

INFLUÊNCIA DO BORO NOS PARÂMETROS MORFOLÓGICOS E FISIOLÓGICOS DE CRESCIMENTO DO FEIJOEIRO¹

SEBASTIÃO A. DE OLIVEIRA², SALVADOR ALCALDE BLANCO³ e E. MARK ENGLEMAN⁴

RESUMO - Foi estudada a influência do boro no crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Cacahuete cultivado em solução nutritiva nas concentrações de 0,000; 0,005; 0,050 e 0,500 ppm de boro. A deficiência de boro afetou de maneira bastante pronunciada o desenvolvimento das raízes e o crescimento foliar e total das plantas. Através da taxa de assimilação aparente (TAA) observou-se que a deficiência de boro ocasionou um atraso nas atividades fotossintéticas, ao passo que outros parâmetros morfológicos e fisiológicos estudados não apresentaram resultados conclusivos sobre o papel do boro no desenvolvimento do feijoeiro.

Termos para indexação: nutrição mineral, deficiência de micronutrientes.

INFLUENCE OF BORON ON THE MORPHOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL GROWTH PARAMETERS OF BEAN

ABSTRACT - Effect of boron on *Phaseolus vulgaris* L. var. Cacahuete was studied in nutrient solutions containing 0.000; 0.005; 0.050 and 0.500 ppm of the element. The deficiency of boron affected root growth, leaf development and plant growth. Lower values of net assimilation rate (NAR) indicated reduced photosynthetic activity in the case of boron deficiency. No definite conclusions regarding the role of boron could be drawn on the basis of the other morphological or physiological parameters studied.

Index terms: plant nutrition, micronutrient deficiency.

INTRODUÇÃO

A maioria dos trabalhos realizados sobre a nutrição mineral do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), com vistas a aumentar a produção, referem-se principalmente à aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio (Centro Internacional de Agricultura Tropical 1976, Fontes et al. 1965, Vieira 1967).

Apesar de os macronutrientes serem requeridos em maiores quantidades pelas plantas, os micronutrientes são de fundamental importância para um perfeito crescimento dos vegetais, por participarem ativamente nos principais processos bioquímicos e fisiológicos, tais como: ciclo de Krebs, processos de fosforilação, síntese de carboidratos, lipídios, proteínas, etc. (Epstein 1972, Hewit & Smith 1974, Price et al. 1973, Richter 1972).

É sabido que, dentre os diferentes nutrientes, uma deficiência de boro no substrato pode afetar consideravelmente a produção (Hiroce et al. 1971). Entretanto, com relação ao cultivo do feijoeiro, é mínima a informação existente (Braga 1972).

Este experimento foi instalado com o intuito de observar a tendência no desenvolvimento do *Phaseolus vulgaris* L., em diferentes níveis de abastecimento com boro, sendo que os efeitos serão avaliados através de alguns parâmetros morfológicos e fisiológicos de crescimento.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, com quatro tratamentos de boro e quatro repetições, inteiramente casualizados. Utilizaram-se vasos de plástico de três litros de capacidade, pintados de preto e repintados com tinta de alumínio, nos quais foi colocada solução nutritiva, cuja composição química em ppm é a seguinte: $K^+ = 103$, $Ca^{+2} = 122$, $Mg^{+2} = 12$, $NO_3^- = 497$, $SO_4^{-2} = 48$, $H_2PO_4^- = 69$, $Fe^{+3} = 2$, $Mn^{+2} = 0,25$ e $Mo = 0,05$. Os tratamentos com boro foram: 0,000; 0,005; e 0,500 ppm.

No preparo das soluções nutritivas, empregou-se água destilada e deionizada em resina aniônica. As mesmas eram renovadas três vezes por semana, e o pH ajustado a 6,0 diariamente.

Antes da semeadura em vasos de plástico, de 250 ml de capacidade, as sementes foram tratadas com uma solu-

¹ Aceito para publicação em 10 de junho de 1981. Parte do trabalho de tese do primeiro autor apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de MS, em Solos.

² Químico, M.S., Dept^o Eng. Agrônômica, Univ. de Brasília, Caixa Postal 15.2958 - CEP 70919 - Brasília, DF.

³ Eng^o Agr^o Dr., Dept^o Solos, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

⁴ Botânico, Ph.D., Dept^o de Botânica, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

ção de cloreto de mercúrio a 0,2%, durante três minutos. Aos quinze dias após a semeadura, época na qual as plântulas apresentavam um par de folhas bem formadas, foi feito o transplante, utilizando-se três plantas para cada vaso.

Com a finalidade de analisar o efeito dos diferentes tratamentos de boro, foram feitas quatro amostragens: aos 28 dias (início da floração, primeiro período), 35 dias (plena floração, segundo período), 43 dias (início da formação das vagens, terceiro período) e aos 53 dias (crescimento ativo das vagens e formação dos grãos, quarto período). Em cada período, foi feita a coleta de três plantas por vaso para cada tratamento, a fim de serem avaliados a área foliar e o peso seco das folhas, talos e raízes.

Em cada estado fenológico, foram calculados os seguintes parâmetros de crescimento (Ascencio & Fargas 1973, Evans 1972).

a. Parâmetros fisiológicos

Taxa de crescimento relativo (TCR)

$$TCR = \frac{\ln PSTO_2 - \ln PSTO_1}{T_2 - T_1}$$

Taxa de crescimento relativo da área foliar (TCRF)

$$TCRF = \frac{\ln AF_2 - \ln AF_1}{T_2 - T_1}$$

Taxa de assimilação aparente (TAA)

$$TAA = TCR/RAF$$

b. Parâmetros morfológicos

Razão de peso foliar (RPF)

$$RPF = PST/PSO$$

Razão de área foliar (RAF)

$$RAF = AF/PSO$$

Área foliar específica (AFE)

$$AFE = AF/PSF$$

onde:

AF = área foliar

PSF = peso seco das folhas

PSTO = peso seco total

$T_2 - T_1$ = intervalo de tempo

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Fig. 1, 2 e 3, estão representados os resultados obtidos para o peso seco total, peso seco das

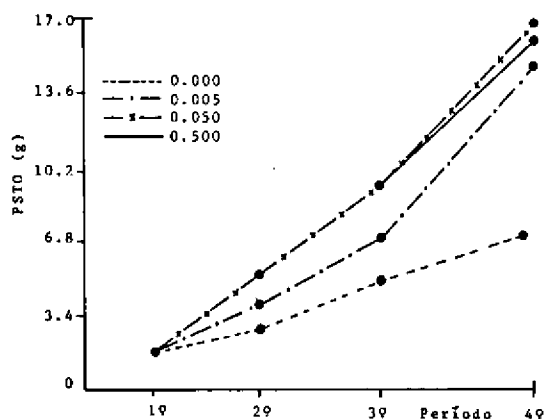


FIG. 1. Variação do peso seco total (PSTO) para os diferentes tratamentos com boro.

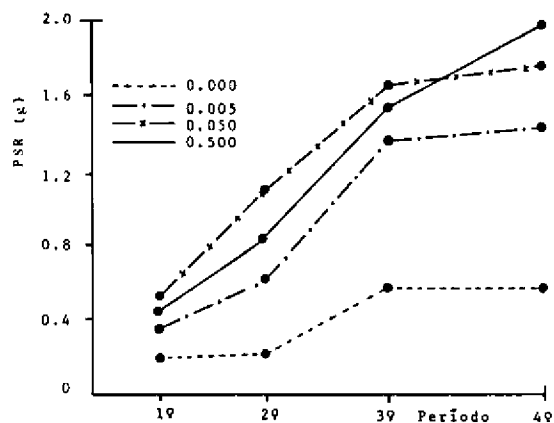


FIG. 2. Variação do peso seco das raízes (PSR) (g) para os diferentes tratamentos com boro.

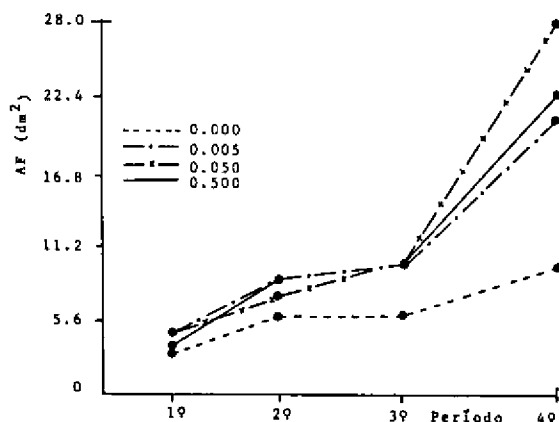


FIG. 3. Variação da área foliar (AF) (dm²) para os diferentes tratamentos com boro.

raízes e área foliar em função dos períodos, para os diferentes tratamentos com boro.

A deficiência de boro afetou severamente o desenvolvimento radicular (Fig. 2), como também o peso seco total (Fig. 1) e a expansão da lâmina foliar (Fig. 3), ao passo que para os outros tratamentos com boro, tais parâmetros se comportaram de maneira semelhante. A paralisação do crescimento radicular ocasionada por uma deficiência de boro foi descrita pela primeira vez por Warington (1923), em seu trabalho de mestrado realizado na estação experimental de Rothamsted (Inglaterra).

Com o intuito de obter uma melhor exatidão na interpretação dos resultados sobre crescimento, alguns pesquisadores (Ascencio & Fargas 1973, Ascencio & Sgambatti 1975, Xavier 1976) utilizaram certos parâmetros morfológicos e fisiológicos, os quais serão discutidos a seguir.

Taxa de crescimento relativo. Como se pode observar na Fig. 4, a quantidade de gramas de material vegetal produzida por grama de matéria seca por dia tende a aumentar até o segundo período, exceto para o tratamento sem boro, para o qual diminui durante todo o transcurso do experimento. Ademais, observa-se que os tratamentos 0,050 e 0,500 ppm de boro foram os que apresentaram as maiores médias de crescimentos relativos, com 0,10 e 0,09 g/g/período, respectivamente. Para os tratamentos 0,005 e 0,000 ppm B, os valores médios

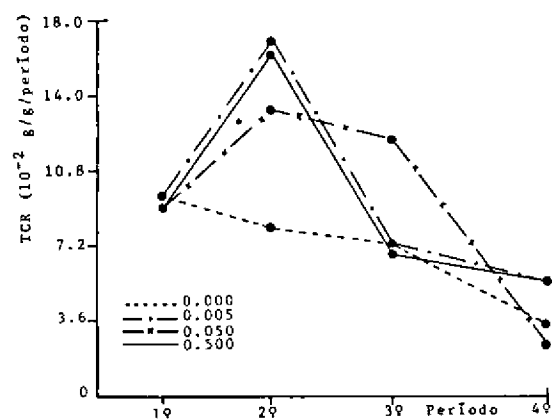


FIG. 4. Variação da taxa de crescimento relativo (TCR) (g/g/período) para os diferentes tratamentos com boro.

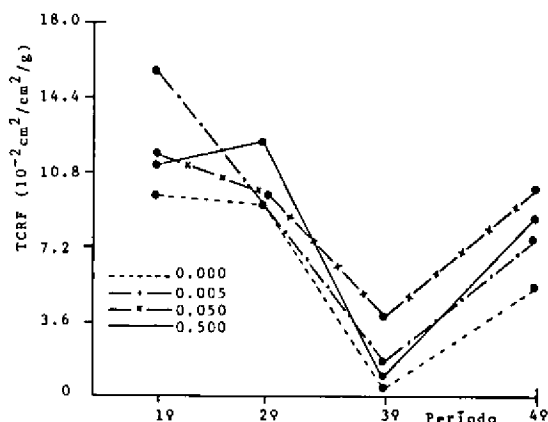


FIG. 5. Variação da taxa de crescimento relativo da área foliar (TCRF) (cm²/cm²/g) para os diferentes tratamentos com boro.

foram de 0,08 e 0,07 g/g/período, respectivamente. Os resultados aqui obtidos são comparáveis com os relatados por Ascencio & Fargas (1973), para o feijoeiro var. Turrialba-4.

Taxa de crescimento relativo da área foliar. O aumento na superfície foliar por centímetro quadrado de folha por tempo tende a diminuir até o terceiro período, passando a subir bruscamente entre o terceiro e o quarto períodos (Fig. 5). Esse incremento é explicável, porque até o terceiro período a expansão da área foliar se manteve quase constante, aumentando notavelmente a partir desse terceiro período. As causas que ocasionaram esse efeito são desconhecidas; possivelmente foram devidas às variações climáticas.

Em média, o crescimento relativo da área foliar foi de 0,10; 0,09; 0,09 e 0,06 cm²/cm²/período, para os tratamentos 0,500; 0,050; 0,005 e 0,000 ppm de B, respectivamente. Mediante esse parâmetro de crescimento, conclui-se que a deficiência de boro traz como conseqüência uma diminuição na expansão da lâmina foliar, visto que, em todas as épocas analisadas, o tratamento sem boro apresentou os menores valores para a TCRF.

Taxa de assimilação aparente. Na Fig. 6, observa-se a variação na eficiência de conversão da energia solar por centímetro quadrado de área foliar, medida através da TAA. Este parâmetro é um bom

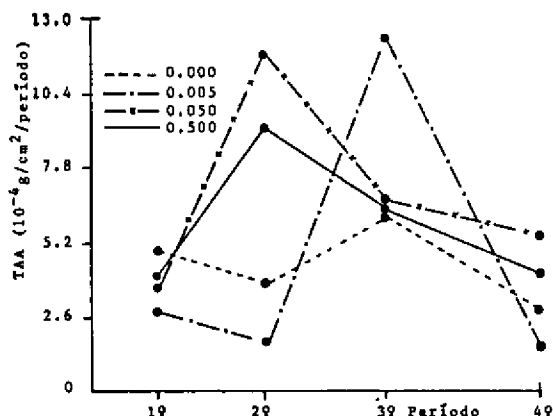


FIG. 6. Variação da taxa de assimilação aparente (TAA) ($\text{g}/\text{cm}^2/\text{período}$) para os diferentes tratamentos com boro.

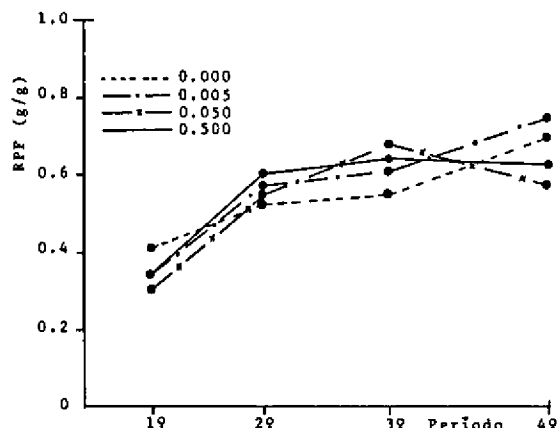


FIG. 7. Variação da razão de peso foliar (RPF) (g/g) para os diferentes tratamentos com boro.

indicador do "incremento em material vegetal por unidade de tempo" (Radford 1967).

Os tratamentos 0,050 e 0,500 ppm de B apresentaram as maiores taxas de assimilação no segundo período, enquanto que para os tratamentos 0,000 e 0,005 ppm de B, elas só se verificaram no terceiro período. O atraso observado para os tratamentos deficientes em boro se traduz em uma baixa atividade fotossintética, considerando-se que esta afeta o metabolismo e o transporte dos carboidratos, e, conseqüentemente, o desenvolvimento das plantas.

Alguns pesquisadores (Gauch 1973, McIlrath & Skok 1964, Whittington 1957) relatam estar o boro envolvido nos processos de fotossíntese, síntese e transporte de carboidratos, como também em outros processos bioquímicos.

Razão de peso foliar. A variação no peso seco das folhas em relação ao peso seco total em diferentes estados fenológicos se deve a uma distribuição diferenciada dos fotossintatos, que ocasiona um aumento na produção das folhas, como também dos outros órgãos.

Para o feijoeiro var. Cacahuete, a razão de peso foliar (Fig. 7) comportou-se de maneira semelhante para todos os tratamentos. O peso seco das folhas e o peso seco total apresentaram incrementos simultâneos.

Razão de área foliar. Observa-se, na Fig. 8, que a razão de área foliar tende a diminuir de forma

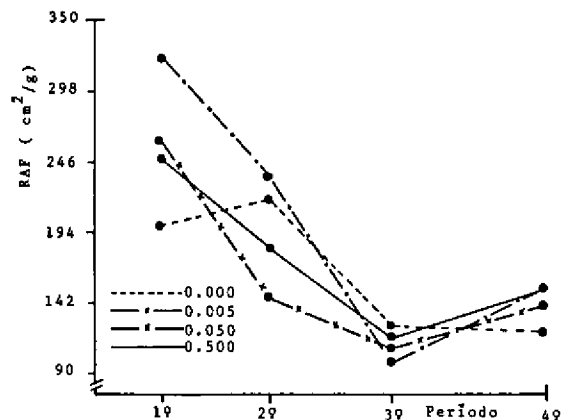


FIG. 8. Variação da razão de área foliar (RAF) (cm^2/g) para os diferentes tratamentos com boro.

semelhante para todos os tratamentos de boro até o terceiro período, subindo ligeiramente no intervalo do terceiro ao quarto período. Esta diminuição se deve a que o aumento em peso seco da planta é proporcionalmente maior que a expansão da lâmina foliar.

O tratamento de 0,005 ppm de B foi o que apresentou o maior valor médio para a razão de área foliar ($205,8 \text{ cm}^2/\text{g}$), seguido dos tratamentos 0,500 e 0,000 ppm de B, com $172,1$ e $165,1 \text{ cm}^2/\text{g}$, respectivamente. O menor valor médio foi observado para o tratamento 0,050 ppm de B ($156,9 \text{ cm}^2/\text{g}$), donde se conclui que o incre-

mento em peso seco total da planta foi maior que a expansão da área foliar, possivelmente por causa de uma maior formação de fotossintatos.

Área foliar específica. Esse parâmetro expressa o crescimento da lâmina foliar em função do peso seco da folha, o qual, tomado ao inverso, é uma medida da espessura da folha. Na Fig. 9, observa-se que a área foliar específica tende a diminuir com o aumento da idade da planta, notando-se diferenças marcantes apenas no primeiro período. Esta diminuição se deve ao fato de, com o desenvolvimento da planta, o incremento em peso seco das folhas ser maior que o crescimento da área foliar, ocasionado por uma maior formação de produtos de reserva.

Para os tratamentos 0,005; 0,050 e 0,500 ppm de B, os valores médios para a área foliar específica foram de 382,3; 337,0 e 364,1 cm^2/g , respectivamente, enquanto que para o tratamento sem boro, este valor foi de 332,3 cm^2/g .

Durante o transcurso do experimento, pôde-se observar claramente que as folhas das plantas do tratamento sem boro apresentavam-se com uma coloração verde-escura, encurvadas para baixo, quebradiças e ásperas ao tato.

Esta maior espessura possivelmente se deve à polimerização da glicose e amido nas folhas, visto que a translocação da mesma para os outros órgãos se encontrava prejudicada pela obstrução dos vasos de condução, causados por uma deficiência de boro (Gauch 1973).

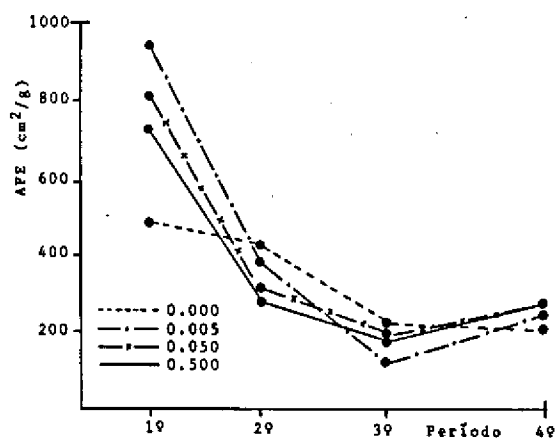


FIG. 9. Variação da área foliar específica (AFE) (cm^2/g) para os diferentes tratamentos com boro.

CONCLUSÕES

1. A deficiência de boro afetou severamente o crescimento radicular, e, por conseguinte, a área foliar e o peso seco total.

2. Os tratamentos deficientes em boro (0,000 e 0,005 ppm de B) apresentaram um atraso nas atividades fotossintéticas, medido através da taxa de assimilação aparente, em comparação com os demais tratamentos.

3. Os parâmetros, taxa de crescimento relativo da área foliar, razão de peso foliar, razão de área foliar e área foliar específica, se comportaram de maneira semelhante para todos os tratamentos com boro, durante o transcurso do experimento, ao passo que a taxa de crescimento relativo apresentou os menores resultados para o tratamento 0,000 ppm de boro, em todos os períodos analisados.

REFERÊNCIAS

- ASCENCIO, J. & FARGAS, J.E. Análisis del crecimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L. var. Turrialba-4) cultivado en solución nutritiva. Turrialba, 23(4): 420-8, 1973.
- ASCENCIO, J. & SGAMBATTI, L. Análisis de crecimiento de tres cultivares de caraotes venezolanos (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Coche, cv. Cubagua, cv. Tacarigua) en condiciones de campo. Agric. Tropical, 25(2): 125-47, 1975.
- BRAGA, J.M. Resposta do feijoeiro Rico-23 à aplicação de enxofre, boro e molibdênio. R. Ceres, 19(103): 222-6, 1972.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, Cali, Colômbia, Sistemas de producción de frijol. Informe Anual, 1976. 91p.
- EPSTEIN, E. Mineral nutrition of plants: principles and perspectives. New York, John Wiley & Sons, 1972.
- EVANS, C.E. The quantitative analysis of plant growth. Berkeley, Univ. California Press, 1972.
- FONTES, L.A.; GÓMEZ, F.R. & VIEIRA, L. Resposta do feijoeiro à aplicação de NPK e calcário na Zona da Mata, Minas Gerais. R. Ceres, 12: 265-85, 1965.
- GAUCH, H.G. Inorganic plant nutrition. Philadelphia, Hutchinson and Ross, 1973.
- HEWITT, E.J. & SMITH, T.A. Plant mineral nutrition. London, The English Universities Press, 1974.
- HIROCE, R.; GALLO, J.R. & NÓBREGA, S.A. Deficiência de boro em batatinha cultivada em solo orgânico do Vale do Paraíba. Bragantia, Campinas, 30: V-VII, 1971.
- MCILRATH, E.J. & SKOK, J. Distribution of boron in tobacco plants. Physiol. Plantarum, 17: 839-45, 1964.

- PRICE, C.A.; CLARK, H.E. & FUNKHOUSE, E.A. Functions of micronutrients in plants. In: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M. & LINDSAY, W.L. Micronutrients in agriculture. Madison, Soil Sci. Soc. of America, Inc., 1973. p.231-9.
- RADFORD, P.J. Growth analysis formulae - their use and abuse. *Crop Sci.*, 7(3):171-5, 1967.
- RICHTER, J.R. Fisiología del metabolismo de las plantas. México. Comp. Editorial Continental S.A., 1972.
- VIEIRA, C. O feijão comum; Cultura, doença e melhoramento. Viçosa. UFV, 1967.
- XAVIER, F.E. Análise de crescimento de quatro cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em duas épocas de plantio, em Viçosa, Minas Gerais. Viçosa, UFV, 1976, 27p.
- WARINGTON, K. The effect of boric acid and borax on the broad bean and certain other plants. *Ann. Bot.*, 37:629-72, 1923.