



Teores de nutrientes no milho em função de doses de boro via foliar e da 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: Trabalhos que relacionem a aplicação de doses de boro via foliar na cultura do milho são escassos e com resultados que ainda são uma incógnita, principalmente correlacionando se há vantagem ou não dessa aplicação na nutrição vegetal. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar os teores de nutrientes foliares do milho em função da aplicação de doses de boro via foliar, com ou sem a adubação com zinco em solo de Cerrado. 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 g ha⁻¹, 0,25% (170 g ha⁻¹), 0,50% (340 g ha⁻¹), 0,75% (510 g ha⁻¹) e 1% (680 g ha⁻¹) na forma de ácido bórico aplicadas via foliar, na fase de pré-plantio do milho. A adubação com zinco no solo proporcionou menores teores foliares de P, Ca e Mg, e maior teor de B foliar. O incremento da dose de B via foliar aumentou linearmente o teor de B, e os teores de P e Ca até as doses de 162 e 550 g ha⁻¹ de B, respectivamente. Porém, o teor de Mg foliar diminuiu com a elevação das doses de B.

Termos de indexação: *Zea mays*, adubação boratada, micronutrientes.

INTRODUÇÃO

A concentração de determinado nutriente pode indicar o estado nutricional da planta, pois existe relação básica entre essa concentração e o crescimento ou produtividade da cultura (Bataglia, 1991). No caso do milho esse diagnóstico se torna muito importante, pois se trata de uma cultura que tem alto poder de extração dos nutrientes e qualquer falta desses durante seu ciclo pode comprometer seu desenvolvimento e produtividade.

Uma das práticas que vem ganhando força para tal suprimento da cultura é a adubação foliar. Muitas

vezes é usada para complementar a adubação via solo ou mesmo substituir em casos como a adubação de micronutrientes, que por serem exigidos em pequenas quantidades, se torna mais fácil a aplicação e reduz a adsorção desses nutrientes, que de modo geral, são muito reativos com a solução do solo, reduzindo assim a disponibilidade para as plantas.

Entretanto, os micronutrientes têm baixa mobilidade ou são quase imóveis no floema, como é o caso do manganês e do boro, respectivamente. Em aplicações foliares, a fonte de boro mais recomendada é o ácido bórico que devido à reação ácida, é compatível com a maioria dos defensivos agrícolas (Quaggio; Piza Junior, 2001).

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, são necessários mais estudos para entender melhor esta relação nutricional.

Além disso, trabalhos que relacionem a aplicação de doses de boro via foliar na cultura do milho são escassos e com resultados que ainda são uma incógnita, principalmente correlacionando se há vantagem ou não dessa aplicação na nutrição vegetal. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar os teores de nutrientes foliares do milho em função da aplicação de doses de boro via foliar, com ou sem a adubação com zinco em solo de Cerrado.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida 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 g ha⁻¹, 0,25% (170 g ha⁻¹), 0,50% (340 g ha⁻¹), 0,75% (510 g ha⁻¹) e 1% (680 g ha⁻¹) na forma de ácido bórico aplicadas via foliar, na fase de pré-plantio do milho. 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

Para os teores foliares dos macronutrientes P, Ca e Mg houve efeito significativo para o aumento das doses de B aplicadas via foliar (**Tabela 1**), sendo os maiores teores de P e Ca constatados com a aplicação de 162 g ha⁻¹ e 550 g ha⁻¹ de B, respectivamente. Entretanto, o teor de Mg nas folhas diminuiu linearmente com o incremento das doses de B aplicadas na parte aérea da planta, indicando haver efeito antagônico da adubação boratada foliar, o que pode ser explicado pelo aumento do teor de Ca foliar obtido.

A aplicação de 2 kg ha⁻¹ de Zn no sulco de semeadura solo proporcionou menores teores foliares de P, Ca e Mg, independentemente da adubação boratada (**Tabela 1**). Estes resultados confirmam os efeitos antagônicos por inibição não competitiva entre P e Zn, e por inibição competitiva entre Zn e Ca e, Zn e Mg.

O teor foliar de B aumentou linearmente com o incremento das doses deste nutriente aplicados via foliar (**Tabela 2**). Porém, independentemente das doses de B testadas e aplicadas em pré-plantio do milho, os teores de boro ficaram abaixo da faixa de suficiência (10 a 25 mg de B kg⁻¹) preconizada para cultura do milho por Cantarella et al. (1997). Tal fato pode ser explicado devido à sua imobilidade no floema, pois o milho não produz quantidades significativas de polióis, açúcares simples capazes de transportar o boro dentro da planta. Sendo assim, o elemento é transportado pelo xilema, através do fluxo transpiratório, até um determinado órgão da planta onde permanece imóvel, não se redistribuindo para outras partes.

Os teores de Cu, Fe, Mn e Zn não foram alterados pelo aumento das doses de B via foliar (**Tabela 2**). A falta de resposta aos outros micronutrientes, pelo milho, pode estar relacionada com níveis adequados de disponibilidade no solo ou com fornecimento



indireto destes por outras fontes (Embrapa, 2007), o que observado na análise inicial do solo.

Para a maioria dos nutrientes, a concentração de 0,25% de ácido bórico (dose = 170 g ha⁻¹) foi a que apresentou os maiores teores foliares, não concordando com Oliveira e Thung (1988) que recomendam o ácido bórico na concentração de 0,1 a 0,2%.

O fornecimento de 2 kg ha⁻¹ de Zn no sulco de semeadura solo não influenciou os teores foliares de Cu, Fe, Mn e Zn, porém proporcionou maior teor foliar de B em relação a não aplicação deste micronutriente catiônico. 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.

CONCLUSÕES

A adubação com zinco no solo proporcionou menores teores foliares de P, Ca e Mg, e maior teor de B foliar.

O incremento da dose de B via foliar aumentou linearmente o teor de B, e os teores de P e Ca até as doses de 162 e 550 g ha⁻¹ de B, respectivamente. Porém, o teor de Mg foliar diminuiu com a elevação das doses de B.

REFERÊNCIAS

BATAGLIA, O. C. Análise química de plantas. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. (Ed.) Micronutrientes

na agricultura. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. p.289-308.

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).

EMBRAPA. Sistemas de Produção, 2. Versão Eletrônica - 3ª edição Set./2007. Disponível em <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho/fertilidade.htm>>. Acessado em 8 de junho de 2015.

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.

OLIVEIRA, I.P.; THUNG, M.D.T. Nutrição mineral. In: ZIMMERMANN, M.J.O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (eds.) Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFOS, 1988. p. 175-212.

QUAGGIO, J. A.; PIZA JUNIOR, C. T. Fruteiras tropicais. In: M. E. Ferreira, M. C. P. Cruz, B. van Raij, and C. A. Abreu (ed.) Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura. Jaboticabal: CNPq/Fapesp/Potafos, 2001, p. 459-492.

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

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

Tabela 1. Teores foliares de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S) em função de doses de boro aplicadas via foliar, com e sem adubação com zinco no solo. Selvíria – MS, 2013/14.



	N	P	K	Ca	Mg	S
	(g kg ⁻¹)					
Com Zinco	26,92 a	3,26 b	26,79 a	3,66 b	1,53 b	2,14 a
Sem Zinco	26,67 a	3,51 a	27,10 a	4,04 a	1,78 a	2,08 a
D.M.S	2,98	0,24	1,33	0,37	0,21	0,29
Doses de B foliar (g ha⁻¹)						
0	26,17	3,39 ⁽¹⁾	27,32	3,97 ⁽²⁾	1,71 ⁽³⁾	2,32
170	28,05	3,44	27,67	4,12	1,84	2,06
340	27,65	3,51	26,12	3,59	1,52	2,02
510	24,63	3,26	26,59	3,79	1,64	2,15
680	27,48	3,31	26,89	3,79	1,59	2,03
Média geral	26,80	3,39	26,92	3,85	1,66	2,12
C.V. (%)	14,52	9,29	6,45	12,49	16,83	18,26

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

⁽¹⁾ $y = 3,4125 + 0,00032x - 0,000001x^2$ ($R^2 = 0,50^{**}$ e $PM = 162 \text{ g ha}^{-1}$ de B)

⁽²⁾ $y = 4,0457 - 0,0011x + 0,000001x^2$ ($R^2 = 0,37^*$ e $PM = 550 \text{ g ha}^{-1}$ de B)

⁽³⁾ $y = 1,7867 - 0,0007x$ ($R^2 = 0,56^{**}$)

Tabela 2. Teores foliares de boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) em função de doses de boro aplicadas via foliar, com e sem adubação com zinco no solo. Selvíria – MS, 2013/14.

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

$$^{(1)} y = 4,8283 + 0,0040x \text{ (R}^2 = 0,89^{**}\text{)}$$

	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	-----(mg kg^{-1})-----				
Com Zinco	6,75 a	14,46 a	145,13 a	50,40 a	16,93 a
Sem Zinco	5,67 b	15,06 a	138,86 a	53,93 a	16,47 a
D.M.S	0,71	2,13	22,23	4,63	3,01
Doses de B foliar					
(g ha⁻¹)					
0	4,71 ⁽¹⁾	17,17	147,67	55,17	16,67
170	5,73	12,67	141,00	51,67	18,17
340	5,84	13,67	145,83	50,17	16,17
510	7,48	17,33	140,17	53,83	15,50
680	7,30	13,00	135,33	50,00	17,00
Média geral	6,21	14,77	142,00	52,17	16,70
C.V. (%)	15,00	18,81	20,41	11,57	23,50