

DETERMINAÇÃO DE BORO NO SOLO PELO MÉTODO BIOLÓGICO DO GIRASSOL¹

J.C. CASAGRANDE²

RESUMO - Com a finalidade de estimar o teor de boro disponível em cinco séries de solos do município de Piracicaba (SP), realizou-se um ensaio biológico com girassol (*Helianthus annuus* L.), em casa de vegetação, durante 54 dias. Todos os horizontes receberam solução nutritiva isenta de boro. Parâmetros como o valor idade, a altura e a produção de matéria seca durante várias fases do ciclo da planta foram determinados, tomando-se como referência os padrões em sílica moída, os quais receberam os mesmos tratamentos que as amostras de solo, além de doses crescentes de boro (0,0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 e 1,0 ppm). O valor idade e a altura da planta refletiram melhor as faixas de teores de boro solúvel em água em ebulição presentes nos solos estudados do que a matéria seca produzida pelo girassol. Os solos foram classificados como: a) acentuadamente deficientes: série Paredão-Vermelho; b) moderadamente deficientes: séries Quebra-Dente, Lajeado e Monte-Olimpo; c) ligeiramente ou não deficiente: série Iracema. O teste biológico com girassol mostrou-se eficiente para a avaliação do teor de boro disponível no solo.

Termos para indexação: boro solúvel em água quente, deficiência de boro, valor idade.

SOIL BORON DETERMINATION THROUGH THE SUNFLOWER BIOLOGICAL METHOD

ABSTRACT - In order to estimate the available boron status of five soil series found in Piracicaba (SP), a bioassay was conducted with sunflower (*Helianthus annuus* L.) in greenhouse during a period of 54 days. All soils received a nutrient solution which contained macro and micronutrients except boron. Parameters like age value and plant height and dry matter yield were determined at several phases of the plant growth at the end of the trial. At the same time, pattern collections of 2 mm sieved silica were submitted to the same treatments applied to the soil samples, besides the following levels of boron: 0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 and 1.0 ppm. The hot water-soluble boron level range in the soils were better reflected by the classification done through the age value and height, than through the dry matter produced by the sunflower plants. Soil series were classified as: a) highly deficient: Paredão-Vermelho; b) moderately deficient: Quebra-Dente, Lajeado and Monte-Olimpo; slightly or not deficient: Iracema soil series. The sunflower bioassay indicated that it can be used as an efficient procedure to estimate the level of available soil boron.

Index terms: hot-water boron, boron deficiency, age value.

INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus* L.) mostra sintoma bastante definido de deficiência de boro e desenvolve-se rapidamente em casa de vegetação sem necessidade de cuidados especiais, podendo ser usado como planta indicadora do suprimento de boro disponível do solo (Schuster & Stephenson 1940). O crescimento do girassol é restringido às folhas cotiledonares quando cultivado em solo com extrema deficiência de boro. O sintoma mais comum é a paralisação do crescimento apical, estando a altura da planta limitada pela severidade da deficiência.

Pelo fato de o girassol ser extremamente exigente em boro, a deficiência indicada pela planta não pode ser tomada como prova de que ocorrerá deficiência para outras espécies, mas, por outro lado, quando um solo receber uma adubação completa isenta de boro e não apresentar sintoma de deficiência, esse solo provavelmente já tem suprimento adequado de boro para a maioria das plantas.

Colwell (1943) melhorou o método biológico do girassol, introduzindo o "valor idade", ou seja, o dia, a partir da semeadura, em que uma das cinco plantas do vaso apresentava o estágio inicial do sintoma de deficiência de boro (leve clorose na base das folhas terminais).

Este trabalho teve por objetivo determinar a relação entre o teor de boro solúvel em água quente e o teor de boro extraído pelo método biológico do girassol, considerando a produção de matéria seca, altura e valor idade.

¹ Aceito para publicação em 27 de janeiro de 1981. Parte da tese apresentada pelo autor, como parte dos requisitos para a obtenção do grau de M.Sc. em Agronomia, área de Solos e Nutrição de Plantas, na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, São Paulo.

² Eng^o Agr^o, M.Sc., Planalsucar, Caixa Postal 158, CEP 13600 - Araras, SP.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram estudados 19 horizontes, pertencentes a cinco perfis de solos do Município de Piracicaba, mapeados por Ranzani et al. (1966), conforme Tabela 1.

A técnica de vasos e as medições adotadas para avaliar o teor de boro disponível no solo foram desenvolvidas de acordo com Schuster & Stephenson (1940), Colwell (1943) e Brasil Sobrinho (1965).

As amostras foram obtidas em trincheiras e acondicionadas em sacos de plástico, secadas ao ar e passadas em peneira de nylon com malhas de abertura de 2 mm. Foram, a seguir, homogeneizadas e novamente acondicionadas em sacos de plástico.

Os recipientes utilizados em casa de vegetação foram latas de óleo lubrificante com capacidade de 0,5 litros. As latas foram cuidadosamente limpas e revestidas internamente com tinta inerte "Neutrol 45", recebendo 0,5 kg de terra fina secada ao ar (TFSA), de cada amostra de solo.

Os vasos foram umedecidos, e após 24 horas receberam dez sementes de girassol. No sexto dia foi realizado o desbaste, reduzindo-se para cinco o número de plantas por vaso. Até o desbaste, os vasos receberam, uma vez a

Foram efetuadas medições individuais das plantas de girassol a partir do colo, em diversas fases de seu ciclo. Aos 54 dias após a semeadura, as plantas foram cortadas e secas em estufa a 70-80°C.

Utilizou-se delimitamento inteiramente casualizado, com três repetições.

Para confrontar os resultados obtidos com o teste biológico do girassol, efetuou-se a análise química de boro solúvel em água quente (Dible et al. 1954 e Rio & Bornemisza 1961).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Valor idade

A partir dos valores idades obtidos com a coleção de padrões (Tabela 4), foi estabelecida a classificação conforme é mostrada na Tabela 5.

Como pode ser observado na Tabela 6, apenas a amostra número 12, horizonte A₁ da série Iracema, enquadrou-se na classe III, ou seja, ligeiramente ou não deficiente segundo Colwell (1943). Essa

TABELA 1. Classificação dos solos ao nível de série e grande grupo.

Série	Grande grupo	Amostras
Quebra-Dente	Podzólico Vermelho-Amarelo	1 a 6
Paredão-Vermelho	Areia Quartzosa	7 a 10
Lajeado	Litossolo-substrato folheto	11
Iracema	Latossolo Roxo	12 a 15
Monte-Olimpo	Gley Pouco-Húmico	16 a 19

Fonte: Ranzani et al. (1966)

cada três dias, 10 ml de solução nutritiva, acrescentando-se a solução de micronutrientes de Hoagland & Arnon (1950) isenta de boro, sendo que, findo esse período, passou-se a adicionar 25 ml em dias alternados, até o final do ensaio. A composição da solução nutritiva é apresentada na Tabela 2.

Ao mesmo tempo, foi feita uma coleção de padrões com a finalidade de calibrar os resultados obtidos nos diversos tipos de solos. Estes padrões foram conduzidos em sílica 2 mm, os quais receberam os mesmos tratamentos que as amostras de solo, além de doses crescentes de boro (Tabela 3). A solução contendo boro foi preparada dissolvendo-se 0,853 g de H₃BO₃ em 1 litro de água destilada. Diluiu-se 30 vezes esta solução e obtiveram-se 0,005 mg de B por ml.

Os parâmetros utilizados foram: valor idade, "valor idade" médio (Colwell 1943), altura (Schuster & Stephenson 1940), altura média, matéria seca, e matéria seca média (Brasil Sobrinho 1965).

TABELA 2. Solução nutritiva utilizada.

Sal	Solução estoque	ml/litro de solução nutritiva
KH ₂ PO ₄	1,0 M	5
K ₂ HPO ₄	0,2 M	5
MgSO ₄ .7H ₂ O	1,0 M	7
Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O	1,0 M	7
NaNO ₃	1,0 M	7
Micronutrientes ^a		1
Fe-EDTA (490 ppm)		2

^a Solução de micronutrientes utilizada (g/l): 1,81 g de MnCl₂.4H₂O; 0,22 g de ZnSO₄.7H₂O; 0,08 g de CuSO₄.5H₂O; 0,02 g de H₂MoO₄.H₂O (Hoagland & Arnon 1950).

TABELA 3. Quantidades de boro adicionadas à coleção de padrões.

ppm B	Desbaste	ml da solução contendo boro			
		5 dias após o desbaste	10 dias após o desbaste	15 dias após o desbaste	20 dias após o desbaste
0,00	-	-	-	-	-
0,10	10	-	-	-	-
0,20	10	10	-	-	-
0,30	10	20	-	-	-
0,40	10	20	10	-	-
0,50	10	20	20	-	-
1,00	10	20	20	20	20

TABELA 4. Dados referentes ao valor idade, altura e matéria seca, obtidos através da coleção de padrões, submetidos a doses crescentes de boro.

ppm B	Valor idade (dias)	Altura (cm)	Matéria seca (g)
0,00	19	19	1,56
0,10	25	39	4,11
0,20	28	59	6,66
0,30	36	75	9,01
0,40	47	85	8,79
0,50	53	92	9,57
1,00	53	95	9,96

TABELA 5. Classes obtidas com a coleção de padrões para o valor idade.

Classe	ppm B	Valor idade (dias)
I	< 0,10	< 25 - deficiência acentuada
II	0,10 - 0,30	25 a 36 - deficiência moderada
III	> 0,30	> 36 - ligeiramente ou não deficiente

foi a amostra que revelou o teor mais elevado de boro solúvel em água quente: 0,34 ppm. Os horizontes pertencentes às séries de solos Lajeado, Iracema e Monte-Olimpo classificaram-se na classe II, sendo consideradas moderadamente deficientes, indicando teores de B disponível no solo entre 0,10 e 0,30 ppm. Pode ser verificado, pela Tabela 6, que o teor de boro solúvel determinado quimi-

camente encontra-se dentro dessa faixa. As outras duas séries, Quebra-Dente e Paredão-Vermelho, apresentaram apenas dois de seus horizontes na classe II e todos na classe I, respectivamente, sendo, portanto, considerados acentuadamente deficientes em boro solúvel em água (B_{H_2O}). Observando-se os valores de B_{H_2O} , verifica-se tratar-se de dois solos mais pobres em boro solúvel. As classes obtidas pelo valor idade foram em todos os casos confirmadas pelo teor de boro determinado quimicamente.

Considerando-se o "valor idade" médio (correspondente aos dois horizontes superiores) as séries Quebra-Dente e Paredão-Vermelho foram classificadas como acentuadamente deficientes em boro, enquanto as séries Lajeado, Iracema e Monte-Olimpo foram classificadas como moderadamente deficientes (Tabela 7). Embora bastante próximo, apenas a série Quebra-Dente não caiu na mesma classe para o boro determinado biológica e quimicamente.

Altura

A disponibilidade de boro pode ser determinada pela altura atingida pelas plantas de girassol (Schuster & Stephenson 1940). Brasil Sobrinho (1965), adotou o critério empregado por Colwell (1943) para valor idade, utilizando a altura atingida pelas plantas de girassol, com o intuito de obter uma classificação em função desta. A partir dos dados da Tabela 4, obtidos através da coleção de padrões, estabeleceu-se a classificação mostrada na Tabela 8.

As classes nas quais os horizontes dos diversos solos foram enquadrados, através do valor idade, pouco diferiram daquelas obtidas levando-se em conta a altura atingida pelo girassol como critério de classificação. Apenas os horizontes A_1 e B_{23} da série Quebra Dente e B_{21} e B_{22} da série Monte-Olimpo passaram da classe II para a classe I. Os teores de B_{H_2O} nesses quatro horizontes se encontram bastante próximos dos limites que separam as classes I e II.

Como feito para o "valor idade" médio, considerando-se as alturas médias obtidas nos dois horizontes mais próximos da superfície, obteve-se a distribuição de classes apresentada na Tabela 9. Essa classificação foi idêntica àquela obtida utilizando-se o "valor idade" médio.

TABELA 6. Teor de boro solúvel em água quente (B_{H_2O}), valor idade, altura e matéria seca e suas respectivas classes, obtidas a partir dos diversos horizontes de cada perfil.

Amostra nº	Horizontes	Profundidade (cm)	B_{H_2O} ppm	Valor idade		Altura		Matéria seca	
				Dias	Classe	cm	Classe	g/vaso	Classe
1	A ₁	0 - 20	0,12	25	II	33	I	6,37	II
2	A ₂	20 - 65	0,09	19	I	28	I	4,25	II
3	B ₁	65 - 85	0,08	19	I	29	I	3,78	I
4	B ₂₁	85 - 105	0,11	22	I	24	I	4,02	I
5	B ₂₂	105 - 125	0,08	22	I	24	I	3,37	I
6	B ₂₃	125 - 165	0,10	25	II	23	I	3,28	I
7	A ₁	0 - 20	0,06	19	I	28	I	5,60	II
8	A/B	20 - 50	0,07	29	I	27	I	4,55	II
9	C ₁	50 - 100	0,08	19	I	25	I	4,70	II
10	C ₂	100 - 150	0,12	19	I	25	I	5,25	II
11	A ₁	0 - 25	0,17	25	II	50	II	11,00	III
12	A ₁	0 - 20	0,34	40	III	85	III	22,50	III
13	A/B	20 - 50	0,18	25	II	57	II	12,40	III
14	B ₂₁	50 - 90	0,12	25	II	46	II	8,68	II
15	B ₂₂	90 - 130	0,15	25	II	40	II	8,25	II
16	A ₁	0 - 25	0,12	25	II	64	II	17,30	III
17	A/B	25 - 45	0,18	28	II	47	II	8,48	II
18	B ₂₁	45 - 65	0,13	25	II	32	I	3,39	I
19	B ₂₂	65 - 105	0,10	25	II	30	I	3,70	I

TABELA 7. Classificação das séries de solos Quebra-Dente (Q.D.), Paredão-Vermelho (P.V.), Lajeado (L.), Iracema (I.) e Monte-Olimpo (M.O.) em função do valor idade médio, altura média e produção de matéria seca média nos dois horizontes mais próximos da superfície.

Série	Horizontes	B_{H_2O} (ppm)	Valor idade		Altura		Matéria seca	
			Dias	Classe	cm	Classe	g	Classe
Q.D.	A ₁ e A ₂	0,110	22,0	I	30,5	I	5,31	II
P.V.	A ₁ e A/B	0,065	19,0	I	27,5	I	5,08	II
L.	A ₁	0,170	25,0	II	50,0	II	11,00	III
I.	A ₁ e A/B	0,260	32,5	II	71,0	II	17,45	III
M.O.	A ₁ e A/B	0,150	26,5	II	55,5	II	12,89	III

TABELA 8. Classes obtidas com a coleção de padrões através da altura atingida pelo girassol.

Classe	ppm B	Altura (cm)
I	< 0,10	< 39 - deficiência acentuada
II	0,10 - 0,30	39 a 75 - deficiência moderada
III	> 0,30	> 75 - ligeiramente ou não deficiente

TABELA 9. Classes obtidas com a coleção de padrões através da matéria seca produzida pelo girassol.

Classe	ppm B	Matéria seca (g/vaso)
I	< 0,10	< 4,11 - deficiência acentuada
II	0,10 - 0,30	4,11 a 9,01 - deficiência moderada
III	> 0,30	> 9,01 - ligeiramente ou não deficiente

Matéria seca

A Tabela 6 mostra os pesos de matéria seca obtidos a partir dos horizontes dos diferentes perfis e também as respectivas classes em que foram enquadrados. Como foi feito para altura, também foram estabelecidas classes em função da produção de matéria seca dos padrões (Tabela 9).

Pode-se verificar, pela Tabela 6, que os horizontes A₁ da série Lajeado, A₁ e A/B da série Iracema e A₁ da série Monte-Olimpo enquadraram-se na classe III, ou seja, com teores de B_{H₂O} acima de 0,3 ppm. Observando os dados de B_{H₂O}, vê-se que apenas o horizonte A₁ da série Iracema apresentou teor de boro (0,34 ppm) que possibilitou o seu enquadramento na classe III. Além dessas, muitas outras classes diferiram daquelas obtidas com valor idade e altura. Pode-se dizer que a matéria seca não refletiu bem o teor de B_{H₂O} nos solos estudados.

Como já empregado para "valor idade" médio e altura média, utilizou-se também a produção de matéria seca média, reunindo os dois horizontes mais próximos da superfície (Tabela 7). Todas as classes diferiram daquelas obtidas através do valor idade e altura. Comparando-se com os teores de boro determinados quimicamente, houve concordância apenas com a série Quebra-Dente. As demais superestimaram o teor de B_{H₂O}.

CONCLUSÕES

1. Os horizontes superficiais das séries de solos estudadas foram classificados como: acentuadamen-

te deficiente - série Paredão-Vermelho; moderadamente deficiente - série Quebra-Dente, Lajeado e Monte-Olimpo; ligeiramente ou não deficiente - série Iracema.

2. As faixas de teores de B_{H₂O} presentes nos solos foram melhor refletidas pela classificação através do valor idade e altura que pela matéria seca produzida pelo girassol.

3. O teste biológico com girassol mostrou-se eficiente para a avaliação do teor de boro disponível no solo.

REFERÊNCIAS

- BRASIL SOBRINHO, M.O.C. Levantamento do teor de boro em alguns solos do Estado de São Paulo. Piracicaba, ESALQ, 1965. 135p. Tese-Livre Docência.
- COLWELL, W.E. A biological method for determining the relative boron contents of soils. *Soil Sci.*, 56: 71-94, 1943.
- DIBLE, W.T.; TRUOG, E. & BERGER, K.C. Boron determination in soils and plants. *Anal. Chem.*, 26:418-21, 1954.
- HOAGLAND, D.R. & ARNON, D.I. The water culture; method for growing plants without soil. s.l. California Agriculture Experiment Station, 1950. 2p. (Circular, 347).
- RANZANI, G.; FREIRE, O. & KINJO, T. Carta de solos do Município de Piracicaba. Piracicaba, ESALQ, 1966. 85p.
- RIO, J.F.S. & BORNEMISZA, E. Análisis químico de suelos; métodos de laboratorio para diagnóstico de fertilidad. Turrialba, IICA, 1961. 107p.
- SCHUSTER, C.E. & STEPHENSON, R.E. Sunflower as an indicator plant of boron deficiency in soils. *J. Amer. Soc. Agron.*, 32:607-21, 1940.