

# ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS NO CAULE DE FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L. cv Carioca) CAUSADAS POR DIFERENTES NÍVEIS DE BORO, NA SOLUÇÃO NUTRITIVA<sup>1</sup>

Marina Moraes-Dallaqua<sup>2</sup>

Celia Massa Beltrati<sup>3</sup>

José Figueiredo Pedras<sup>2</sup>

## INTRODUÇÃO

O desenvolvimento e o rendimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) são seriamente afetados quando ocorre deficiência de algum elemento essencial, sendo a deficiência de boro bastante característica (MALAVOLTA, E. *et al.*, 1980a). Numerosos estudos sobre a ação fisiológica do boro têm sido realizados, desde que sua essencialidade em plantas foi comprovada (WARINGTON, 1923; LOVATT *et al.*, 1981; SHELP *et al.*, 1995).

Tendo em vista a baixa produtividade mostrada pelo feijoeiro no Brasil (XAVIER, 1976), salienta-se a importância do conhecimento das características de crescimento de plantas de feijão na obtenção de cultivares mais produtivos.

Entre os sintomas típicos da carência de boro em plantas, destacam-se crescimento limitado, morte da gema apical e brotamento das gemas laterais, ausência ou anormalidade na diferenciação vascular, principalmente em relação ao floema, e a necrose do ápice radicular (HEWITT, 1963; HOWELER *et al.*, 1978; MARSCHNER, 1986).

---

<sup>1</sup> Parte da Tese de Doutorado da primeira autora apresentada ao IB/UNESP, Campus de Rio Claro.

<sup>2</sup> Dep. de Botânica, IB, UNESP, Caixa Postal 510, 18618-000, Botucatu, SP.

<sup>3</sup> Dep. de Botânica, IB, UNESP, Caixa Postal 199, 13506-900, Rio Claro, SP.

Assim sendo, a proposta deste trabalho foi estudar as alterações morfológicas no caule do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv Carioca), com utilização de três diferentes níveis de boro na solução nutritiva. Estas alterações foram avaliadas em três estágios sucessivos de desenvolvimento da planta, no decorrer de seu ciclo.

## MATERIAL E MÉTODOS

No presente trabalho, foram utilizadas sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv Carioca) procedentes da Estação Experimental de Votuporanga, do Instituto Agrônomo de Campinas - SP. Este cultivar apresenta crescimento indeterminado e ciclo vegetativo ao redor de 90 dias (ALMEIDA et al., 1971). O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Departamento de Botânica do Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu - SP.

Para obtenção das plantas, as sementes foram desinfectadas e colocadas para germinar segundo técnica usual (MALAVOLTA et al., 1980b). As sementes germinadas foram transferidas para bandejas de polietileno, com quartzo moído, umedecido diariamente com água desmineralizada. Assim que as plântulas começaram a perder os cotilédones, foram transplantadas para bandejas, com solução nutritiva diluída a 1/5, com os diferentes níveis de boro, correspondentes aos tratamentos estabelecidos.

A solução nutritiva empregada foi a de nº 2 (HOAGLAND & ARNON, 1950). A partir desta solução, com 0,50 ppm de boro, foram estabelecidos os tratamentos, com três diferentes níveis de boro, que foram os seguintes:  $T_{0,50}$  (testemunha),  $T_{0,25}$  (0,25 ppm de boro) e  $T_0$  (sem boro). No decorrer do experimento, o pH das soluções nutritivas foi mantido em torno de 6,0, tendo sido realizada sua renovação por três vezes.

As plantas foram transferidas para vasos de polietileno com as soluções nutritivas, submetidas a arejamento permanente. Dos

tratamentos utilizados ( $T_0$ ,  $T_{0,25}$  e  $T_{0,50}$ ), cada um com 4 repetições, em experimento inteiramente casualizado, foram realizadas três amostragens, durante o ciclo do vegetal, distribuídas como se segue: **COLETA I** (20 dias após o transplante), **COLETA II** (40 dias após o transplante), **COLETA III** (60 dias após o transplante).

Para o estudo anatômico, o material vegetal foi inicialmente submetido a bomba de vácuo e, então, fixado em FAA 50 (JOHANSEN, 1940) por 48 horas e estocado em álcool 70%, desidratado em série etílica ascendente, infiltrado e incluído em parafina (SASS, 1951).

As secções transversais da região mediana do primeiro entrenó desenvolvido a partir do ápice, e longitudinais medianas do ápice caulinar, com espessura entre 8 e 16  $\mu\text{m}$ , foram obtidas em micrótomo rotativo. A seguir, foram desparafinizadas em xilol, coradas com Safranina "Fast Green - FCF" e montadas em resina sintética Permout (JOHANSEN, 1940). Para detectar amido foi empregado reagente de Lugol (SASS, 1951); Floroglucina em meio ácido (JOHANSEN, 1940) para o reconhecimento de lignina; Cloreto Férrico (JOHANSEN, 1940) para detectar taninos e outros compostos fenólicos.

As ilustrações foram feitas através de fotomicrografias obtidas em fotomicroscópio. Para obtenção das escalas, uma lâmina micrométrica foi fotografada, e ampliada nas mesmas condições ópticas utilizadas.

## RESULTADOS

### Coleta I - Início do crescimento vegetativo

O ápice caulinar das plantas testemunha, em secção longitudinal mediana, apresenta-se em forma de domo, sendo organizado em túnica e corpo (**Figura 1**). A túnica constitui-se de duas camadas de células, com citoplasma denso (**Figura 2**).

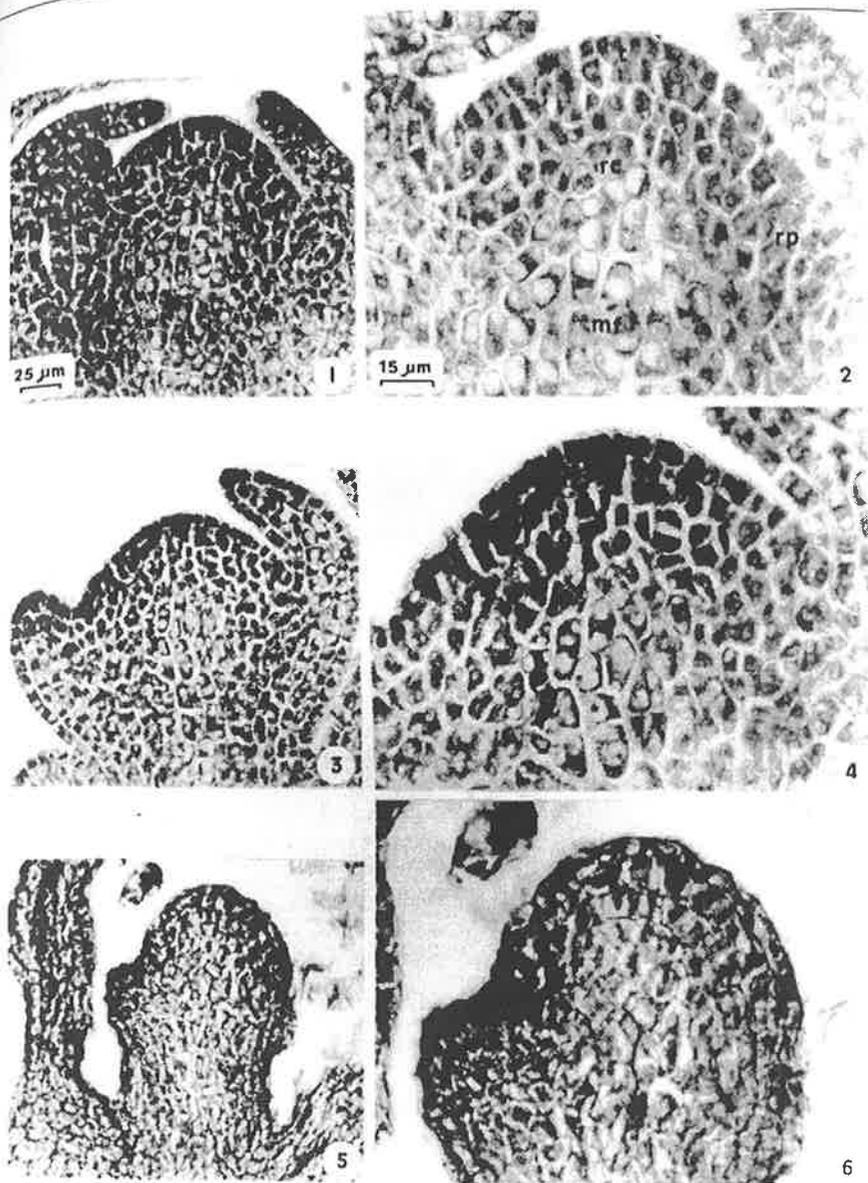
O corpo apresenta células de vários formatos e tamanhos, com diferentes graus de vacuolização e planos de divisão, definindo as regiões central, com células isodiamétricas dividindo-se em vários planos; periférica, constituída de células menores dividindo-se mais intensamente; e logo abaixo da região central, o meristema fundamental que dará origem ao parênquima medular, com células mais alongadas e vacuolizadas (**Figura 2**).

O primeiro entrenó do eixo caulinar, a partir do ápice, em secção transversal passando por sua região mediana, já mostra início de crescimento secundário. Apresenta epiderme unisseriada, constituída de células retangulares, de paredes delgadas, de natureza celulósica e revestida por cutícula delgada (**Figura 7**). Na epiderme ocorrem tricomas simples, multicelulares, unisseriados e tricomas glandulares capitados.

O córtex é constituído por uma faixa contínua de colênquima angular, com espessamentos pouco acentuados, contendo cloroplastos. A camada mais interna do córtex, consta de células justapostas, ricas em grãos de amido, formando uma bainha amilífera típica (**Figura 8**). Internamente a essa bainha, distinguem-se algumas camadas de células poligonais, de paredes delgadas (**Figura 8**), que sofrem um progressivo espessamento e lignificação.

No cilindro vascular, os tecidos encontram-se em diferenciação, sendo que as células do xilema dispõem-se em séries radiais (**Figura 7**). A faixa cambial contínua é bem distinta entre os elementos xilemáticos e floemáticos. O centro do órgão é ocupado por parênquima medular, constituído de células isodiamétricas, de paredes delgadas (**Figura 7**), contendo grãos de amido.

As plantas submetidas a 0,25 ppm de boro, na solução nutritiva, apresentam o ápice vegetativo (**Figuras 3 e 4**) e a região mediana do primeiro entrenó (**Figuras 9 e 10**) organizados na mesma forma que nas plantas testemunha.



Figuras 1 - 6. Secções longitudinais medianas de ápices caulinares de *Phaseolus vulgaris* L. cv Carioca. Coleta I. 1-2:  $T_{0,50}$ ; 3-4:  $T_{0,25}$ ; 5-6:  $T_0$  - mostrando o ápice caulinar desorganizado. (mf - meristema fundamental; pf - primórdio foliar; rc - região central; rp - região periférica; t - túnica).

Nas plantas submetidas à omissão de boro, na solução nutritiva, ao contrário das anteriormente descritas, o ápice caulinar apresenta-se de forma mais alongada, estando o primeiro primórdio foliar situado à distância de 69  $\mu\text{m}$  da extremidade do ápice (**Figura 5**).

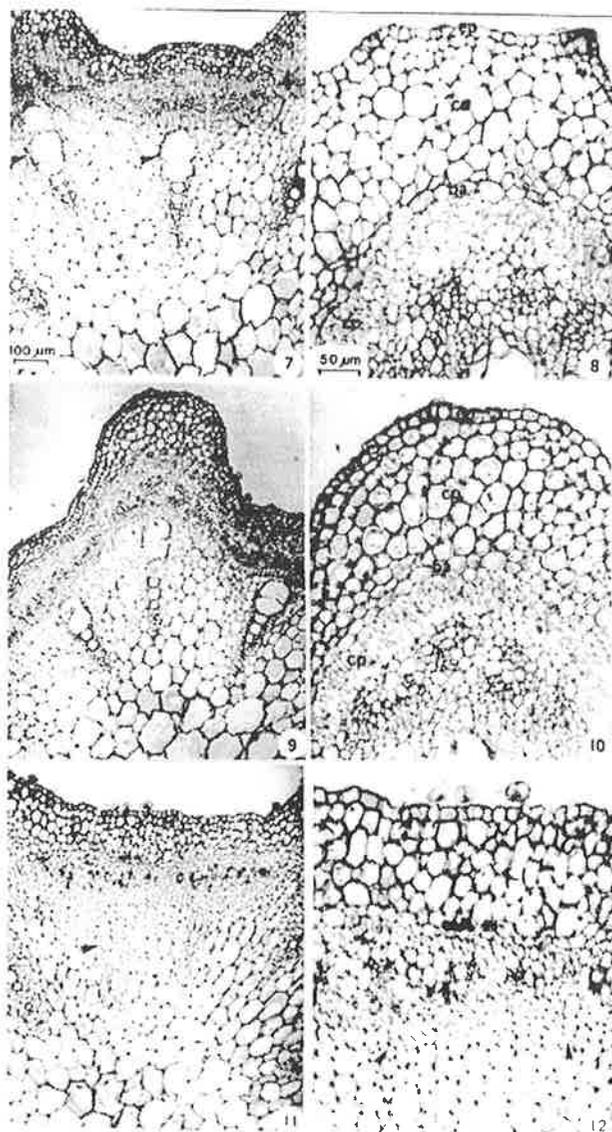
O meristema apical não se encontra organizado de maneira típica em túnica e corpo (**Figura 6**). As células que constituem a camada externa do ápice são tangencialmente alongadas, e pouco vacuolizadas. As camadas de células subjacentes são de vários formatos e tamanhos, apresentando diferentes graus de vacuolização, paredes delgadas e irregulares, sem núcleos evidentes.

Na região mediana do primeiro entrenó, em secção transversal (**Figura 11**), observa-se que não existe uma nítida diferenciação dos tecidos vasculares, não se notando o início de crescimento secundário nessa fase do desenvolvimento contrariamente ao descrito para as plantas dos demais tratamentos.

A epiderme e o córtex encontram-se organizados (**Figura 12**), mas são pouco distintas as camadas de células poligonais, situadas internamente à bainha amilífera, observadas nas plantas testemunha. Os elementos xilemáticos presentes, são de origem primária, não sendo distintas as células cambiais, que dariam origem aos elementos do xilema secundário (**Figuras 11 e 12**).

### Coleta II - Início de florescimento

Na ocasião desta coleta, o feijoeiro já se encontrava em fase inicial de florescimento, mas o ápice vegetativo, tanto das plantas testemunha, quanto das plantas submetidas a 0,25 ppm de boro na solução nutritiva, apresenta nítida organização em túnica e corpo, como o descrito para as plantas, dos mesmos tratamentos, na coleta anterior (**Figuras 13 e 14**).



**Figuras 7 - 12.** Secções transversais medianas do primeiro entrenó do caule, a partir do ápice caulinar, de *Phaseolus vulgaris* L. cv Carioca. Coleta I. **7-8:**  $T_{0,50}$  - elemento de vaso do xilema secundário em formação (setas); **9-10:**  $T_{0,25}$ ; **11-12:**  $T_0$  - desorganização das células cambiais (setas). (ba - bainha amilífera; co - colênquima; cp - células poligonais; ep - epiderme; f - floema).

Constata-se também que, na testemunha, a região mediana do primeiro entrenó, em secção transversal, tem a mesma estrutura observada para as plantas submetidas a 0,25 ppm de boro na solução nutritiva (**Figuras 16 e 17**). Na epiderme são observadas as células basais dos tricomas os quais se encontram rompidos e, na região do floema, verifica-se a presença de dutos taníferos (**Figuras 16 e 17**).

Nas plantas, submetidas à omissão de boro, na solução nutritiva, amostradas nessa coleta, observa-se que o ápice vegetativo se encontra parcialmente necrosado, e é constituído de células rompidas e colapsadas, que se mostram intensamente coradas (**Figura 15**).

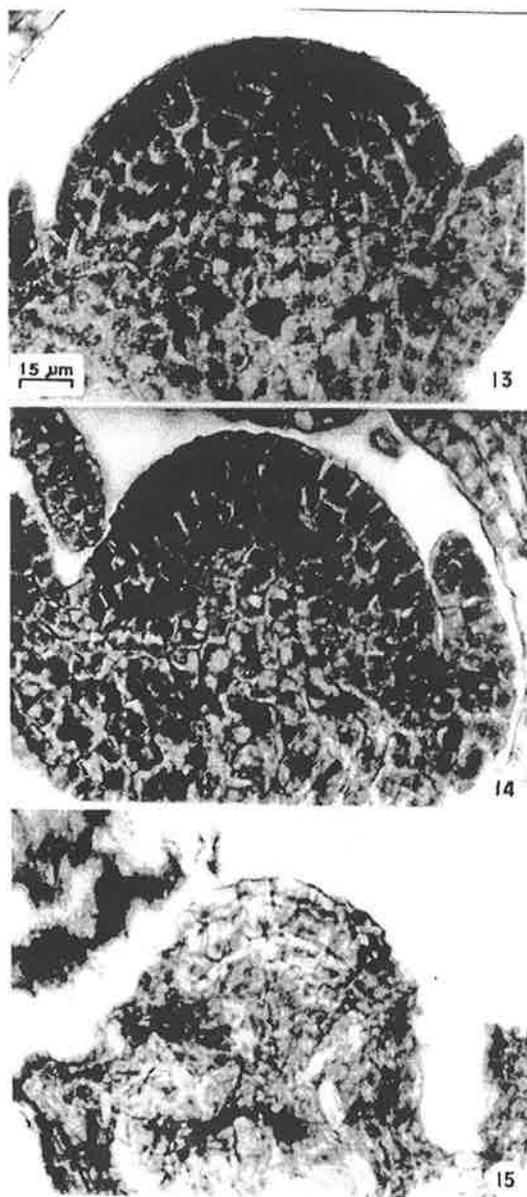
A secção transversal da região mediana do primeiro entrenó mostra que o órgão se encontra hipertrofiado. O córtex mostra células de formatos variados, com paredes delgadas, sendo que as células que constituem a bainha amilífera encontram-se colapsadas (**Figura 18**).

Na região do cilindro vascular não se observa uma nítida diferenciação dos elementos floemáticos, ocorrendo apenas células radialmente alongadas. Na região correspondente às fibras do protofloema observa-se apenas uma faixa de pequenas células de paredes finas e parcialmente colapsadas.

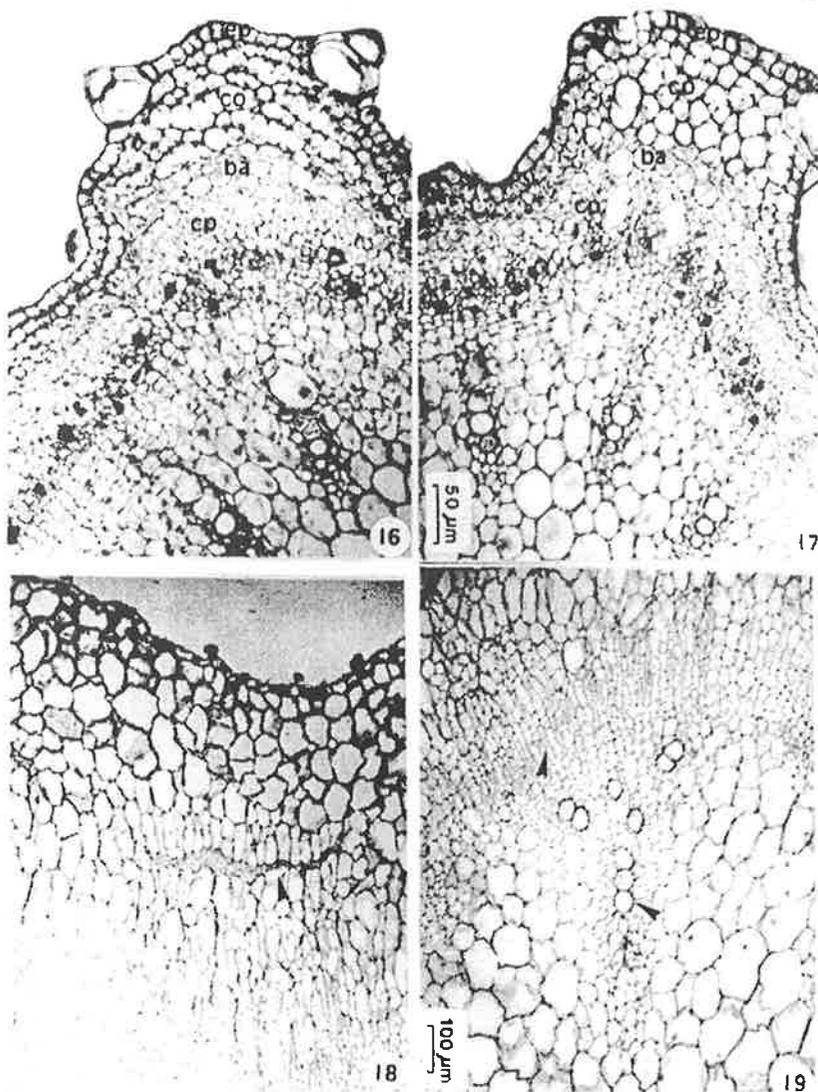
A camada cambial é também pouco distinta (**Figura 19**). Os escassos elementos xilemáticos formados apresentam paredes delgadas e pouco lignificadas, enquanto que o centro do órgão é preenchido por células parenquimáticas hipertrofiadas, contendo grãos de amido em abundância (**Figura 19**).

### **Coleta III - Amadurecimento dos frutos**

Nesta amostragem, as plantas submetidas a omissão de boro já se encontravam mortas, enquanto que as submetidas a  $T_{0,50}$  e  $T_{0,25}$  encontram-se em fase final de ciclo, com produção de sementes, estando algumas já em processo de senescência, com ápices transformados em gemas floríferas. A secção transversal da região mediana do primeiro entrenó mostra que as plantas já se encontram em crescimento secundário.



**Figuras 13 - 15.** Secções longitudinais medianas de ápices caulinares de *Phaseolus vulgaris* L. cv Carioca. Coleta II. 13: T<sub>0,50</sub>; 14: T<sub>0,25</sub>; 15: T<sub>0</sub> - ápice caulinar parcialmente necrosado.



**Figuras 16 - 19.** Secções transversais medianas do primeiro entrenó, a partir do ápice caulinar de *Phaseolus vulgaris* L. cv Carioca. Coleta II. **16:**  $T_{0.50}$  - setas indicam dutos taníferos; **17:**  $T_{0.25}$  - setas indicam dutos taníferos; **18:**  $T_0$  - células da bainha amilífera colapsadas (setas); **19:**  $T_0$  - células cambiais e vasos xilemáticos (setas). (**ba** - bainha amilífera; **co** - colênquima; **cp** - células poligonais; **cp** - epiderme; **f** - floema).

## DISCUSSÃO

### **T<sub>0,50</sub> (testemunha) e T<sub>0,25</sub> (nível intermediário)**

O meristema apical do caule é originado no embrião em desenvolvimento e pode, subsequentemente, sofrer consideráveis alterações no tamanho, forma e taxa de crescimento (CUTTER, 1965).

As características anatômicas do ápice caulinar de *Phaseolus vulgaris* L. cv Carioca, utilizado no presente estudo, enquadram-se na teoria túnica-corpo (SCHIMIDT, 1924). A organização do corpo está de acordo com o descrito para o cultivar BBL 290 (SILVA, 1989) e para *Glycine max* L. (SUN, 1957).

As descrições feitas a respeito do efeito do boro sobre o desenvolvimento caulinar, baseiam-se em aspectos morfológicos, sendo poucos os trabalhos que se referem à anatomia (PALSER & McILRATH, 1956, ODHNOFF, 1957, KOUCHI & KUMAZAWA, 1975). Foi constatado que as plantas utilizadas neste trabalho, quando submetidas a 0,25 ppm de boro na solução nutritiva, não diferiram das plantas testemunha em termos de organização do ápice e do primeiro entrenó durante todo o seu desenvolvimento.

### **T<sub>0</sub> (omissão de boro)**

No presente experimento, quando comparadas à testemunha, as plantas de feijão submetidas à omissão de boro, na solução nutritiva, já no início do crescimento vegetativo, apresentaram distúrbios na organização apical do caule, com alterações na formação dos primórdios foliares e impedimento do crescimento do caule principal, afetando a formação de ramos. Outros autores (KOUCHI & KUMAZAWA, 1975) obtiveram resultados semelhantes em plantas de tomate e girassol carentes de boro.

Esses sintomas se acentuaram na Coleta II, provocando a necrose do ápice caulinar, vindo confirmar a importância do boro para manutenção da atividade meristemática, citada na literatura. Além disso, a capacidade do borato de formar complexos com ácidos fenólicos (LEE & ARONOFF, 1967), sugeriu que a síndrome bioquímica, decorrente da omissão de boro nas plantas, é o acúmulo de compostos fenólicos, parecendo esta ser a causa imediata da necrose.

No caule, em secção transversal passando pela região mediana do primeiro entrenó, verificou-se na Coleta I, que no tratamento omisso, contrariamente ao observado nos demais tratamentos, não ocorreu nítida diferenciação dos tecidos vasculares. Na amostragem subsequente, o órgão se mostrou hipertrofiado, preenchido centralmente por células parenquimáticas com paredes delgadas, com grãos de amido em abundância. Estes resultados confirmam os obtidos no caule do tomateiro (PALSER & McILRATH, 1956).

Assim como a omissão de boro interfere sobremaneira na altura média das plantas, também o acúmulo da matéria seca de caules ficou comprometido em plantas de feijão (MORAES, 1986). O boro está envolvido na síntese de uracila, base precursora da UDPG (BIRBAUM et al., 1977), que é essencial para síntese de sacarose. Isto talvez explique o acúmulo de grãos de amido na medula do caule, faltando matéria prima para células se dividirem e diferenciarem.

Os sintomas de deficiência de boro em caules de plantas de tomate e girassol apareceram depois dos radiculares (KOUCHI & KUMAZAWA, 1975), fato este também observado para as plantas de feijão, submetidas à omissão de boro no presente trabalho.

O relato de que a retirada de boro do meio nutritivo resulta na cessação do crescimento da raiz de plantas, dentro de algumas horas, enquanto que o caule é afetado posteriormente, quando o boro não se encontra presente na corrente transpiratória (LOVATT et al., 1981), provavelmente explique o fato de a parte aérea do cultivar Carioca.

aqui utilizado, mostrar sintomatologia de deficiência de boro, posteriormente ao sistema radicular.

Portanto, os resultados obtidos no presente trabalho estão de acordo com a literatura, uma vez que outros relataram que plantas de feijão quando submetidas à omissão de boro, apresentaram restrições no crescimento, tanto radicular quanto da parte aérea, não completando seu ciclo de vida (HOWELER *et al.*, 1978, OLIVEIRA & MALAVOLTA, 1981, MORAES, 1986).

## CONCLUSÃO

Da análise histológica do caule de plantas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L. cv Carioca), submetidas a diferentes níveis de boro na solução nutritiva, pôde-se constatar que a omissão de boro teve efeitos drásticos, provocando inibição da divisão e do alongamento celular, hipertrofia de células, desorganização de elementos vasculares, impedindo que completassem seu ciclo e provocando sua morte ao redor de 55<sup>o</sup> dia após o transplante.

Sabe-se que o boro é importante para a manutenção da atividade meristemática (GUPTA, 1979). Embora não se conheça o modo de ação desse micronutriente na síntese de bases nitrogenadas, é importante ressaltar que a redução na síntese de ácidos nucleicos, de proteínas, de citocininas (reguladores que atuam na divisão celular), e, portanto, da atividade meristemática, pode ser resultante da diminuição dessas bases, por exemplo, UDPG, em omissão e carência de boro.

Para que cada um desses processos se realize, existe a necessidade de açúcares para produção de energia. Por outro lado, com a diminuição de UDPG, em deficiência de boro, ocorre acúmulo de amido e diminuição na translocação de açúcares, com interferência nos

processos anteriormente referidos, além de formação anormal da parede celular.

## RESUMO

Foram estudadas as alterações morfológicas nos caules do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv Carioca), quando submetido a três diferentes níveis de boro, na solução nutritiva. O experimento, inteiramente casualizado, com quatro repetições, teve os três tratamentos seguintes: T<sub>0,50</sub>-0,50 ppm de boro (testemunha); T<sub>0,25</sub>-0,25 ppm de boro (nível intermediário); T<sub>0</sub>-omissão em boro. Foram feitas amostragens em três estágios sucessivos de desenvolvimento da planta. As alterações, avaliadas em secções longitudinais de ápices caulinares e transversais medianas do primeiro entrenó desenvolvido do ápice caulinar, foram analisadas comparativamente por meio de estudo cito-histológico com o emprego de microscópio óptico. Considerando como testemunha as plantas submetidas ao nível de 0,50 ppm de boro na solução nutritiva, pôde-se verificar que a omissão desse micronutriente, na solução nutritiva, provocou inibição da divisão e do alongamento celular, hipertrofia de células, impedindo que a planta completasse seu ciclo, morrendo ao redor do 55º dia após o transplante.

**Palavras-chave:** Boro, *Phaseolus vulgaris* L., anatomia, ultra-estrutura, nutrição mineral.

## SUMMARY

### MORPHOLOGICAL CHANGES IN THE STEMS OF *Phaseolus vulgaris* L. cv Carioca WHEN SUBMITTED TO DIFFERENT LEVELS OF BORON IN NUTRIENT SOLUTION

The aim of this work was to study morphological changes in the growth of *Phaseolus vulgaris* L. cv Carioca when submitted to different levels of boron in nutrient solution. A completely randomized experiment with 4 replications was used, with the following treatments: T<sub>0,50</sub>-0,50 ppm of boron (check); T<sub>0,25</sub>-0,25 ppm of boron (intermediate level); T<sub>0</sub>-without boron. Samples were taken in three plant growth stages. The changes were evaluated bottle through longitudinal sections in the tips of the stems, and in medium transversal sections of the stems. Cytohistological studies were made in the optical microscope, comparatively analysed. Cellular division was inhibited when beans were grown in solution without boron. There was hypertrophy of the vascular cells and the plants came to die 55 days after emergence.

**Key-words:** Boron, *Phaseolus vulgaris* L., anatomy, ultrastructure, mineral nutrition.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, J. D'A.; H.F. LEITÃO FILHO & S. MIYASAKA, 1971. Características do Feijão Carioca, Um Novo Cultivar. **Bragantia**, **30**: 33-38.
- BIRNBAUM, E.H.; W.M. DUGGER & C.A. BEASLEY, 1977. Fraction of Boron With Components of Nucleic Acid Metabolism in Cotton Ovules Cultures In Vitro. **Plant Physiol.**, **59**: 1034-1038.

- CUTTER, E.G., 1965. Recent Experimental Studies of the Shoot Apex and Shoot Morphogenesis. **Bot. Rev.**, **31**: 7-113.
- GUPTA, V.C., 1979. Boron Nutrition of Crops. **Adv. Agron.**, **31**: 273-307.
- HEWITT, E.I., 1963. Essential Nutrient Elements for Plants-Boron. In: STEWARD, F.C. **Plant Physiology**. New York, Academic Press. p.240-270.
- HOAGLAND, D.R. & D.I. ARNON, 1950. The Water Culture Method for Growing Plants Without Soil. **Circ. Coll. Agric. Univ. Calif.**, **347**: 1-32.
- HOWELER, R.H.; C.A. FLOR & C.A. GONZALES, 1978. Diagnosis and Corretion of B Deficiency in Beans and Mung Beans in a Mollison from Cauca Valley of Colombia. **Agron. J.**, **70**: 493-497.
- JOHANSEN, D.A., 1940. **Plant Microtechnique**. New York, McGraw-Hill. 523p.
- KOUCHI, H. & K. KUMAZAWA, 1975. Anatomical Responses of Root Tips to Boron Deficiency. I. Effects of Boron Deficiency on Elongation of Root Tips and Their Morphological Characteristics. **Soil Sci. Plant Nutr.**, **21**: 21-28.
- LEE, S.G. & S. ARONOFF, 1967. Boron in Plants: A Biochemical Role. **Science**, **158**: 798-799.
- LOVATT, C.J.; L.S. ALBERT & G.C. TREMBLAY, 1981. Synthesis Salvage, and Catabolism of Uridine Nucleotides in Boron - Deficient Squash Roots. **Plant Physiol.**, **68**: 1389-1394.
- MALAVOLTA, E.; C.F. DAMIÃO FILHO; C.A. VOLPE et al., 1980a. Deficiências e Excessos Minerais no Feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv Carioca). **An. Esc. Sup. Agric. Luiz de Queiroz**, **37**: 701-718.

- MALAVOLTA, E.; A.M.C. ULLOA; L.E.M. MORALES *et al.*, 1980b. Efeitos das Deficiências de Alguns Micronutrientes em Dois Cultivares (Santa Rosa e UFV-1) de Soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **An. Esc. Sup. Agric. Luiz de Queiroz**, **37**: 365-372.
- MARSCHNER, H., 1986. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. London, Academic Press. 671p.
- MORAES, M.A., 1986. Estudo de Algumas Alterações no Crescimento do Feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv Carioca). Causadas por Diferentes Níveis de Boro. 106p. (Mestrado - Instituto Básico de Biologia Médica e Agrícola/UNESP).
- ODHNOFF, C., 1957. Boron Deficiency and Growth. **Physiol. Plant.**, **10**: 984-1000.
- OLIVEIRA, I.P. & E. MALAVOLTA, 1981. Influência do Boro no Desenvolvimento e Composição Mineral do Feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **An. Esc. Sup. Agric. Luiz de Queiroz**, **38**: 309-318.
- PALSER, B.F. & W.J. McILRATH, 1956. Response of Tomato, Turnip, and Cotton to Variations in Boron Nutrition. II. Anatomical Responses. **Bot. Gaz.**, **118**: 53-71.
- SASS, J.E., 1951. **Botanical Microtechnique**. Ames, The Iowa State University Press. 228p.
- SCHMIDT, A., 1924. Histologische Studien and Phanerogamen Vegetations-punkten. **Bot. Arch.**, **8**: 345-404.
- SHELP, B.I.; E. MARENTES; A.M. KITHEKA *et al.*, 1995. Boron Mobility in Plants. **Physiol. Plant.**, **94**: 356-361.
- SILVA, E.A.M., 1989. Desenvolvimento Anatômico dos Órgãos Vegetativos do Feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). I. Ápice Caulinar. **Rev. Ceres**, **36**: 197-200.
- SUN, C.N., 1957. Histogenesis of the Leaf and Structure of Shoot Apex in *Glycine max* (L.) Merrill. **Bull. Torrey Bot. Club**, **84**: 163-174.

- TEIXEIRA, S.M. & L.S.A. ROCHA, 1988. Análise Sócio-Econômica da Produção. In: **Cultura do Feijoeiro: Fatores que Afetam a Produtividade**. Piracicaba, POTAFÓS, p.37-56.
- XAVIER, F.E., 1976. Análise do Crescimento de Quatro Cultivares de Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em Duas Épocas de Plantio, em Viçosa, Minas Gerais. Viçosa. 26p. (Mestrado - UFV).
- WARINGTON, K., 1923. The Effect of Boric Acid and Borax on the Broad Bean and Certain Other Plants. **Ann. Bot.**, 37: 629-672.