



FERTBIO 2012

A responsabilidade socioambiental da pesquisa agrícola
17 a 21 de Setembro - Centro de Convenções - Maceió/Alagoas

AValiação DE EXTRATORES DE BORO EM SOLO CULTIVADO COM ALFAFA

Adônis Moreira⁽¹⁾; Larissa Alexandra Cardoso Moraes⁽¹⁾; José Salvador Simoneti Foloni⁽¹⁾; Rean Zaninetti⁽²⁾

⁽¹⁾ Pesquisadores da Embrapa Soja, Rodovia Carlos João Strass, Distrito de Warta, Caixa Postal 232, Londrina, PR, CEP 86001-970, adonis@cnpso.embrapa.br. ⁽²⁾ Estudante de Pós-graduação da Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM

Resumo – Apesar do limite de deficiência e toxidez do B ser na maioria das culturas estreita, na alfafa a faixa utilizada para determinar o nível crítico é ampla, variando de 20 a 80 mg de B kg⁻¹, porém, esses valores foram estabelecidos em condições de clima temperado e com cultivares diferentes da utilizada no Brasil. O objetivo deste trabalho foi verificar a eficiência de extratores [B (Mehlich 1, Mehlich 3, água quente, KCl 1,0 mol L⁻¹, Manitol 0,05 mol L⁻¹ + CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹, Ca(H₂PO₄)₂.H₂O 0,01 mol L⁻¹, HCl 0,05 mol L⁻¹] na determinação da disponibilidade do B do solo. Os resultados mostraram que para obtenção das maiores produções de MSPA, os teores de B disponível solo nas seis épocas de amostragem, variam de 0,21 a 0,49 mg kg⁻¹ ⇒ B-H₂Oq; 0,59 a 1,19 mg kg⁻¹ ⇒ B-KCl; 1,74 a 3,45 mg kg⁻¹ ⇒ B-M1; 1,81 a 2,54 mg kg⁻¹ ⇒ B-M3; 0,47 a 0,84 mg kg⁻¹ ⇒ B-CaPO₄; 0,33 a 0,71 mg kg⁻¹ ⇒ B-CaCl₂; 0,67 a 1,06 mg kg⁻¹ ⇒ B-HCl; Os extratores B-M1 e B-M3 apresentam maior capacidade de recuperação do B disponível no solo do que B-H₂Oq, B-CaPO₄, B-CaCl₂ e B-KCl e B-HCl;

Palavras-Chave: fertilidade do solo, eficiência de extratores, *Medicago sativa*

INTRODUÇÃO - Nos laboratórios de análise de solo do Brasil, a determinação da disponibilidade do B é feita em água quente sob refluxo ou assistido por microondas. O principal problema é que esses dois métodos possuem baixo rendimento e necessitam de equipamentos e recipientes específicos para realização das análises, são trabalhosos, aumentando significativamente o custo das mesmas, além de extrair somente um elemento. Outro empecilho, é que não estão sendo capazes de separar adequadamente, dentro do grupo de solos com teores diversos de B, aqueles que realmente apresentam baixa disponibilidade para as plantas e que resultarão em baixos teores foliares e baixa produtividade, como

atualmente visto em áreas de Cerrado, em especial, do Mato Grosso e Goiás (Castro & Oliveira, 2005).

Métodos de extração com soluções ácidas ou sais são freqüentemente propostos e comparados com água quente sob refluxo com a finalidade de obter um método mais prático, tais como: Mehlich-1, Mehlich-3, HCl 0,05 mol L⁻¹, HCl 0,1 mol L⁻¹, manitol 0,05 mol L⁻¹ + CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹, CaCl₂ 0,05 mol L⁻¹ e outros, sendo esses de menor custo e mais facilmente utilizados nas análises de rotina, porém, os resultados obtidos com essas soluções tem sido contraditórios.

Há, pois, dificuldade na definição do nível crítico ou faixa de suficiência e de estabelecer o extrator que apresente a real disponibilidade do nutriente no solo para alfafa e outras culturas, fica uma questão importante para os agricultores e, principalmente para assistência técnica: qual a faixa crítica mostrada pela análise de solo e foliar para a tomada de decisão para a recomendação de adubação, que representa em torno de 50% do custo variável de produção da alfafa e de muitas culturas de grãos, se a mesma é, de modo geral, inadequada a avaliação da disponibilidade do boro no solo.

Objetivo deste trabalho foi verificar o melhor extrator para determinação do B disponível no solo cultivado com alfafa.

MATERIAL E MÉTODOS - O experimento foi realizado em condições de campo da Embrapa Pecuária Sudeste. Foram estudados cinco doses de boro com quatro repetições. As amostras foram coletadas na camada de 0-20 cm de solo em seis coletas com intervalo de 30 dias. Depois de destorroadas, peneiradas e secas ao ar (TFSA), nas amostras de solo foram determinados os teores de B disponível com os seguintes extratores: Mehlich 1 (B-M1); Mehlich-3 (B-M3); água quente (B-H₂Oq); HCl 0,05 N (B-HCl); Manitol 0,05 mol L⁻¹ + CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹ (B-CaCl₂); Ca(H₂PO₄)₂.H₂O 0,01 mol L⁻¹ (B-CaPO₄); KCl 1,0 mol L⁻¹ (B-KCl). As leituras das



FERTBIO 2012

A responsabilidade socioambiental da pesquisa agrícola
17 a 21 de Setembro - Centro de Convenções - Maceió/Alagoas

amostras foram feitas por espectrofotometria usando o reagente colorimétrico Azometina-H, no comprimento de onda de 420 nm (Abreu et al., 2001)

O delineamento experimental utilizado foi o de parcelas subdivididas sendo as parcelas as doses e as épocas de amostragem as sub-parcelas. As análises de regressão foram usadas para estudar as relações entre as doses de B aplicadas no solo com o total do nutriente absorvido e com a produção obtida em cada corte e total (soma dos três cortes), enquanto as correlações para os teores de B nas folhas de cada cultivar e a produção de matéria seca com os teores disponíveis quantificados por espectrofotômetro – Azometina H.

RESULTADOS E DISCUSSÃO - As significâncias das soluções extratoras com as doses de B são mostradas na Tabela 1. O extrator B-H₂Oq apresentou os menores valores (0,21 mg kg⁻¹), enquanto os extratores B-M1 e B-M3 foram os que apresentam maior capacidade de extração, 3,45 mg kg⁻¹ e 2,54 mg kg⁻¹, respectivamente. Os resultados corroboram Paula (1995), que ao comparar o B-H₂Oq com o B-M1, verificou que o extrator ácido tinha maior capacidade de recuperação do B disponível no solo.

Os extratores B-H₂Oq e B-CaPO₄ apresentaram, na média, as melhores correlações com a produção de matéria seca da parte aérea e com o teor de B na MSPA, independentemente da fonte de B utilizada (Tabela 2). O extrator que teve as menores correlações com essas variáveis foi o B-M3, corroborando Redd et al. (2008) sobre a não recomendação desta solução extratora como método “universal” na determinação de inúmeros elementos, como indicado por Mehlich (1984).

Após o sexto corte, houve diminuição nos teores de B disponível, quando comparado com a amostragem feita após o primeiro corte, fato esse mais representativo com o extrator B-H₂Oq. Exceto a testemunha (0 kg/ha), a aplicação da ulexita proporcionou maiores teores de B no solo (B-H₂Oq), indicando sua vantagem em termos de adubação de reposição. Com a fonte H₃BO₃, devido sua alta solubilidade, parte do produto deve ter lixiviado para as camadas mais profundas, com conseqüente diminuição no teor nas camadas superficiais do solo, local com maior volume radicular (±80%).

Os extratores B-H₂Oq e B-CaPO₄ demonstram, na média, resposta do efeito das doses sobre o teor do B disponível no solo e apresentam boa sensibilidade

em separar os feitos do nutriente em profundidade. Mesmo sendo a alfafa uma planta indicadora de deficiência de B, estudos para verificar esta provável característica indesejável devem ser repetidos em outros lugares com condições edafoclimáticas e com outras culturas diferentes a do presente trabalho, haja vista, que grande parte dos resultados obtidos aliado aos de Lima Filho & Malavolta (1998), indicam potencial promissor da solução B-CaPO₄, além da determinação conjunta do B e S disponível no solo, sendo, no caso do B-KCl, também verdadeira. Devido o caráter ácido, os extratores Mehlich 1 e Mehlich 3 apresentaram maior capacidade de recuperação do B que os demais extratores.

Tabela 1 - Coeficientes de determinação do teor de B disponível por diferentes soluções extratoras dentro de cada época de amostragem e equação de regressão da média dos seis cortes, em função das doses 0, 1, 3, 6 e 9 kg/ha de B. Média das saturações por bases (60% e 80%) e fontes de B (H₃BO₃ e ulexita)^{(1) e (2)}.

	H ₂ Oq	KCl	M1	M3	CaCl ₂	CaPO ₄	HCl
1	0,71*	0,67*	0,48*	0,51*	0,61*	0,60*	0,62*
2	0,66*	0,59*	0,67*	0,43 ^{NS}	0,59*	0,68*	0,48*
3	0,74*	0,47*	0,74*	0,79*	0,50*	0,69*	0,67*
4	0,62*	0,45*	0,45 ^{NS}	0,27 ^{Ni}	0,41 ^{NS}	0,54*	0,59*
5	0,59*	0,31*	0,42*	0,25*	0,32*	0,52*	0,36*
6	0,69*	0,26 ^{NS}	0,41*	0,34*	0,29*	0,62*	0,25*
Extratores	Equação						R ²
B-H ₂ Oq	$\hat{y} = 0,131 + 0,407 * x$						0,85
B-KCl	$\hat{y} = 0,409 + 0,071 * x$						0,72
B-M1	$\hat{y} = 2,043 + 0,092 * x$						0,79
B-M3	$\hat{y} = 1,393 + 0,124 * x$						0,73
B-CaCl ₂	$\hat{y} = 0,196 + 0,050 * x$						0,73
B-CaPO ₄	$\hat{y} = 0,301 + 0,151 * x$						0,83
B-HCl	$\hat{y} = 0,523 + 0,049 * x$						0,70

*Significativo a 5% de probabilidade. ⁽¹⁾ B-H₂Oq = extrator água quente; B-KCl = extrator KCl 1,0 mol L⁻¹; B-M1 = extrator Mehlich 1; B-M3 = extrator Mehlich 3, B-CaPO₄ = extrator Ca(H₂PO₄).H₂O 0,01 mol L⁻¹; B-CaCl₂ = extrator CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹ + manitol 0,05 mol L⁻¹; B-HCl = extrator HCl 0,05 N. MS = Matéria seca da parte aérea.

Na comparação dos métodos de quantificação do B disponível no solo e utilizando as amostras da



FERTBIO 2012

A responsabilidade socioambiental da pesquisa agrícola
17 a 21 de Setembro - Centro de Convenções - Maceió/Alagoas

quarta e sexta coleta, houve grande variabilidade das leituras do B-M3 e B-CaCl₂, com leituras negativas, sendo os mesmos não discutidos no trabalho. Das demais soluções, os teores obtidos com B-H₂Oq, B-CaPO₄ e B-HCl apresentaram coeficientes angulares significativos ($p \leq 0,05$), com o incremento das doses de B. Na média das fontes e das duas saturações por bases (60% e 80%), os coeficientes de determinação foram: B-CaPO₄(0,64) > B-H₂Oq(0,62) > B-HCl(0,55).

CONCLUSÕES - As maiores produções de MSPA, os teores de B disponível solo nas seis épocas de amostragem, variam de 0,21 a 0,49 mg kg⁻¹ ⇒ B-H₂Oq; 0,59 a 1,19 mg kg⁻¹ ⇒ B-KCl; 1,74 a 3,45 mg kg⁻¹ ⇒ B-M1; 1,81 a 2,54 mg kg⁻¹ ⇒ B-M3; 0,47 a 0,84 mg kg⁻¹ ⇒ B-CaPO₄; 0,33 a 0,71 mg kg⁻¹ ⇒ B-CaCl₂; 0,67 a 1,06 mg kg⁻¹ ⇒ B-HCl. Os extratores B-M1 e B-M3 apresentam maior capacidade de recuperação do B disponível no solo do que B-H₂Oq, B-CaPO₄, B-CaCl₂ e B-KCl e B-HCl;

AGRADECIMENTOS - Os autores agradecem a FAPESP pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

ABREU, M.F.; ABREU, A.A.; ANDRADE, J.C. Determinação de boro em água quente, usando aquecimento

com microonda. In: RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.;

CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Eds.). **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 2001. p.231-239.

LIMA FILHO, O.F.; MALAVOLTA, E. Evaluation of extraction procedures on determination of critical soil and foliar level of boron and zinc in coffee plants. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. v.29, p.825-833, 1998.

MEHLICH, A. New extractant for soil test evaluation of phosphorus, potassium, magnesium, calcium, sodium, manganese and zinc. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. v.9, p.477-492, 1978.

MOREIRA, A.; CASTRO, C. **Extratores ácidos e sais na determinação da disponibilidade de boro no solo**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2006, 5p. (Comunicado Técnico 36).

REDD, S.A.; SHIFFLER, V.; JOLLEY, V.D.; WEBB, B.L.; HABY, V.A. Mehlich 3 extraction of boron in boron treated soils as compared to others extractants. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. v.39, p.1245-1259, 2008.

Tabela 2 - Valores de F das correlações entre os extratores e com a produção de matéria seca dos seis cortes nas duas saturações por base (60% e 80%) e do teor médio de B na matéria seca da alfafa. Experimento realizado em condições de campo⁽¹⁾. Profundidade de 0-20 cm.

Variável	B-H ₂ Oq	B-KCl	B-M1	B-M3	B-CaPO ₄	B-CaCl ₂	B-HCl
MS - H ₃ BO ₃	34,11**	6,72*	5,98*	2,93 ^{NS}	4,62*	1,79 ^{NS}	2,14 ^{NS}
Teor de B - H ₃ BO ₃	4,04*	10,80**	1,14 ^{NS}	0,01 ^{NS}	19,79**	6,29*	21,11**
MS - Ulexita	17,70**	28,16**	9,77**	0,49 ^{NS}	5,91*	9,77**	13,02**
Teor de B - Ulexita	23,42**	0,81 ^{NS}	7,03*	1,10 ^{NS}	20,54**	7,03*	26,91**
MS - Média	21,29**	23,04**	23,71**	2,97 ^{NS}	4,09*	12,10**	15,61**
Teor de B - Média	48,60**	40,41**	2,00 ^{NS}	0,60 ^{NS}	39,64**	12,69**	43,24**
B-H ₂ Oq	-						
B-KCl	76,49**	-					
B-M1	4,10*	19,89**	-				
B-M3	9,29**	18,51**	23,40**	-			
B-CaPO ₄	78,62**	79,66**	12,83**	41,19**	-		
B-CaCl ₂	64,85**	39,96**	18,75**	37,72**	65,93**	-	
B-HCl	66,50**	113,77**	24,36**	36,91**	113,69**	47,68**	-

** e *Significativo a 1% e 5% de probabilidade, ^{NS}não significativo. ⁽¹⁾B-H₂Oq = extrator água quente; B-KCl = extrator KCl 1,0 mol L⁻¹; B-M1 = extrator Mehlich 1; B-M3 = extrator Mehlich 3, B-CaPO₄ = extrator Ca(H₂PO₄) 0,01 mol L⁻¹; B-CaCl₂ = extrator CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹ + manitol 0,05 mol L⁻¹; B-HCl = extrator HCl 0,05 N. MS = Matéria seca da parte aérea.