

INFLUÊNCIA DO BORO NO DESENVOLVIMENTO E
COMPOSIÇÃO MINERAL DO FEIJOEIRO
(*Phaseolus vulgaris* L.) *

I.P. OLIVEIRA **
E. MALAVOLTA ***

RESUMO

O desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) foi estudado observando nove cultivares em solução nutritiva. Equações de regressão da matéria seca permitiram conhecer a resposta diferencial dos cultivares em relação ao boro.

Análises minerais da matéria seca foram realizadas com o objetivo de conhecer o efeito de doses crescentes de boro no estado nutricional do feijoeiro.

INTRODUÇÃO

O boro é um elemento singular entre os micronutrientes, no que tange à estreita faixa de concentração no meio à qual

* Entregue para publicação em 10/09/1981.

Parte da tese de doutorado em Solos e Nutrição de Plantas apresentada pelo primeiro autor.

** Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão, EMBRAPA, GO.

*** Departamento de Química, ESA "Luiz de Queiroz" e Cena, USP.

muitas plantas estão restritas. Uma fração de parte por milhão pode ser exigida e algumas partes por milhão já podem ser tóxicas (EPSTEIN, 1975).

Plantas de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) deficientes em boro, segundo HOWELER (1978), possuem talos e folhas muito grossas com manchas amarelas e necróticas. As folhas tornam-se enrugadas e tendem a curvar-se para baixo, as gemas principais morrem e as laterais proliferam. Sob condições de severa deficiência, as plantas atrofiam e morrem rapidamente, poucos dias depois da germinação. O teor de boro nas folhas superiores das plantas deficientes é menor que 25 ppm. Os feijões pretos parecem ser mais susceptíveis à deficiência de boro que os de cor vermelha.

A toxicidade causada pelo boro produz amarelamento e margens necróticas nas folhas primárias. Geralmente ocorre devido a aplicações pesadas de boro ou quando aplicado próximo da semente, especialmente durante a época seca.

BATISTA *et alii* (1975) concluíram, em trabalhos com o feijoeiro, que o teor crítico de boro está em torno de 70 ppm em uma planta normal. Embora os teores variem entre as famílias, nas leguminosas são, geralmente, mais elevados. A época de plantio exerce grande influência na absorção e na concentração de micronutrientes no tecido. No plantio das águas, todas as partes analisadas, sem exceção, apresentavam maiores quantidades de micronutrientes, chegando a cinco vezes mais que nas plantas desenvolvidas na época da seca. O estágio de desenvolvimento da planta influi na concentração e na translocação de micronutrientes. Os teores mais elevados ocorrem aos 40 e 60 dias após a emergência das plântulas. O boro é praticamente absorvido durante todo o ciclo da planta.

BRAGA (1972) recomenda incluir micronutrientes na adubação do feijoeiro. A mistura de micronutrientes aplicada por GUAZZELLI *et alii* (1973), em campo de cerrado contendo boro, molibdênio e zinco, resultou em aumento, embora pequeno, na produção do feijoeiro.

A finalidade desta pesquisa é conhecer a necessidade diferencial dos cultivares em relação ao boro e o efeito deste elemento na concentração mineral da parte aérea do feijoeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas, no experimento, nove cultivares de feijão (C₁ = Jalo, C₂ = Mulatinho paulista, C₃ = Ricobaio 1014, C₄ = Roxo 760 Fg, C₅ = Jamapa, C₆ = Rio Tibagi, C₇ = Tambô, C₈ = Goiano precoce, C₉ = Porrillo sintético). As sementes foram germinadas em vermiculita umidecida com CaSO₄ 10⁻⁴ M (MALAVOLTA 1976). As plântulas permaneceram neste meio até o quinto dia após a emergência, quando, então, foram colocadas em solução nutritiva modificada, de HOAGLAND & ARNON Nº 2 (1950). Foram estudados três níveis de boro (0; 0,5 e 50 ppm).

As plantas permaneceram em solução nutritiva em pH 4,5-5,5 por um período de quatro semanas, com arejamento permanente. Após a colheita, as raízes foram lavadas uma vez com água de torneira e três vezes com água destilada (MALAVOLTA, 1976). As raízes foram destacadas da parte aérea, sendo ambas as partes acondicionadas em sacos de papel perfurados e colocadas em estufa à temperatura entre 70-80°C, por um período de doze horas.

Foram considerados os seguintes parâmetros para avaliação dos tratamentos: - peso da matéria seca da parte aérea (PSPA), peso da matéria seca da raiz (PSR), peso da matéria seca total (PST), altura das plantas (H), comprimento da raiz (CR) e composição mineral da parte aérea (P, Ca, Mg, K, B e Fe).

O boro foi determinado pelo processo colorimétrico curcumina-ácido oxálico, descrito por JONHSON & ULRICH (1959) e JACKSON (1964); o fósforo, por colorimetria, segundo REIS *et alii* (1978), em sistema de injeção de fluxo contínuo segmentado; o cálcio, o magnésio, o potássio e o ferro foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica em fluxo contínuo, conforme JORGENSEN (1977).

O delineamento empregado foi blocos ao acaso com quatro repetições, no esquema fatorial, sendo considerada uma planta por repetição.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeito do boro nos componentes de crescimento

Os resultados obtidos estão contidos nas Tabelas 1, 2 e 3. O efeito do boro para variedades foi observado nos seguintes componentes: altura da planta (H), comprimento da raiz (CR), peso seco da parte aérea (PSPA), peso seco da raiz (PSR) e peso seco total (PST).

A análise de variância mostrou efeito significativo do boro a 1% de significância em todos os componentes do crescimento, e os dados médios podem ser observados na Tabela 1. Os dados de peso seco total foram submetidos a análise de regressão e as equações de regressão encontram-se na Tabela 2.

Dentre os nove cultivares estudados, seis apresentaram produções máximas, em solução nutritiva, em concentrações de boro situados entre 24-25 ppm. Os resultados indicam que alguns cultivares mesmo em concentrações mais baixas de boro tem a produção prejudicada como ocorreram com os cultivares Mulatinho paulista, Jamapa e Goiano precoce. Estes resultados concordam com os princípios de EPSTEIN (1975) que relata ser o boro, muitas vezes, exigido em frações de partes por milhão e algumas partes por milhão já podem ser tóxicas à planta.

Efeito do boro na composição mineral

Os resultados obtidos pela análise química da matéria seca encontram-se na Tabela 3.

A dose de 0,5 ppm de boro mostrou a melhor concentração de cátions na matéria seca em comparação com os resultados obtidos e citados pela literatura consultada. Os resultados obtidos podem ser equiparados, com algumas, aos encontrados por HOWLER (1974). As oscilações verificadas entre as concentrações dos elementos acompanharam os efeitos das interações citadas por OLSEN (1972).

As concentrações de fósforo, magnésio, boro e ferro na matéria seca, embora tenham sido aumentadas com o aumento das concentrações de boro na solução, de acordo com HOWLER (1974), estes elementos encontram-se em concentrações acima da concentração normal encontrada no feijoeiro.

Tabela 1 - Resultados médios de quatro repetições dos níveis de boro sobre os componentes de crescimento: altura da planta (H) e comprimento da raiz (CR) em centímetros; peso seco da parte aérea (PSPA), peso seco da raiz (PSR) e peso seco total (PST) em gramas

Tratamentos	H	CR	PSPA	PSR	PST	
B ₀ 0 ppm	C ₁	21,750	20,250	0,765	0,105	0,870
	C ₂	21,500	20,500	0,905	0,135	1,040
	C ₃	31,750	17,250	0,667	0,097	0,765
	C ₄	27,500	23,500	0,882	0,117	1,000
	C ₅	31,000	26,000	1,142	0,115	1,257
	C ₆	22,250	18,250	0,557	0,065	0,622
	C ₇	17,500	13,250	0,462	0,040	0,500
	C ₈	12,750	10,250	0,517	0,075	0,592
	C ₉ \bar{x}	31,500 24,166	14,000 18,138	0,957 0,761	0,097 0,094	1,055 0,855
B ₁ 0,5 ppm	C ₁	40,500	34,500	0,957	0,155	1,112
	C ₂	49,500	34,500	0,935	0,150	1,085
	C ₃	48,250	35,250	1,620	0,200	1,817
	C ₄	43,000	43,750	1,737	0,322	2,060
	C ₅	59,500	42,000	1,187	0,270	1,457
	C ₆	28,250	31,500	0,757	0,112	0,870
	C ₇	35,750	32,250	0,892	0,172	1,065
	C ₈	20,500	20,750	0,350	0,052	0,402
	C ₉ \bar{x}	60,000 42,805	33,000 34,166	1,260 1,077	0,232 0,185	1,452 1,262
B ₂ 50 ppm	C ₁	15,000	13,750	0,227	0,042	0,270
	C ₂	12,250	15,250	0,145	0,010	0,155
	C ₃	14,500	15,000	0,135	0,027	0,162
	C ₄	13,500	16,000	0,200	0,060	0,260
	C ₅	15,000	15,000	0,130	0,017	0,147
	C ₆	11,500	13,250	0,097	0,012	0,110
	C ₇	13,250	9,500	0,112	0,015	0,127
	C ₈	12,750	11,250	0,122	0,018	0,140
	C ₉ \bar{x}	13,000 13,416	14,000 13,666	0,157 0,147	0,015 0,023	0,172 0,171

Tabela 2 - Equações de regressão dos dados de produção de matéria seca, parte aérea e raiz, das variedades selecionadas e submetidas aos tratamentos de boro

Variedade	Equações de regressão	R ²	B em ppm (x) para prod. max	Produção máxima (Y)
C1	$Y = 0,869999 + 0,490020B - 0,010040B^2$	0,9886**	24,403	6,849
C2	$Y = 1,066922 - 0,018233B$	0,9812**	-	-
C3	$Y = 0,764999 + 2,126383B - 0,042768B^2$	0,9856**	24,859	27,195
C4	$Y = 0,999999 + 2,141563B - 0,043127B^2$	0,9893**	24,828	27,586
C5	$Y = 1,350540 - 0,042042B$	0,9642**	-	-
C6	$Y = 0,622499 + 0,500103B - 0,010207B^2$	0,9907**	24,490	5,631
C7	$Y = 0,499999 + 1,141489B - 0,022978B^2$	0,9903**	24,838	14,676
C8	$Y = 0,499771 - 0,007214B$	0,8091**	-	-
C9	$Y = 1,045995 + 0,920375B - 0,018756B^2$	0,9867**	24,435	12,336

Significativo a 1%.

Tabela 3 - Teores médios de quatro repetições de fósforo, cálcio, magnésio, potássio, boro e ferro da parte aérea das variedades selecionadas, em relação aos níveis de boro usados

Tratamentos	%					ppm	
	P	Ca	Mg	K	B	Fe	
B ₀ 0 ppm	C ₁	1,880	1,330	1,080	0,660	92	18
	C ₂	2,010	2,100	1,030	1,070	92	42
	C ₃	1,840	2,000	0,700	1,160	68	32
	C ₄	1,970	2,390	0,800	1,200	72	51
	C ₅	1,890	2,340	1,150	1,070	100	24
	C ₆	1,910	1,970	0,750	0,900	92	26
	C ₇	1,880	1,980	0,750	0,910	100	25
	C ₈	1,860	1,130	1,070	0,790	84	28
	C ₉ x	1,860 1,900	1,780 1,891	1,050 1,931	0,810 0,952	56 86	38 32
B ₁ 0,5 ppm	C ₁	2,660	2,360	0,950	1,030	136	235
	C ₂	2,140	2,160	1,380	1,350	124	224
	C ₃	2,010	1,980	1,140	1,350	100	176
	C ₄	2,180	2,100	1,330	1,300	100	194
	C ₅	2,160	2,700	1,300	1,090	110	235
	C ₆	2,140	2,160	1,200	1,230	110	260
	C ₇	2,270	1,560	1,250	1,060	110	153
	C ₈	2,010	1,440	0,940	0,940	100	400
	C ₉ x	1,870 2,160	2,130 2,065	1,260 1,194	0,970 1,147	84 108	194 230
B ₂ 50 ppm	C ₁	3,500	1,360	2,110	0,840	400	1140
	C ₂	3,210	1,290	2,220	1,000	400	1335
	C ₃	3,250	1,190	2,200	0,970	352	1390
	C ₄	3,010	1,320	2,100	1,100	400	945
	C ₅	3,070	1,020	2,020	0,800	400	1025
	C ₆	3,260	1,280	1,890	0,850	400	926
	C ₇	3,240	1,170	2,040	0,920	400	676
	C ₈	3,070	0,850	1,670	0,860	352	1250
	C ₉ x	3,520 3,237	1,130 1,179	2,120 2,041	0,930 0,919	400 289	890 1086

RESUMO E CONCLUSÕES

Foram estudados, em solução nutritiva, nove cultivares, de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) observando os aspectos relacionados com o desenvolvimento e composição mineral da planta na presença de boro.

A análise dos dados obtidos permitiu tirar as seguintes conclusões:

- a) o boro teve influência no desenvolvimento do feijoeiro, afetando a altura da planta, o comprimento da raiz, o peso seco da parte aérea, o peso seco da raiz e o peso seco total;
- b) a análise de regressão do peso seco total mostrou comportamento diferencial dos cultivares na presença do boro;
- c) a dose de 0,5 ppm de boro na solução apresentou a concentração mineral de cations de matéria seca considerada ideal para o feijoeiro.

SUMMARY

INFLUENCE OF BORON ON GROWTH AND MINERAL COMPOSITION OF BEAN (*Phaseolus vulgaris* L.)

Nine cultivars of *Phaseolus vulgaris* L. were grown in nutrient solution to study the effect of boron on growth and mineral composition. Data obtained in this study allowed for the following conclusions:

- (1) high levels of boron affected plant height, root length, dry weight of tops, dry weight of root, and total dry weight;
- (2) regression analysis was used to point out differential behaviour among cultivars in relation to boron concentration in nutrient solution;

- (3) the best mineral concentration in the plant tissue was obtained with application of 0,5 ppm of boron in the nutrient solution

LITERATURA CITADA

- BATISTA, C.M.; BRUNE, W; BRAGA, J.M., 1975. Efeitos da população de plantas e da época de plantio no crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.): V - Absorção de micronutrientes. *Experimentiae* 19(3): 33-57.
- BRAGA, J.M., 1972. Resposta do Rico 23 à aplicação de enxofre boro e molibdênio. *Revista Ceres* 19(103): 222-227.
- EPSTEIN, E., 1975. **Nutrição Mineral das Plantas. Princípios e perspectivas**, Rio de Janeiro, Editora da Universidade de São Paulo, Livros Técnicos e Científicos, S.A., 341p.
- GUAZZELLI, R.J.; MENDES, J.F.; BAUWIN, G.R.; MILLER, F. S., 1973. Efeitos agrônômicos e econômicos do calcário, nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre e micronutrientes, nos rendimentos de soja, feijão e arroz em Uberaba, Minas Gerais. *Pesq. agr. bras.* 8: 29-37.
- HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I., 1950. **The water culture method for growing plants without soil**, Calif. Agr. Exp. Sta. (Cir. 347).
- HOWELER, R.H., 1974. **Análisis foliar de algunos cultivos tropicales**, Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT; Cali Colômbia, 30 p.
- HOWELER, R.H., 1978. Desordenes nutricionales. In: CIAT ed., **Problemas de campo en los cultivos de frijol em América Latina**, Cali, Centro Internacional de Agricultura Tropical, p.104-126.
- JACKSON, M.L., 1974. **Análisis químicos de suelos**, Englewood Cliffs, New Nersey, Prentice Hall, In, 576p.
- JAHSON, C.M.; ULRICH, A., 1959. **Analytical methods**, Calif. Agr. Exp. Sta. (Bull. 766).

- JORSENGEN, S.S., 1977. **Guia analítico; metodologia utilizada para análises químicas de rotina**, Piracicaba, CENA, 23p.
- MALAVOLTA, E., 1976. **Práticas de nutrição mineral de plantas**, Piracicaba, Depto. de Química, ESALQ, 65p.
- OLSEN, S.R., 1972. **Micronutrient interactions**, In: DINAUER, R.C., ed., **Micronutrients in Agriculture**, Madison, Soil. Sci. Soc. of America, Inc., p.243-261.
- REIS, B.F.; BERGAMIN Fº, H.; ZAGATTO, E.A.G.; KRUG, F.J., 1978. Merging zones in flow injection analysis. Part III. Spectrofotometric determination of aluminium in plant and soil material with sequential addition of pulsed reagents. *Anal. Chim. Acta* 97: 427-435.