



Estado nutricional do milho em função de doses de boro com e sem a aplicação de zinco no solo

Lais Meneghini Nogueira⁽¹⁾; Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho⁽²⁾; Marcio Mahmoud Megda⁽²⁾; Salatiér Buzetti⁽²⁾; Fernando Shintate Galindo⁽¹⁾; Cleiton José Alves⁽¹⁾

⁽¹⁾ Mestrando em sistemas de produção, UNESP/Universidade Estadual paulista; Ilha Solteira; lais-meneghini@hotmail.com ⁽²⁾ Professores, UNESP/Universidade Estadual Paulista.

RESUMO: Os novos híbridos de milho, geralmente são mais produtivos e exigentes em nutrientes. Considerando que é comum encontrar deficiências de fósforo, zinco e boro em solos de Cerrado, e que a aplicação de doses altas de fósforo podem induzir a deficiência de zinco (Zn), enquanto que, o boro pode ter efeito sinérgico na absorção de Zn via solo. Objetivou-se avaliar os teores de nutrientes foliares do milho em função da aplicação de doses de boro, com ou sem a adubação com zinco em solo de Cerrado. O experimento foi desenvolvido em um Latossolo Vermelho Distroférico em sistema de plantio direto. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com 4 repetições, dispostos em um esquema fatorial 2 x 5, sendo: com ou sem adubação com 2 kg ha⁻¹ de Zn, na forma de sulfato de zinco; e 5 doses de B (0, 1, 2, 3 e 4 kg ha⁻¹, na forma de ácido bórico), sendo ambos os tratamentos aplicados no sulco de semeadura. A adubação com zinco proporcionou maiores teores foliares de S, Zn e de B, porém deste último até a dose de 2 kg ha⁻¹ de B. O incremento da dose de B via solo aumentou linearmente os teores de Cu e Mn, e o teor de B até a dose de 2,75 kg ha⁻¹ apenas quando se aplicou Zn. Porém, doses de B acima de 2 kg ha⁻¹ diminuem o teor de Zn foliar do milho. Houve efeito sinérgico entre Zn e B aplicados no solo na nutrição do milho.

Termos de indexação: *Zea mays*, adubação boratada, teores de nutrientes foliar.

INTRODUÇÃO

O milho tem grande destaque econômico no Brasil e no mundo. Dada sua importância, torna-se necessário o estudo de fatores que afetam o seu desenvolvimento em campo, como por exemplo, o fornecimento adequado de nutrientes, incluindo doses, época e fertilizantes corretos.

Segundo Malavolta et al. (1991), apesar dos inúmeros trabalhos desenvolvidos com micronutrientes no Brasil, muitas dúvidas ainda surgem a respeito do efeito das fontes de nutrientes aplicadas, bem como das doses ideais, do modo e do local mais adequado de aplicação. O boro,

juntamente com o zinco são considerados os micronutrientes que apresentam comumente maior deficiência em plantas no Brasil.

Uma das maiores dificuldades no estudo com boro se refere às doses no solo, que, segundo Yamada (2000), a faixa entre a deficiência e a toxidez desse elemento na planta seria muito estreita, o que tornaria a decisão da dose adequada mais difícil. Apesar da evolução que a adubação foliar com boro vem apresentando, a adubação via solo ainda é a mais utilizada e difundida, pois a aplicação desse micronutriente pode ser realizada junto com a adubação dos macronutrientes, tendo assim uma melhor distribuição na área. Yamada & Lopes (1998) sugerem que a aplicação de boro para a cultura de milho deve ser efetuada no solo para que seja plenamente aproveitado pela planta, uma vez que, se aplicado via foliar, não será retranslocado do local de aplicação e não suprirá as exigências dos tecidos a serem formados (tecidos jovens).

Considerando que os híbridos de milho mais produtivos, geralmente são mais exigentes em nutrientes, e que é comum encontrar deficiências de fósforo, zinco e boro em solos de Cerrado, e que a aplicação de doses altas de fósforo podem induzir a deficiência de zinco (Zn), enquanto que, o boro pode ter efeito sinérgico na absorção de Zn via solo. Objetivou-se avaliar os teores de nutrientes foliares do milho em função da aplicação de doses de boro, com ou sem a adubação com zinco em solo de Cerrado.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em sistema plantio direto em área experimental pertencente à Faculdade de Engenharia – UNESP, localizada em Selvíria – MS, com altitude de 335 m. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Distroférico, textura argilosa, segundo a Embrapa (2006), o qual foi cultivado por culturas anuais há mais de 28 anos, sendo os 9 anos recentes em sistema plantio direto, e pousio no último ano. A temperatura média anual é de 23,5 °C, a precipitação pluvial média anual é de 1370 mm e a umidade relativa do ar média anual entre 70 e 80%.



Os atributos químicos do solo na camada de 0-0,20 m determinados antes da instalação do experimento de milho, segundo metodologias propostas por Raij et al. (2001) apresentaram os seguintes resultados: 10 mg dm⁻³ de P (resina); 5 mg dm⁻³ de S-SO₄; 22 g dm⁻³ de M.O.; 5,3 de pH (CaCl₂); K, Ca, Mg, H+Al = 2,4; 21,0; 18,0 e 28,0 mmol_c dm⁻³, respectivamente; Cu, Fe, Mn, Zn (DTPA) = 3,2; 22,0; 24,2 e 1,2 mg dm⁻³, respectivamente; 0,16 mg dm⁻³ de B (água quente) e 60% de saturação por bases.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com 4 repetições, dispostos em um esquema fatorial 2 x 5, sendo: com ou sem adubação com 2 kg ha⁻¹ de Zn, na forma de sulfato de zinco; e 5 doses de B (0, 1, 2, 3 e 4 kg ha⁻¹, na forma de ácido bórico), sendo ambos os tratamentos aplicados no sulco de semeadura. As parcelas experimentais foram de 5 m de comprimento com 7 linhas espaçadas de 0,45 m, sendo a área útil da parcela as 4 linhas centrais, excluindo-se 0,5 m das extremidades.

Na adubação de semeadura foram fornecidos 400 kg ha⁻¹ da 08-28-16, o que equivale a 32 kg ha⁻¹ de N, 112 kg ha⁻¹ P₂O₅ e 64 kg ha⁻¹ de K₂O para todas as parcelas, baseado na análise do solo e na exigência da cultura do milho. Na adubação nitrogenada de cobertura foram aplicados 100 kg ha⁻¹ (na forma de ureia) a lanço e sem incorporação ao solo, na fase de seis folhas verdadeiras totalmente desdobradas. Após a adubação de cobertura foi aplicada uma lâmina de 15 mm de água por aspersão, por meio de pivô central.

O experimento foi implantado no dia 04/12/2013 e a colheita foi realizada no dia 28/03/2014. Foram semeadas mecanicamente 3,3 sementes por metro do híbrido triplo de milho DKB 350 PRO (resistente à lagarta do cartucho - *Spodoptera frugiperda*).

Quando necessário, a área foi irrigada por um sistema por aspersão, por meio de pivô central e o controle de pragas, doenças e plantas daninhas foi realizado de acordo com a necessidade da cultura.

Para diagnose nutricional foram coletados o terço médio de 20 folhas da base da espiga, no florescimento feminino das plantas de cada parcela, segundo a metodologia descrita em Cantarella et al. (1997). Após a secagem e moagem deste material vegetal foram realizadas as determinações dos teores foliares de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), segundo metodologia proposta por Malavolta et al. (1997).

Os resultados foram analisados pela análise de variância e teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação das médias com ou sem adubação com

Zn e, ajustadas a equações de regressão para o efeito das doses de B. Utilizou-se o programa Sisvar para análise estatística.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores foliares dos macronutrientes não foram influenciados pelo aumento das doses de boro aplicadas no solo (Tabela 1). Dentre os macronutrientes, apenas o teor de enxofre foi influenciado pela adubação com zinco, sendo este maior devido ao fato da fonte aplicada ter sido o sulfato de zinco. Contudo, vale ressaltar que os teores de macronutrientes foliares ficaram todos dentro das faixas consideradas adequadas relatadas por Cantarella et al. (1997).

Os teores foliares de cobre e o manganês aumentaram linearmente com a elevação das doses de boro (Tabela 2). Porém, estes teores de micronutrientes catiônicos, assim como, o teor de ferro foliar não foram afetados pela aplicação de 2 kg ha⁻¹ de Zn no solo.

Para os teores de boro e zinco foliar houve interação significativa entre doses de B e a adubação ou não com zinco. Na Tabela 3, verifica-se que o teor de B foliar aumentou até a dose estimada de 2,75 kg ha⁻¹ de B, quando foi realizada a adubação com zinco no solo. Por outro lado, não foi constatado efeito das doses de B no teor deste nutriente foliar, quando não se aplicou o zinco. Em relação ao desdobramento da aplicação de Zn dentro de doses de B, com exceção da dose 0 kg ha⁻¹, em todas as doses de B houve maior teor de B foliar quando foi aplicado Zn (Tabela 3). Indicando assim, que houve um efeito sinérgico do zinco na absorção de B pela planta de milho num solo argiloso deficiente em B.

Para o teor de Zn foliar, houve redução do teor deste nutriente com o incremento das doses de B quando houve adubação com Zn (Tabela 4). Porém, não houve efeito do incremento da adubação boratada sem aplicação de zinco. No desdobramento da aplicação de Zn dentro de doses de B, verificou-se maiores teores de Zn quando houve a aplicação deste nutriente apenas doses 0, 1 e 2 kg ha⁻¹ de B. Nas maiores doses de B não houve diferença no teor de Zn, mesmo com a aplicação do micronutriente catiônico. Logo infere-se que doses elevadas de B são prejudiciais a nutrição com Zn, enquanto que doses até 2 kg ha⁻¹ de B parecem ter efeito sinérgico na absorção de Zn. Entretanto, Yamada & Lopes (1998) citaram que, geralmente, as doses de boro recomendadas para a cultura de milho variam de 0,5 a 1 kg ha⁻¹.

Conforme relatado por Yamada (2000), muitos trabalhos não recomendam a aplicação de maiores



doses de boro no solo, que as atualmente praticadas, por afirmarem que a faixa entre a deficiência e a fitotoxidez de boro na planta seria muito estreita. Porém, segundo Chapman et al. (1997), na literatura científica existem trabalhos que colocam em dúvida esse dogma, mostrando que não há evidência que suporte a ideia da faixa estreita entre deficiência e toxidez de boro.

Yamada (2000) relatou que boro e zinco são essenciais para o funcionamento ótimo da ATPase e que na ausência de boro pode haver redução na eficiência de zinco na planta, e vice-versa. Lima Filho (1991) também observou grande interação entre os micronutrientes zinco e boro, porém ao aplicá-los em plantas de cafeeiro, onde constatou que o aumento no teor de matéria seca ocorria com o aumento das doses de zinco apenas quando se elevava o teor de boro no solo.

Tabela 3 - Desdobramento da interação entre doses de boro via solo e aplicação de zinco para o teor de boro foliar do milho. Selvíria – MS, 2013/14.

Doses de Boro (kg ha ⁻¹)	Teor de B foliar (mg kg ⁻¹)	
	Com zinco	Sem zinco
0	4,77 a ⁽¹⁾	4,53 a
1	5,80 a	3,73 b
2	7,10 a	4,97 b
3	7,50 a	3,73 b
4	6,53 a	4,67 b
D.M.S	0,98	

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade. ⁽¹⁾ $y = 4,5933 + 1,9233x - 0,3500x^2$ ($R^2 = 0,94^{**}$ e $PM = 2,75$ kg ha⁻¹ de B)

Tabela 4 - Desdobramento da interação entre doses de boro via solo e aplicação de zinco para o teor de zinco foliar do milho. Selvíria – MS, 2013/14.

Doses de Boro (kg ha ⁻¹)	Teor de Zn foliar (mg kg ⁻¹)	
	Com zinco	Sem zinco
0	18,33 a ⁽¹⁾	16,00 b
1	17,00 a	15,33 b
2	19,33 a	17,33 b
3	16,00 a	17,00 a
4	16,00 a	16,33 a
D.M.S	1,43	

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade. ⁽¹⁾ $y = 18,4667 - 0,5668x$ ($R^2 = 0,37^{**}$)

Ressalta-se que os teores de B variam conforme os tratamentos, e os teores de Cu, Fe, Mn e Zn ficaram dentro das suas respectivas faixas de suficiência, de acordo com Cantarella et al. (1997).

CONCLUSÕES

A adubação com zinco proporcionou maiores teores foliares de S, Zn e de B, porém deste último até a dose de 2 kg ha⁻¹ de B.

O incremento da dose de B via solo aumentou linearmente os teores de Cu e Mn, e o teor de B até a dose de 2,75 kg ha⁻¹ apenas quando se aplicou Zn. Porém, doses de B acima de 2 kg ha⁻¹ diminuem o teor de Zn foliar do milho.

Houve efeito sinérgico entre Zn e B aplicados no solo na nutrição do milho.

REFERÊNCIAS

CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van.; CAMARGO, C. E. O. Cereais. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A.M.C. (Eds.) Recomendações de calagem e adubação para o Estado de São Paulo. Campinas, IAC, 1997. p. 45-71, (Boletim técnico, 100).

CHAPMAN, V. J.; EDWARDS, D.G.; BLAMEY, F. P. C.; ASCHER, C. J. Challenging the dogma of a narrow supply range between deficiency and toxicity of boron. In: BELL, R. W.; RERKASEM, B. Boron in soils and plants. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1997. p151-155.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2a ed. Rio de Janeiro: Embrapa. 2006. 306p.

LIMA FILHO, O. F. Calibração de boro e zinco para o cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv. Catuaí amarelo). Piracicaba, 1991. 100p. Dissertação (Mestrado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.

MALAVOLTA, E.; BOARETTO, A. E.; PAULINO, V. T. Micronutrientes: uma visão geral. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. Micronutrientes na agricultura. Piracicaba: POTAFOS, 1991. p.1-34.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Potafos: Piracicaba, 1997. 319 p.

RAIJ, B. van.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: IAC, 2001. 285p.

SILVEIRA, P. M. da ; DYNIA, J. F. ; ZIMMERMANN, F. J. P. Resposta do feijoeiro irrigado a boro, zinco e molibdênio. Ciência e Agrotecnologia, 20:198-204, 1996.



YAMADA, T. Boro: será que estamos aplicando a dose suficiente para o adequado desenvolvimento das plantas? *Informações Agronômicas*, n.90, p.1-5, 2000.

YAMADA, T.; LOPES, A. S. Balanço de nutrientes na agricultura brasileira. *Informações Agronômicas*, n.84, p. 143,1998.

Tabela 1 - Teores foliares de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), em função de doses de boro via solo, com e sem a aplicação de zinco. Selvíria – MS, 2013/14.

	N	P	K	Ca	Mg	S
	(g kg ⁻¹)					
Com Zinco	27,08 a	3,42 a	27,06 a	3,86 a	1,69 a	2,20 a
Sem Zinco	27,28 a	3,52 a	26,17 a	4,15 a	1,79 a	1,88 b
D.M.S	1,79	0,20	1,40	0,57	0,30	0,03
Doses de Boro (kg ha⁻¹)						
0	28,48	3,43	26,35	4,05	1,77	2,03
1	27,45	3,52	26,23	4,15	1,80	2,03
2	26,48	3,50	26,18	3,90	1,75	2,08
3	26,60	3,47	26,71	4,13	1,85	2,02
4	26,88	3,43	27,60	3,80	1,55	2,03
Média geral	27,18	3,47	26,62	4,00	1,74	2,04
C.V. (%)	8,61	7,41	6,88	17,48	22,52	19,37

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Tabela 2 - Teores foliares de boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), em função de doses de boro via solo, com e sem a aplicação de zinco. Selvíria – MS, 2013/14.

	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	(mg kg ⁻¹)				
Com Zinco	6,34	16,53 a	128,73 a	54,60 a	17,33
Sem Zinco	4,32	15,47 a	139,20 a	51,87 a	16,40
D.M.S	0,44	1,99	12,98	4,64	0,64
Doses de Boro (kg ha⁻¹)					
0	4,65	14,50 ⁽¹⁾	125,50	50,50 ⁽²⁾	17,17
1	4,77	15,00	132,17	51,33	16,17
2	6,03	16,67	131,83	52,17	18,33
3	5,61	14,33	138,67	58,00	16,50
4	5,60	19,50	141,67	54,17	16,17
Média geral	5,33	16,00	133,97	53,23	16,87
C.V. (%)	10,75	16,19	12,63	11,37	4,93

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

⁽¹⁾ $y = 14,1333 + 0,9333x$ ($R^2 = 0,47^*$)

⁽²⁾ $y = 49,9333 + 2,3333x$ ($R^2 = 0,55^{**}$)