

# COMPARAÇÃO DO MÉTODO QUÍMICO E DO MÉTODO BIOLÓGICO PARA A AVALIAÇÃO DO BORO ASSIMILÁVEL DO SOLO

O. Freire (1)  
M.O.C. Brasil Sobrinho (1)

## INTRODUÇÃO

O boro, um dos micronutrientes essenciais ao desenvolvimento vegetal, é absorvido em quantidades relativamente altas; embora, algumas espécies vegetais sejam menos sensíveis do que outras à quantidade em que ocorre no solo.

Nem todo o boro do solo se encontra em forma assimilável pelas plantas, uma vez que esteja, geralmente, associado a minerais muito resistentes, o que dificulta sua liberação.

O boro assimilável, cujo conteúdo varia de 0,1 a 2 ppm, pode ser avaliado pelo método químico e pelo método biológico. O primeiro utiliza uma solução extratora, que se presume seja capaz de solubilizar uma quantidade de boro correspondente à que existe no solo em forma assimilável pelas plantas.

O método biológico, embora seja mais demorado do que o químico, apresenta maior confiabilidade para fins de adu-

---

(1) Escola Superior de Agricultura «Luiz de Queiroz» USP, Piracicaba

bação, uma vez que use, como critério, o desenvolvimento de plantas sensíveis à escassez desse elemento.

Por essa razão, o objetivo deste trabalho é comparar a eficiência do método químico e do método biológico, com a finalidade de se poder escolher o mais adequado para fornecer o tipo de informação que for necessária.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### Método químico

A determinação do boro do solo pode ser feita por processos titrimétricos, espectrométricos e colorimétricos.

Quanto à forma assimilável, a escolha da solução extratora é de fundamental importância; pois, deve extrair uma quantidade de boro correspondente àquela que pode ser aproveitada pelas plantas.

Mesmo um teor alto de boro total não garante uma quantidade de boro assimilável adequada para o desenvolvimento vegetal.

BERGER & TRUOG (1940) afirmaram que menos de 5% do boro total do solo está na forma assimilável. Segundo esses mesmos autores, a água fervente extrai das amostras de solo uma quantidade de boro que se correlaciona com o desenvolvimento vegetal.

Esta afirmação recebeu a aprovação de JACKSON (1958), PEECH & GREWELING (1960) e KATALYMOV & RYABOVA (1958).

JACKSON (1958) afirmou que para a extração do boro que faz parte de colóides orgânicos e de precipitados, excluindo o que se encontra associado à turmalina e a outros silicatos resistentes, deve-se empregar ácido fosfórico.

De acordo com os autores citados, a extração com água fervente é, portanto, a que deve fornecer resultados mais representativos da quantidade de boro existente no solo em forma assimilável pelas plantas.

### **Método biológico**

O método biológico utiliza uma planta sensível à deficiência do nutriente, cujo teor se deseja avaliar. O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma planta reconhecidamente sensível à deficiência de boro no solo; recomendável para a avaliação do conteúdo deste elemento, por meio de valores que incluam altura da planta e peso de matéria seca produzida.

SHUSTER & STEPHENSON (1940) demonstraram que o girassol é uma planta indicadora que pode ser utilizada para a determinação de deficiências de boro no solo e apresentaram critérios para avaliação das suas respostas a diferentes quantidades deste elemento.

COLWELL (1943) sugeriu um método para a avaliação da quantidade de boro por meio da medida das respostas da planta a diferentes níveis deste elemento no solo.

O trabalho de HOAGLAND & ARNON (1950) apresenta o método para a cultura de plantas em solução nutritiva. Este método, de aplicação geral, sugere a utilização de uma solução de micronutrientes de composição diferente da de COLWELL.

## **MATERIAL E MÉTODO**

### **Material**

O material utilizado para o desenvolvimento deste trabalho é constituído por amostras dos horizontes de perfis de solo representativos de grandes-grupos identificados e mapeados pela COMISSÃO DE SOLOS (1960).

Os grandes-grupos, aos quais foi aplicado o método químico e o método biológico para a avaliação do boro disponível, foram os seguintes: Latosol Vermelho Amarelo, fase arenosa; Regosol, Latosol Vermelho Escuro, orto; Latosol Roxo; Latosol Vermelho Escuro, fase arenosa; Podzolizado de Lins e Marília, var. Marília; Podzolizado de Lins e Marília, var. Lins.

### **Método**

A comparação dos dois métodos estudados foi feita cotejando-se os resultados obtidos pelo método químico e pelo

método biológico para escolher-se o mais eficiente e prático de acordo com o tipo de informação desejada.

### **Método químico**

O método utilizado para a determinação da quantidade de boro nas amostras foi o da Curcumina, segundo DIBLE *et alii* (1954) e DEL RIO & BORNEMISZA (1961).

### **Extração do boro solúvel**

Tomaram-se 20g, de cada uma das amostras dos horizontes dos perfis que serviram de objeto deste estudo, passando-as para balões de fundo redondo de 125 ml. Juntou-se uma quantidade de 40 ml de água destilada e aqueceu-se até ebulição, durante 5 minutos, estando os balões ligados a um condensador de refluxo.

Depois de fria, a suspensão foi transferida para um tubo de centrifuga de 100 ml, juntando-se 5 gotas de cloreto de cálcio. A seguir, a suspensão foi submetida à centrifugação, até que o líquido sobrenadante ficasse límpido.

Do sobrenadante, tomou-se uma alíquota de 20 ml e passou-se para uma cápsula de porcelana. Juntaram-se 2 ml de uma solução saturada de hidróxido de cálcio e levou-se a cápsula ao banho-maria até evaporação completa

Aqueceu-se, a seguir, a 450°C para eliminação da matéria orgânica.

Depois de fria, a amostra foi tratada com 5 ml de HCl 0,1N e submetida à centrifugação, até que o sobrenadante ficasse límpido. Este sobrenadante foi reservado para a determinação do boro assimilável.

### **Determinação da quantidade de boro**

Passaram-se alíquotas de 1 ml do líquido reservado para a determinação do boro assimilável para cápsulas de porcelana e juntaram-se 4 ml da solução alcoólica de Curcumina — áci-

do oxálico. A seguir, as cápsulas de porcelana foram colocadas em banho-maria, durante 15 minutos, a uma temperatura de 55°C, para que a reação se completasse. Depois de esfriar, o resíduo foi retomado com 25 ml de álcool etílico e filtrou-se diretamente para tubos do colorímetro. Procederam-se às leituras em um aparelho Klett-Sumerson, com filtro de 540 m $\mu$ .

As quantidades de boro nos extratos foram calculadas interpolando-se as leituras obtidas num gráfico que relaciona a intensidade da cor desenvolvida com quantidades de 0; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00; 1,25 e 1,50 ppm de boro.

### **Critério para interpretação dos resultados**

O critério para a interpretação dos resultados obtidos pelo método químico foram os dados analíticos expressos em ppm de boro no solo, tendo sido classificados de acordo com a sugestão de Colwell (FRANCO, 1955), que está apresentada a seguir:

<b>Nível</b>	<b>ppm de boro</b>
I – baixo	< 0,10
II – médio	0,10 – 0,30
III – alto	> 0,30

### **Método biológico**

A avaliação do boro assimilável pelo método biológico, utilizando o girassol (*Helianthus annus* L.), foi feita de acordo com as recomendações de COLWELL (1943), com as seguintes modificações:

- substituição da solução nutritiva de micronutrientes de COLWELL pela solução de HOAGLAND & ARNON;
- substituição da solução de tartarato de ferro pela solução de quelato de ferro (EDTA = Fe).

### **Instalação do experimento**

O experimento foi instalado em casa-de-vegetação, utilizando-se vasos metálicos com capacidade para 500g de terra, previamente impermeabilizados com «Neutrol».

Após irrigação com água desionizada, foram semeadas 10 sementes de girassol em cada vaso.

Depois dos desbastes, passou-se a fornecer água diariamente e 10 ml de solução nutritiva, em dias alternados, juntamente com a solução de micronutrientes e com a de quelato de ferro.

A partir do 15.<sup>o</sup> dia após o plantio, passou-se a fornecer 25 ml da solução nutritiva a cada tratamento, em dias alternados.

Todos os tratamentos foram instalados com 4 repetições.

Paralelamente, foi preparada uma coleção de padrões para a aferição dos resultados obtidos com as amostras de solo. Plantas de girassol foram cultivadas em areia lavada, recebendo, além do tratamento dispensado aos vasos que continham amostras de solo, quantidades crescentes de boro, na forma de uma solução de  $H_3BO_3$ , cuja concentração era de 0,026 g/l.

As quantidades crescentes de boro aplicadas foram as seguintes: 0,0; 0,05; 0,10; 0,25; 0,30; 0,50; 0,75 e 1,0.

### **Critério para a interpretação dos resultados**

Foi determinado o valor-idade de COLWELL (1943) quando o sintoma de clorose era bem evidente no primeiro par de folhas.

Os dados correspondentes ao valor-idade foram classificados de acordo com o critério de COLWELL (1943) e os valores obtidos com a coleção de padrões. Esta classificação está apresentada a seguir:

<b>Nível</b>	<b>Valor-idade</b>	<b>ppm de boro</b>
I – baixo	< 23	< 0,10
II – médio	23–30	0,10–0,30
III – alto	> 30	> 0,30

No 45.<sup>o</sup> dia após a semeadura, as plantas foram colhidas, medidas e postas para secar em estufa aquecida a 60-70°C. Em seguida, determinou-se o peso da parte aérea das plantas de cada tratamento. Para se classificarem as amostras dos horizontes dos solos, empregaram-se esses dados comparados com os

limites de altura obtidos com o ensaio com doses crescentes de boro. Estes limites estão apresentados a seguir:

Classe	ppm de boro	altura das plantas
I – conteúdo baixo	< 0,10	< 35,0
II – conteúdo médio	0,10–0,30	35,0–52,0
III – conteúdo alto	> 0,30	> 52,00

## RESULTADOS

### Método químico

O quadro I contém os dados que foram obtidos pelo método químico.

Classificando-se os horizontes de cada perfil, dos grandes-grupos que serviram de objeto a este estudo, em três grupos de acordo com o conteúdo de boro assimilável, obtém-se a seguinte distribuição:

Nível	ppm de Boro	Grande-grupo	Horizonte
I – baixo	< 0,10	LVa	: A <sub>2</sub> , B <sub>1</sub> e B <sub>2</sub>
		R	: A <sub>p</sub> , C <sub>1</sub> e C <sub>2</sub>
		LE	: A <sub>2</sub> , B <sub>1</sub> e C
		LR	: B <sub>1</sub> , B <sub>22</sub> , B <sub>23</sub> e C
		LEa	: A <sub>1</sub> , B <sub>1</sub> e B <sub>21</sub>
		Plm	: B <sub>3</sub> e C
		Pml	: B <sub>22</sub> , B <sub>3</sub> e C
II – médio	0,10–0,30	LVa	: A <sub>1</sub>
		LE	: A <sub>1</sub>
		LR	: A <sub>p</sub>
		Plm	: B <sub>21</sub> e B <sub>22</sub>
		Pml	: A <sub>p</sub> e B <sub>21</sub>
III – alto	> 0,30	Plm	: A <sub>p</sub>

**QUADRO I - Boro disponível nos horizontes dos perfis dos grandes-grupos estudados obtido pelo método químico**

Grande-grupo Símbolo	Horizonte	B solúvel ppm
LVa	A <sub>1</sub>	0,10
	A <sub>2</sub>	0,05
	B <sub>1</sub>	0,07
	B <sub>2</sub>	0,07
R	A <sub>1</sub>	0,08
	C <sub>1</sub>	0,01
	C <sub>2</sub>	0,01
LE	A <sub>1</sub>	0,16
	A <sub>2</sub>	0,09
	B <sub>1</sub>	0,07
	C	0,08
LR	A <sub>p</sub>	0,12
	B <sub>1</sub>	0,09
	B <sub>22</sub>	0,07
	B <sub>23</sub>	0,04
	C	0,01
LEa	A <sub>1</sub>	0,06
	B <sub>1</sub>	0,03
	B <sub>21</sub>	0,03
Plm	A <sub>p</sub>	0,32
	B <sub>21</sub>	0,15
	B <sub>22</sub>	0,15
	B <sub>3</sub>	0,07
	C	0,03
Pml	A <sub>p</sub>	0,29
	B <sub>21</sub>	0,20
	B <sub>22</sub>	0,09
	B <sub>3</sub>	0,08
	C	0,04

**Método biológico**

Os dados obtidos pelo método biológico estão apresentados no quadro II.

Classificando-se os horizontes segundo o valor-idade obteve-se a seguinte distribuição:

Classe	Limites do valor-idade	Grande-grupo	Horizonte
I – baixa	< 23	LVa	: A <sub>2</sub> , B <sub>1</sub> e B <sub>2</sub>
		R	: Ap, C <sub>1</sub> e C <sub>2</sub>
		LE	: A <sub>2</sub> , B <sub>1</sub> e C
		LR	: B <sub>1</sub> , B <sub>22</sub> , B <sub>23</sub> e C
		LEa	: A <sub>1</sub> , B <sub>1</sub> e B <sub>21</sub>
		Plm	: B <sub>3</sub> e C
		Pml	: C
II – média	23–30	LVa	: A <sub>1</sub>
		R	: Ap e C <sub>1</sub>
		LE	: A <sub>1</sub>
		Plm	: B <sub>21</sub> e B <sub>22</sub>
		Pml	: B <sub>3</sub>
III – alta	> 30	LR	: Ap
		Plm	: Ap
		Pml	: Ap, B <sub>21</sub> e B <sub>22</sub>

A classificação dos horizontes de cada perfil dos grandes-grupos, que serviram de objeto para este trabalho, de acordo com a altura das plantas, é a seguinte:

Nível	ppm de boro	Grande-grupo	Horizonte
I – baixo	< 0,10	LVa	: A <sub>2</sub> , B <sub>1</sub> e B <sub>2</sub>
		R	: C <sub>1</sub> e C <sub>2</sub>
		LE	: B <sub>1</sub> e C
		LR	: B <sub>1</sub>
		LEa	: B <sub>1</sub> e B <sub>21</sub>
		Plm	: B <sub>3</sub> e C
		Pml	: C
II – médio	0,10–0,30	LVa	: A <sub>1</sub>
		R	: Ap
		LE	: A <sub>1</sub> e A <sub>2</sub>
		LR	: Ap, B <sub>22</sub> , B <sub>23</sub> e C
		LEa	: A <sub>1</sub>
		Plm	: B <sub>21</sub>
III – alto	> 0,30	LE	: A <sub>1</sub>
		LR	: Ap
		Plm	: Ap e B <sub>22</sub>
		Pml	: Ap, B <sub>21</sub> , B <sub>22</sub> e B <sub>3</sub>

## DISCUSSÃO

Os resultados obtidos pelo método biológico foram idênticos, quer se usasse os valores da altura quer os de peso das plantas. Esses valores comparados com o valor-idade, também, mostram boa concordância; embora se possam observar algumas exceções. Esses dois critérios mostram que o horizonte superficial do Latosol Roxo e dos Podzolizados de Lins e Marília apresentam altos valores de boro assimilável, enquanto que os horizontes mais profundos de todos os perfis apresentam valores baixos; salvo no caso do Latosol Roxo, que apresenta valor médio. Quanto aos demais horizontes, não foi possível tirar-se uma conclusão definitiva, porque houve discordância entre os resultados da aplicação dos dois critérios.

Comparando-se os resultados do método químico com os do método biológico, observa-se concordância muito boa; po-

QUADRO II - Dados obtidos com a aplicação do método biológico

Grande-grupo Símbolo	Horizonte	Valor-idade	Altura cm	Peso Seco (g)
LVa	A <sub>1</sub>	25	36,20	2,62
	A <sub>2</sub>	23	32,00	2,32
	B <sub>1</sub>	23	28,70	2,15
	B <sub>2</sub>	21	20,70	1,73
R	Ap	25	35,00	2,60
	C <sub>1</sub>	25	33,00	2,51
	C <sub>2</sub>	22	26,50	2,45
LE	A <sub>1</sub>	27	54,50	5,73
	A <sub>2</sub>	19	40,20	3,57
	B <sub>1</sub>	19	20,50	1,45
	C	19	27,00	2,12
LR	Ap	—	65,70	8,00
	B <sub>1</sub>	22	27,20	3,64
	B <sub>22</sub>	22	46,00	4,98
	B <sub>23</sub>	15	38,70	3,26
	C	11	44,00	2,78
LEa	A <sub>1</sub>	15	39,20	2,92
	B <sub>1</sub>	13	29,00	2,17
	B <sub>21</sub>	11	27,00	2,67
PIm	Ap	—	69,70	9,85
	B <sub>21</sub>	23	48,50	4,98
	B <sub>22</sub>	23	69,20	9,40
	B <sub>3</sub>	19	32,50	3,41
	C	19	29,50	2,48
Pml	Ap	—	69,20	8,48
	B <sub>21</sub>	—	69,00	8,06
	B <sub>22</sub>	34	63,20	7,06
	B <sub>3</sub>	27	60,20	6,54
	C	19	28,70	3,28

dendo-se afirmar que o método biológico pode ser excluído, pelo menos, para o caso do girassol.

## CONCLUSÃO

A comparação dos resultados obtidos com a aplicação do método químico e do método biológico para a avaliação do boro assimilável conduziu às seguintes conclusões:

a - a água fervente, aplicada de acordo com BERGER & TRUOG (1940), permite a extração de uma quantidade de boro semelhante à que é assimilável pelas plantas;

b - pelo menos para o caso específico do girassol, pode-se utilizar apenas o método químico, para a avaliação do conteúdo de boro assimilável.

## RESUMO

Foi realizada uma comparação dos resultados obtidos pelo método químico e pelo método biológico para a escolha do mais eficiente para a avaliação do boro assimilável do solo.

Os resultados obtidos da aplicação desses métodos às amostras de todos os horizontes de sete grandes-grupos de solos do Estado de São Paulo, permitiram as seguintes conclusões:

a - a água fervente extrai das amostras de solo uma quantidade de boro equivalente à assimilável pelas plantas;

b - pode-se utilizar apenas o método químico para a avaliação do boro assimilável do solo para fins de adubação.

## SUMMARY

### A COMPARISON OF THE CHEMICAL AND BIOLOGICAL METHODS FOR THE EVALUATION OF AVAILABLE BORON CONTENTS IN SOILS

This paper deals with a comparison of two methods used for the evaluation of available boron contents in soils with the objective of selecting the most practical one.

The methods studied are:

a - chemical method according to BERGER & TRUOG (1940) and DIBLE *et alii* (1954);

b - biological procedure with sunflower (*Helianthus annus* L.), according to COLWELL (1943).

The application of these methods in samples from all the horizons of 7 typical soil profiles occurring in the State of São Paulo, Brazil, led to the following conclusions:

a - boiling water extracts boron from soil samples in equivalent amount to that absorbed by plants;

b - chemical method can be used for available boron survey and fertilization purposes.

#### LITERATURA CITADA

- BERGER, K.C. & E. TRUOG, 1940. Boron deficiencies as revealed by soil and plant test. **Agron. Journ.** 32: 297-301.
- COMISSÃO DE SOLOS, 1960. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo**. Ministério da Agricultura, Bol. 12.
- COLWELL, W.F., 1943. A biological method for determining the relative boron content of soils. **Soil Sci.** 56: 71-94.
- DEL RIO, J.F.S. & E.S. BORNEMISZA, 1961. **Análisis químico de suelos. Métodos de laboratorio para diagnosis de fertilidad**, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, Costa Rica.
- DIBLE, W.T., E. TRUOG & K.C. BERGER, 1954. Boron determination in soils and plants. Simplified curcumin procedure. **An. Chem.** 26: 418-421.
- FRANCO, C.M. & H.C. MENDES, 1953. Deficiência de microelementos em cafeeiro. **Superintendência dos Serv. do Café. Bol.** 28: 19-22.
- HOAGLAND, D.R. & D.I. ARNON, 1950. The water-culture method for growing plants without soil, College of Agriculture, Univ. Calif., Circ. 347.
- JACKSON, M.L., 1958. **Soil chemical analysis**, Prentice-Hall Inc., N.Y.
- KATALYMOV, M.V. & S.I. RYABOVA, 1958. Content and methods of determination of soluble boron in soils. **Soviet Soil Sci.** 8: 863-867.
- PEECH, M. & T. GREWELING, 1960. Chemical soil tests, Bull. 960, Cornell University, Agron. Exp. Esta., Ithaca, N.Y.
- SHUSTER, C.E. & R.E. STEPHENSON, 1940. Sunflower as an indicator plant of boron deficiency in soils. **Journ. Amer. Soc. Agron.** 32: 607-621.