

AVALIAÇÃO DE EXTRATORES DE BORO EM SOLOS CULTIVADOS COM SOJA

MOREIRA, A.¹; CASTRO, C. DE²; OLIVEIRA, F.A. DE². ¹Embrapa Pecuária Sudeste - CPPSE, Caixa Postal 339, 13560-970, São Carlos-SP, adonis@cnpse.embrapa.br; ²Embrapa Soja.

Atualmente nos laboratórios, a determinação do B disponível no solo é feita em água quente sob refluxo ou aquecido por microondas (Silva, 1999). Além das dificuldades inerentes a cada metodologia, o principal problema dessa análise tem sido a baixa precisão do diagnóstico, uma vez que não está sendo capaz 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, no Mato Grosso e Goiás (Castro & Oliveira, 2005). Outros métodos de extração de B com soluções ácidas ou salinas estão sendo frequentemente propostos e comparados com água quente. O uso dessas soluções é justificado pelo baixo custo da extração e pela simplicidade em comparação com água quente

ou suas adaptações. O objetivo deste trabalho foi estudar a eficiência de seis extratores [H_2O quente, KCl 1,0 mol L⁻¹, Mehlich 1, Mehlich 3, HCl 0,05 mol L⁻¹ e $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$ 0,1 mol L⁻¹] na determinação do B disponível no solo, bem como o efeito de doses na disponibilidade do B em solos com características químicas e físicas distintas, cultivados com soja.

O experimento foi realizado em casa-de-vegetação da Embrapa Soja em vasos de plásticos com 3,0 kg. Foram coletadas, na camada de 0-20 cm, amostras de um Neossolo Quartzarênico, NQ, um Latossolo Vermelho Distroférico com médio teor de M.O., LVdf (alta M.O.) e um Latossolo Vermelho Distroférico, com médio teor de M.O., LVdf (média M.O.), que foram peneirados e corrigidos quimicamente (Tabela 1). Empregou-se o delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. Os tratamentos foram constituídos pelas doses 0,

Tabela 1. Composição química e física dos solos¹.

Propriedades	Solos		
	LVdf (média M.O.)	LVdf (alta M.O.)	NQ
pH (CaCl ₂ 0,01 mol L ⁻¹)	4,9	5,3	6,2
Matéria orgânica (g kg ⁻¹)	31,3	56,2	15,0
P (mg kg ⁻¹)	37,3	6,7	2,7
K (cmol _c dm ⁻³)	0,7	0,2	0,1
Ca (cmol _c dm ⁻³)	5,1	3,8	1,1
Mg (cmol _c dm ⁻³)	1,9	3,6	1,0
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,1	0,0	0,0
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	3,8	4,4	2,0
CTC (cmol _c dm ⁻³)	11,5	12,0	6,2
Saturação por bases (V%)	67,0	63,3	52,4
S (mg kg ⁻¹)	79,1	30,1	2,7
B (mg kg ⁻¹)	0,6	0,5	0,4
Cu (mg kg ⁻¹)	18,3	4,9	0,5
Fe (mg kg ⁻¹)	101,6	156,4	150,0
Mn (mg kg ⁻¹)	173,8	28,7	33,0
Zn (mg kg ⁻¹)	7,9	6,2	1,2
Areia (g kg ⁻¹)	70,0	64,0	894,0
Argila (g kg ⁻¹)	776,0	736,0	90,0

¹ Silva (1999).

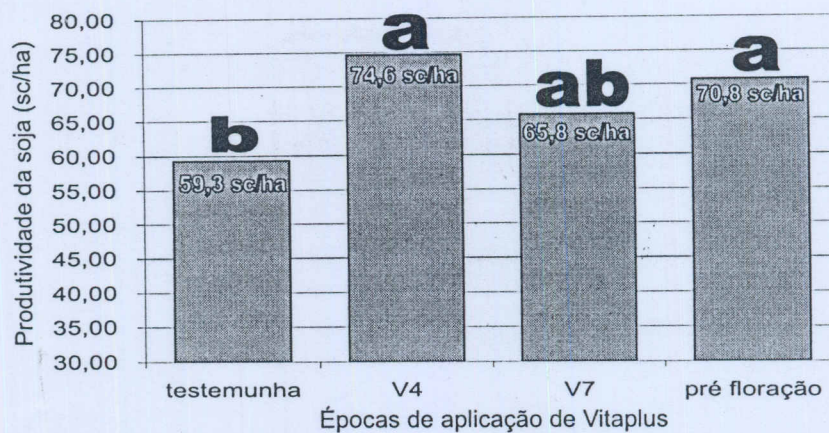


Figura 2. Efeito da época de aplicação de Vitaplus sobre a produtividade de soja

A partir dos resultados observados pode-se concluir que a aplicação de Vitaplus proporcionou aumento significativo na produtividade de soja, sendo que as melhores épocas de aplicação são em V4 e em pré-floração e a melhor dose é de $0,75 \text{ L ha}^{-1}$. Não há diferença significativa entre o efeito do produto comercial e o ácido húmico isolado deste produto o que sugere que o ácido húmico é de fato um princípio ativo causador do efeito na produtividade da soja. O ácido húmico sintetizado a partir de carvão apresentou efeito similar ao produto comercial sugerindo que o princípio ativo está relacionado à molécula húmica e não a produtos co-extraídos.

Devido aos resultados significativos obtidos nesse experimento, sugere-se que estudos mais abrangentes e representativos sejam realizados para a verificação do efeito dos ácidos húmicos sobre a produtividade de soja.

Referências

- BOTTOMLEY, W. B. The effect of organic matter on the growth of various plants in culture solutions. *Ann. Bot. (London)* 34:353-365. 1920
- CHEN, Y.; AVIAD, T. Effects of humic substances on plant growth. In: P. MCCARTHY et

al. (eds) *Humic substances in soil and crop sciences: selected readings*. p 161-186, SSSA, Madison, 1990

FAÇANHAA, R.; FAÇANHA, A. L. O.; OLIVARES, F. L.; GURIDI, F.; SANTOS, G. A.; VELLOSO, A. C. X.; RUMJANEK, V. M.; BRASIL, F.; SCHRIPEMA, J.; BRAZ-FILHO, R.; OLIVEIRA, M. A.; CANELLAS, L. P. Bioatividade de ácidos húmicos: efeitos sobre o desenvolvimento radicular e sobre a bomba de prótons da membrana plasmática. *Pesq. Agropec. Bras.* 37 (9):1301-1310, Brasília, 2002

MARSCHNER, H.; ROMHELD, V.; KISSEL, M. Different strategies of higher plants in mobilization and uptake of iron. *J. Plant Nutr.* 9:695-714, 1986

MATO, M. C.; OLMEDO, M. G.; MENDEZ, J. Inhibition of indolacetic acid oxidase by soil humic acids fractionated in Sephadex. *Soil Biol. Biochem.* 4:469-473, 1972

TROMPOWSKY, P. M.; BENITES, V. M.; MADARI, B. E.; PIMENTA, A. S.; HOCKADAY, W. C.; HATCHER, P. G. Characterization of humic like substances obtained by chemical oxidation of eucalyptus charcoal. *Organic Geochem.* 36 (11): 1480-1489, 2005.

AVALIAÇÃO DE EXTRATORES DE BORO EM SOLOS CULTIVADOS COM SOJA

MOREIRA, A.¹; CASTRO, C. DE²; OLIVEIRA, F.A. DE². ¹Embrapa Pecuária Sudeste - CPPSE, Caixa Postal 339, 13560-970, São Carlos-SP, adonis@cnpse.embrapa.br; ²Embrapa Soja.

Atualmente nos laboratórios, a determinação do B disponível no solo é feita em água quente sob refluxo ou aquecido por microondas (Silva, 1999). Além das dificuldades inerentes a cada metodologia, o principal problema dessa análise tem sido a baixa precisão do diagnóstico, uma vez que não está sendo capaz 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, no Mato Grosso e Goiás (Castro & Oliveira, 2005). Outros métodos de extração de B com soluções ácidas ou salinas estão sendo freqüentemente propostos e comparados com água quente. O uso dessas soluções é justificado pelo baixo custo da extração e pela simplicidade em comparação com água quente

ou suas adaptações. O objetivo deste trabalho foi estudar a eficiência de seis extratores [H₂O quente, KCl 1,0 mol L⁻¹, Mehlich 1, Mehlich 3, HCl 0,05 mol L⁻¹ e Ca(H₂PO₄)₂·H₂O 0,1 mol L⁻¹] na determinação do B disponível no solo, bem como o efeito de doses na disponibilidade do B em solos com características químicas e físicas distintas, cultivados com soja.

O experimento foi realizado em casa-de-vegetação da Embrapa Soja em vasos de plásticos com 3,0 kg. Foram coletadas, na camada de 0-20 cm, amostras de um Neossolo Quartzarênico, NQ, um Latossolo Vermelho Distroférico com médio teor de M.O., LVdf (alta M.O.) e um Latossolo Vermelho Distroférico, com médio teor de M.O., LVdf (média M.O.), que foram peneirados e corrigidos quimicamente (Tabela 1). Empregou-se o delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. Os tratamentos foram constituídos pelas doses 0,

Tabela 1. Composição química e física dos solos¹.

Propriedades	Solos		
	LVdf (média M.O.)	LVdf (alta M.O.)	NQ
pH (CaCl ₂ 0,01 mol L ⁻¹)	4,9	5,3	6,2
Matéria orgânica (g kg ⁻¹)	31,3	56,2	15,0
P (mg kg ⁻¹)	37,3	6,7	2,7
K (cmol _c dm ⁻³)	0,7	0,2	0,1
Ca (cmol _c dm ⁻³)	5,1	3,8	1,1
Mg (cmol _c dm ⁻³)	1,9	3,6	1,0
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,1	0,0	0,0
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	3,8	4,4	2,0
CTC (cmol _c dm ⁻³)	11,5	12,0	5,2
Saturação por bases (V%)	67,0	63,3	52,4
S (mg kg ⁻¹)	79,1	30,1	2,7
B (mg kg ⁻¹)	0,6	0,5	0,4
Cu (mg kg ⁻¹)	18,3	4,9	0,5
Fe (mg kg ⁻¹)	101,6	156,4	150,0
Mn (mg kg ⁻¹)	173,8	28,7	33,0
Zn (mg kg ⁻¹)	7,9	6,2	1,2
Areia (g kg ⁻¹)	70,0	64,0	894,0
Argila (g kg ⁻¹)	776,0	736,0	90,0

¹ Silva (1999).

Para a caracterização do B foram cultivadas, após o desbaste, quatro plantas de soja BRS 132. Os vasos foram mantidos com umidade ao redor de 70% da capacidade de campo, através de reposição com água destilada. A colheita das plantas foi realizada no estágio R 1, início do florescimento (Fehr & Caviness, 1971). Todo o material foi seco em estufa para a determinação da matéria seca total. Posteriormente, os teores de boro na parte aérea foram determinados colorimetricamente após incineração a 500°C do material vegetal (Malavolta et al., 1997). A amostragem de solo foi realizada ao final do experimento, para a determinação dos teores de B extraídos pelos extratores avaliados. De acordo com o delineamento proposto, os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), teste F, regressão e correlação a 5% de significância, conforme metodologias descritas por Pimentel Gomes & Garcia (2002).

Verificou-se que a aplicação de 0,5 kg ha⁻¹ de B proporcionou as maiores produções de matéria seca no Neossolo Quartzarênico e no Latossolo Vermelho Distroférico com teor alto de M.O., enquanto no Latossolo Vermelho Distroférico com teor médio de M.O., não houve efeito significativo dos tratamentos. Nos dois primeiros solos, a aplicação de quantidades superiores reduziu significativamente a produção

e ausência de resposta na produção de matéria seca no LVdf com teor médio de M.O. (Tabela 1) demonstram a baixa eficiência do mesmo em estimar a disponibilidade correta de B. Com isso, a soja cultivada no LVdf com teor médio de M.O. não apresentou correlação significativa entre a produção e o teor de B na parte aérea (0,47^{NS} - Q), enquanto no LVdf com teor alto de M.O. e no NQ as correlações foram de 0,61* (L) e 0,81* (L), respectivamente.

Comparando os extratores com a produção de matéria seca, teor e conteúdo de B na soja verificou que, à exceção do LVdf com teor médio de M.O., o boro extraído por água quente acarretou nas melhores correlações com a produção de matéria seca e conteúdo de B na planta, enquanto o extrator KCl 1,0 mol L⁻¹ foi o mais eficiente na determinação do teor de B na parte aérea da soja. Os demais extratores estudados também apresentaram significância com a maioria das variáveis avaliadas (Tabela 3).

No conjunto de todos os solos e tratamentos, exceto o extrator Mehlich 3, que correlacionou significativamente somente com HCl 0,05 mol L⁻¹, nos demais houve correlação significativa (p ≤ 0,05) entre os todos os extratores (Tabela 4). Observou-se que as maiores correlações foram obtidas entre os extratores

Tabela 2. Produção de matéria seca e teor foliar de B na soja cultivada em três localidades¹.

Doses mg kg ⁻¹	LVdf (média M.O.)		LVdf (alta M.O.)		NQ	
	MS (g vaso ⁻¹)	Teor (mg kg ⁻¹)	MS (g vaso ⁻¹)	Teor (mg kg ⁻¹)	MS (g vaso ⁻¹)	Teor (mg kg ⁻¹)
0	2,15	30,32	1,83	45,22	3,69	59,22
0,125	3,43	26,48	3,37	42,23	5,05	77,51
0,25	4,26	26,10	3,50	58,80	9,49	76,51
0,5	6,10	27,77	3,31	77,50	4,75	136,04
1,0	7,85	42,13	2,39	114,78	2,03	215,45
2,0	4,83	76,03	1,54	213,52	1,32	236,45
Teste F	1,08 ^{NS}	48,57 ^{**}	6,79 [*]	1415,54 ^{**}	9,70 ^{**}	69,27 ^{**}

¹ Coeficientes seguidos de * e ** significativos a 5% e 1%, respectivamente, ^{NS} não significativo.

Tabela 3. Coeficientes de correlação entre o B extraído do solo por diferentes extratores com a produção de matéria seca, teor e conteúdo de B, em soja cultivada em casa-de-vegetação em solos distintos¹.

Extrator	Variável	Solo			
		LVdf (média M.O.)	LVdf (alta M.O.)	NQ	Total
B-AQ	Matéria seca (g vaso ⁻¹)	0,14 ^{NS} (Q)	0,76** (L)	0,76** (L)	0,46 ^{NS} (Q)
	Teor (mg kg ⁻¹)	0,58* (Q)	0,96** (Q)	0,86** (L)	0,50* (Q)
	Conteúdo (µg vaso ⁻¹)	0,44 ^{NS} (Q)	0,82** (L)	0,80** (Q)	0,11 ^{NS} (Q)
B-M1	Matéria seca (g vaso ⁻¹)	0,33 ^{NS} (L)	0,58* (Q)	-0,68* (Exp)	0,60* (L)
	Teor (mg kg ⁻¹)	0,62* (L)	0,81** (L)	0,87** (L)	0,51* (Q)
	Conteúdo (µg/vaso)	0,69* (L)	0,58* (Q)	-0,07 ^{NS} (L)	0,11 ^{NS} (L)
B-KCl	Matéria seca (g vaso ⁻¹)	0,54* (Q)	0,63* (Q)	-0,65* (L)	-0,46 ^{NS} (L)
	Teor (mg kg ⁻¹)	0,83** (L)	0,96** (L)	0,92** (L)	0,86** (L)
	Conteúdo (µg vaso ⁻¹)	0,73** (L)	0,82** (Q)	0,48 ^{NS} (Q)	0,44 ^{NS} (Q)
B-Ca(H ₂ PO ₄) ₂	Matéria seca (g vaso ⁻¹)	0,34 ^{NS} (Q)	0,61* (Q)	-0,65* (Pot)	-0,51* (L)
	Teor (mg kg ⁻¹)	0,79** (L)	0,94** (L)	0,93** (Q)	0,63* (L)
	Conteúdo (µg vaso ⁻¹)	0,69* (L)	0,79** (Q)	0,21 ^{NS} (Q)	0,03 ^{NS} (L)
B-HCl	Matéria seca (g vaso ⁻¹)	0,32 ^{NS} (Q)	0,54* (Q)	-0,67* (Pot)	0,60* (Exp)
	Teor (mg kg ⁻¹)	0,83** (Q)	0,84** (L)	0,93** (L)	0,85** (Q)
	Conteúdo (µg vaso ⁻¹)	0,72** (Q)	0,60** (Q)	0,38 ^{NS} (Q)	0,42 ^{NS} (Q)
B-M3	Matéria seca (g vaso ⁻¹)	0,60* (Q)	0,62* (Q)	-0,79* (Pot)	-0,49 ^{NS} (L)
	Teor (mg kg ⁻¹)	0,82** (L)	0,95** (L)	0,93** (Q)	0,82** (L)
	Conteúdo (µg vaso ⁻¹)	0,73** (L)	0,69** (Q)	0,37 ^{NS} (Q)	0,53* (L)

¹ Coeficientes seguidos de * e ** significativos a 5% e 1%, respectivamente, ^{NS} não significativo; segundo os modelos linear (L), potência (Pot), exponencial (Exp) e quadrático (Q).

Tabela 4. Coeficientes de correlação linear simples entre os extratores água quente (B-AQ), Mehlich 1 (B-M1), KCl 1,0 mol L⁻¹ (B-KCl), Ca(H₂PO₄)₂.H₂O 0,1 mol L⁻¹ (B-CaPO₄), HCl 0,05 mol L⁻¹ (B-HCl) e Mehlich 3 (B-M3)¹.

	B-AQ	B-KCl	B-Mehlich 3	B-Mehlich 1	B-CaPO ₄
B-HCl	0,56*	0,83**	0,63*	0,64*	0,64*
B-Ca(H ₂ PO ₄) ₂	0,80**	0,82**	0,34 ^{NS}	0,84**	
B-Mehlich 1	0,78**	0,60*	0,31 ^{NS}		
B-Mehlich 3	0,10 ^{NS}	0,62*			
B-KCl	0,64*				

¹ Coeficientes seguidos de * e ** significativos a 5% e 1%, respectivamente, ^{NS} não significativo.

B-KCl e B-HCl, B-KCl e B-Ca(H₂PO₄)₂ e B-AQ e B-Ca(H₂PO₄)₂.

Referências

CASTRO, C.; OLIVEIRA, F. A. Nutrição e adubação do girassol. In: LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. (Eds.). **Girassol no Brasil**. Londrina: CNPSO, 2005. p. 317-374.

SILVA, F. C. da. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: EMBRAPA Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370 p.

FEHR, W. A.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University, 1977. 11 p. (Iowa Agriculture Experimental Station Bulletin, 80).

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

PIMENTEL GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrícolas e florestais**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309p.