grande responsividade (macronutrientes, principalmente primários), assim sendo, comparativamente com trabalhos de macronutrientes, poucas informações são encontradas na literatura para micronutrientes, inclusive para o Boro (B).

O B, além de ter função na translocação de açúcares, no metabolismo de carboidratos, metabolismo de nitrogênio e ativação hormonal, possui papel importante na reprodução dos vegetais, onde sua deficiência acarretará redução de produtividade devido ao mau florescimento, má formação do tubo polínico e má frutificação (Dechen & Nachtigall, 2006). Também, a condição de deficiência aguda de B no solo pode resultar na redução da população, devido a planta de soja não conseguir formar as folhas primárias, já em solos com deficiência menos severa ocorre a formação das folhas primárias, mas, com morte da gema apical, ambos resultando na redução de população e produtividade (Mascarenhas et al., 1988). Mas, destaca-se que a toxidez de B é tão grave quanto sua deficiência, possuindo estreita faixa entre a deficiência e toxidade de B (Dechen & Nachtigall, 2006).

O dogma da estreita faixa foi colocado em dúvida por Yamada (2000), onde o autor cita que na literatura poucas informações evidenciam tal pressuposição.

A absorção de B é dependente do teor de B na solução, e o teor de B na solução é dependente de dois fatores, sendo eles: lixiviação e adsorção de B. A lixiviação de B é mencionada devido sua fórmula molecular neutra (ácido bórico), mas, trabalhos tem demonstrado que em pH altos (pH > 6,5) o B tende a adsorver e não lixiviar (Pavan & Correa, 1988). Yamada (2000) enfatiza que a adsorção de B é, igualmente, influenciada pelo teor de argila presente no solo, onde a adsorção e o teor de argila possuem



correlação positiva. Dessa forma, é esperado que diferentes fertilizantes boratados possam ter mais ou menos lixiviação e adsorção, devido suas estruturas químicas e físicas.

Em vista das lacunas ainda existentes em relação à adubação boratada, torna-se importante conhecer a resposta de diferentes fontes, como o borogran, e doses a serem aplicadas em sistemas altamente produtivos. O borogran é um fertilizante de baixa solubilidade (68,0% em extrator de água quente), de acordo com Vale (2000), enquanto o ácido bórico possui 98,5% de solubilidade, no mesmo extrator, possuindo assim, diferentes comportamentos.

Assim sendo, este trabalho teve como objetivo avaliar fontes e doses de boro, aplicadas em sulco de semeadura, na produtividade de soja, em solo argiloso no Cerrado

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição da área e condução da cultura

O experimento foi conduzido em área experimental no município de Selvíria, MS, com localização geográfica de 20°34' de latitude Sul 51°40' de longitude Oeste, com 335 m de altitude. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho-Escuro, epieutrófico álico de textura argilosa (Santos et al., 2006). A classificação climática da região, de acordo com Köppen, é Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno, com precipitação anual de 1.254 mm acumulados e temperatura média de 25,1°C (média dos últimos 20 anos).

A área possui pivô central, utilizado para irrigação, quando se fez necessário, com lâmina de aplicação de 14 mm.

Antes da instalação do experimento foi realizada análise de fertilidade, em profundidade de 0,0-0,2 m, obtendo-se os seguintes resultados: pH (CaCl₂) = 5,6; M.O. = 19 g dm⁻³; P (Resina) = 35 mg dm⁻³; K = 5,9 mmol_c dm⁻³; Ca = 37 mmol_c dm⁻³; Mg = 21 mmol_c dm⁻³; Al = 0 mmol_c dm⁻³; H+Al = 28 mmol_c dm⁻³; B = 0,13 mg dm⁻³; Cu = 7,5 mg dm⁻³; Fe = 26 mg dm⁻³; Mn = 106 mg dm⁻³; Zn = 1,2 mg dm⁻³.

Sete dias após a dessecação da área o experimento foi implantado (29/11/2014), onde foi realizada a semeadura mecanizada (com sementes previamente tratadas e inoculadas; utilizando a cultivar BMX Potencia RR; com aplicação de 300 kg do formulado 08-28-16), sob espaçamento de 0,45 m, entre linhas, distribuindo-se 16 plantas (pl) m⁻¹ de sulco. As parcelas experimentais possuíam de 5 x 3,15 m, e para a área útil das parcelas, foram excluídos 0,5 m de cada extremidade.

Durante todo o período experimental foram realizados todos os manejos culturais necessários para a boa condução da cultura.

Tratamentos e amostragens

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quadro repetições, dispostos em esquema fatorial 2x4, sendo: fontes boratadas (ácido bórico; e borogran); e doses de B aplicadas no sulco de semeadura (0,0; 0,5; 1,0; e 2,0 kg ha⁻¹).

Para as avaliações da massa seca da parte aérea (MS) da soja, em R1, as plantas pertencentes à área útil de 0,45 m² (1,0m x 0,45m), foram ceifadas rente ao solo e alocadas em estufa de ventilação forçada de ar, a 65 °C até atingirem massa constante. Em seguida, foram pesadas e os valores convertidos para g pl⁻¹.

Aos 122 DAE, foi realizada a colheita manual do experimento, e em seguida foram avaliados o número de vagens por planta (NVP) e a produtividade da cultura da soja. Para avaliação do NVP, foram estimados a partir de 10 plantas no momento da colheita, obtendo posteriormente, as médias aritméticas de cada parcela. Já a avaliação da produtividade de grãos, foi realizada a colheita na área útil, equivalente a 9,0 m². Após a colheita os grãos foram beneficiados, pesados e a umidade determinada, em aparelho Gehaka 6800®, corrigindo a produtividade para umidade de 13%, e os valores convertidos para kg ha⁻¹.

Análise estatística

Realizou-se o teste de Kolmogorov – Smirnov, buscando avaliar a homocedasticidade, mas, não foi observado heterocedasticidade no presente trabalho, não necessitando transformações. Os dados foram submetidos à análise de variância (Teste F) utilizando o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2003). Para as variáveis quantitativas foram realizadas regressões polinomiais, quando se fez necessário.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foram observadas interações entre fontes x doses de boro para nenhuma das variáveis (MS, NVP e Produtividade) analisadas no presente trabalho (Tabela 1). A MS e o NVP não foram influenciados significativamente pelas fontes testadas, bem como, não houve ajustes nas doses de boro (Tabela 1).

Deve-se destacar que mesmo no solo deficiente em B (Souza & Lobato, 2004), não foram verificados efeitos significativos na MS e NVP, e inclusive, os valores médios obtidos são considerados



satisfatórios (14,7 e 74,7, respectivamente, para a MS e NVP).

Para produtividade de grãos constatou-se efeito significativo ($p < 0,05$) para as fontes e doses de B (Tabela 1). O efeito positivo da adubação boratada era-se esperado, devido o teor de B presente no solo ($0,13 \text{ mg dm}^{-3}$) está abaixo do preconizado como adequado. O borogran proporcionou 10,6% a mais de produção que o ácido bórico, com produtividades de grãos de 4.291 e 4.745 kg ha^{-1} para a aplicação de ácido bórico e borogran, respectivamente.

Figura 1. Teste F, produtividade de matéria seca de parte aérea (MS), número de vagens por planta (NVP) e produtividade de grãos de soja (Produtividade), submetido à fontes e doses de B, em sulco, em área do Cerrado.

Fontes (F)	MS (g pl ⁻¹)	NVP	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Ac. Bórico	14,2	75,7	4.291
Borogran	15,3	73,9	4.745
Doses (D) (kg ha ⁻¹)	MS (g pl ⁻¹)	NVP	Produtividade (Kg ha ⁻¹)
0,0	15,1	69,4	4.243 ¹
0,5	13,8	86,7	4.566
1,0	15,3	72,5	4.351
2,0	14,8	70,6	4.914
CV (%)	12,0	15,9	13,4
Média	14,7	74,7	4.518
Teste F			
F	2,090 ^{ns}	0,187 ^{ns}	6,108 [*]
D	0,017 ^{ns}	0,416 ^{ns}	4,648 [*]
F x D	0,276 ^{ns}	1,898 ^{ns}	1,485 ^{ns}

ns: Não significativo ($P \geq 0,05$); *: Significativo ($p < 0,05$)

A maior produtividade com o uso do borogran, em relação ao ácido bórico, pode estar relacionada a sua menor solubilidade, fazendo com que o B tenha sido disponibilizado de forma gradual, resultando na menor lixiviação e/ou adsorção de B. De acordo com Vale (2000), a solubilidade (em água) do ácido bórico é 58% superior ao borogran, compreendendo que o ácido bórico é totalmente disponibilizado nas primeiras horas após a aplicação com umidade no solo

Celestrino (2014) cita que o borogran, por possuir menor solubilidade, tem como consequência maior permanência de B na solução do solo, em relação ao ácido bórico, fato este, que pode ter resultado no aumento da produtividade da soja.

A produtividade de grãos aumentou linearmente ($p < 0,05$) com o incremento das doses de B (Figura 1). Quando comparada a não aplicação (0 kg ha^{-1}) com a maior dose ($2,0 \text{ kg ha}^{-1}$), nota-se expressivo

aumento, estimado, em 15,8%. Porém, deve-se atentar que, mesmo com a ausência da adubação, a produtividade de grãos pode ser considerada satisfatória (4.243 kg ha^{-1} ; ou $71,1$ sacas ha^{-1}), em comparação, por exemplo, com a média do Estado do Mato Grosso do Sul (3.090 kg ha^{-1} ; ou $51,5$ sacas ha^{-1}) (Conab, 2015).

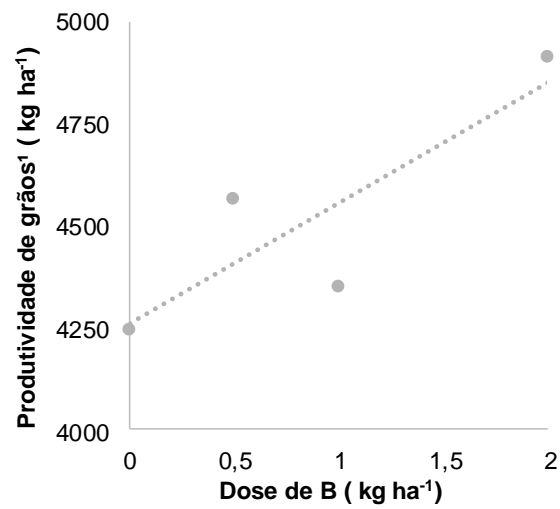


Figura 1. Produtividade de grãos de soja, submetida a doses de B, em sulco de semeadura.

¹: Produtividade = $295,97B + 4259,1$ ($R^2 = 0,7294$)

De modo geral, o aumento expressivo na produtividade de grãos foi ocasionado pelo baixo teor de B contido no solo, onde, o micronutriente limitou o desenvolvimento da cultura. Souza & Lobato (2004) preconizam como teor adequado de B no solo, na faixa entre $0,3$ a $0,5 \text{ mg dm}^{-3}$, já Buzetti et al. (1990), para cultura da soja, relataram existência de deficiência de B com teores inferiores a $0,24 \text{ mg dm}^{-3}$, todavia, os teores estipulados pelos autores são distantes dos $0,13 \text{ mg dm}^{-3}$ de B inicial da área experimental.

Destaca ainda, que o aumento de 10,6%, com o uso do borogran, e 15,8%, para o uso de $2,0 \text{ kg ha}^{-1}$, é de grande valia, em vista que representa 454 kg ha^{-1} ($7,6$ sacas se soja) e 671 kg ha^{-1} ($11,2$ sacas se soja), respectivamente, na produtividade de grãos, além de que, como se trata de um sistema altamente tecnificado, aumentos expressivos na produtividade de grãos são mais difíceis de serem obtidos.

CONCLUSÕES

O teor de $0,13 \text{ mg dm}^{-3}$ de B no solo é insuficiente à cultura da soja, tornando-se necessária o uso da



adubação boratada para a supressão da deficiência nutricional.

O uso de 2 kg ha⁻¹ de B, na forma de borogran é a melhor alternativa para a adubação boratada, em vista do aumento de produtividade.

REFERÊNCIAS

- ANAC. Receita cambial das exportações nos últimos 22 anos. Disponível em: <<http://www.anec.com.br/pdf/ReceitaCambialComplexoSojaUltimos22anos.pdf>>. Acesso em 14 mai. 2015.
- Buzetti S, Muraoka T, Sá ME. Doses de boro na soja, em diferentes condições de acidez do solo: I. Produção de matéria seca e de grãos e nível crítico no solo. R. Bras. Ci. Solo. 1990; 14:157-161.
- Celestrino TS. Fontes e modos de aplicação de boro na cultura do eucalipto (clone I144). 2014. 54f. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira, 2015.
- Conab. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. v. 2 - Safra 2014/15, n. 8, 2015, Brasília; Conab; 2013.
- Ferreira DF. Programa de análises estatísticas (Statistical Analysis Software) e planejamento de Dechen RA & Nachtigall GR. Micronutrientes. In: Fernandes MS. Nutrição mineral de plantas. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; 2006.
- experimentos. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2003. Software.
- Mascarenhas HAA, Miranda MAC, Bataglia OC, Pereira JCVNA, Tanaka RT. Deficiência de Boro em soja. Bragantia. 1988; 47:325-331.
- Pavan MA, Correa EA. Reações de equilíbrio solo-boro. Pesq. Agropec. Bras. 1988; 23:261-269.
- Santos HG, Jacomine PKT, Anjos LHC, Oliveira VA, Oliveira JB, Coelho MR, Lumbleras JF, Cunha TJF (Ed.). Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos; 2006.
- Souza DMG & Lobato E. Cerrado: correção do solo e adubação. 2 ed. Brasília: Embrapa Cerrados; 2004.
- Vale F. Avaliação e caracterização da disponibilidade do Boro e Zinco contidos em fertilizantes. 2000. 91p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2001.
- Yamada T. Boro: será que estamos aplicando a dose suficiente para o adequado desenvolvimento das plantas? Informações agrônomicas - Nº 90, Potafos, Piracicaba; 2000.