

EFEITO DA APLICAÇÃO FOLIAR DE CÁLCIO E TETRACLORETO DE TITÂNIO SOBRE A OCORRÊNCIA DE “TIP BURN” EM PLANTAS DE ALFACE

THE EFFECT OF FOLIAR APPLICATIONS OF CALCIUM AND TITANIUM TETRACHLORIDE UPON THE OCCURRENCE OF “TIP BURN” IN LETTUCE PLANTS

Cleiton Henrique de SIQUEIRA¹; Maurício Soares BARBOSA²; Hermínia Emília Prieto MARTINEZ³; Paulo Roberto Gomes PEREIRA³; Paulo Cezar Rezende FONTES³

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de cálcio e de tetracloreto de titânio sobre a ocorrência de “Tip burn” na variedade de alface crespa “Vera”. O ensaio foi conduzido sob condições de ambiente protegido, em sistema hidropônico NFT, no período de 21/10/2004 à 17/11/2004, em Viçosa, Minas Gerais. Os tratamentos foram constituídos por aplicações foliares de tetracloreto de titânio (0,042 mmol L⁻¹); tetracloreto de titânio (0,042 mmol L⁻¹) + nitrato de cálcio (0,04 mol L⁻¹); nitrato de cálcio (0,04 mol L⁻¹) e testemunha (água destilada). Avaliou-se o peso da matéria fresca e seca da parte aérea e de raízes e diâmetro da cabeça da alface. Quantificou-se o teor de cálcio nas folhas externas e internas e em duas áreas das folhas (área dos bordos e área central). Para avaliar o “Tip burn”, foram estabelecidas notas de incidência do sintoma. Os teores de cálcio foram numericamente maiores com a aplicação do tratamento de Ti+Ca. Somente no tratamento controle houve o aparecimento de sintomas de “Tip burn”, no qual também observou-se menor produção de matéria fresca da raiz e parte aérea.

PALAVRAS-CHAVE: *Lactuca sativa* L.. Hidroponia. Cálcio. Titânio. Distúrbio fisiológico.

INTRODUÇÃO

A hidroponia é uma técnica alternativa de cultivo em que o solo é substituído por uma solução aquosa contendo elementos essenciais para o desenvolvimento da planta (GRAVES, 1983). É uma técnica que oferece múltiplas possibilidades de uso e maximização da produção de alimentos, minimizando os efeitos de solo, principalmente sobre a produção de hortaliças.

O cultivo hidropônico tem crescido nos últimos anos, predominando o sistema NFT (*nutrient film technique*), ou fluxo laminar de nutrientes (FURLANI et al., 1999), no qual uma fina lâmina de solução nutritiva percorre ao longo do canal de cultivo e o sistema radicular da planta fica parcialmente submerso absorvendo os nutrientes.

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma hortaliça folhosa de grande aceitação comercial e a mais cultivada hidroponicamente. O seu ciclo depende, principalmente,

da temperatura ambiente, da variedade cultivada e do sistema de produção. O período de tempo desde a semeadura até a colheita varia de 40 a 70 dias (FILGUEIRA, 2000).

A solução nutritiva é o ponto principal do cultivo hidropônico, uma vez que determina os aspectos qualitativos e quantitativos da produção. Não existe uma solução nutritiva ideal para todas as espécies vegetais e condições de cultivo, sendo esta função do tipo de cultura, do estágio fisiológico, das condições climáticas, da estação do ano, da luminosidade e da altitude local (BERNARDES, 1997).

Um dos principais problemas enfrentados pelos produtores de alface, tanto os que utilizam o sistema hidropônico como o convencional, é o aparecimento do “Tip burn” ou “queima dos bordos”, distúrbio fisiológico ocasionado pela deficiência localizada de cálcio (COLLIER; TIBBITTIS, 1982), mesmo quando este elemento encontra-se em níveis adequados no solo ou

¹ Mestrando, Departamento de Solo, Universidade Federal de Viçosa.

² Doutorando, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa.

³ Professor, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa.

Received: 07/05/05

Accept: 26/09/05

solução nutritiva (ASHKAR; RIES, 1971; THIBODEAU; MINOTTI, 1969). O “Tip burn” se caracteriza pela necrose que ocorre nas margens das folhas em desenvolvimento, na parte interna da cabeça ou nos tecidos mais jovens. A queima de bordos pode evoluir de simples pontos escurecidos à necrose total dos tecidos meristemáticos em estágio mais avançado. No estágio adulto, as folhas sofrem constrição das bordas reduzindo o valor de mercado do produto. As folhas afetadas não podem ser recuperadas após o surgimento dos sintomas (BRUMM; SCKHENK, 1993).

O cálcio tem papel importante na estrutura da parede celular conferindo firmeza aos tecidos de frutos (BENINNI; TAKAHASHI; NEVES, 2003). Alguns trabalhos têm mostrado que o tratamento de frutos com sais de cálcio melhora a resistência aos danos mecânicos durante a estocagem e melhores resultados foram obtidos quando o cálcio foi aplicado durante o crescimento, entretanto, o aparecimento dos efeitos benéficos depende do local aplicado (folha ou raiz), tipo de sal (nitrato ou cloreto) e período de suprimento (BOTIA; ALCARAZ-LÒPEZ; ALCARAZ, 2002).

A aplicação foliar de vários compostos tem melhorado a resistência contra algumas desordens fisiológicas, influenciando o desenvolvimento da planta e em alguns casos melhorando a qualidade do fruto (FRANCO; PASTOR; MADRID, 1994). Nesse aspecto, estudos têm mostrado que o crescimento, a biomassa, a produtividade e a qualidade do fruto de muitas espécies foram aumentados por aplicação de titânio (CARVAJAL; ALACARAZ, 1998).

A utilização do titânio parece aumentar as concentrações de alguns elementos essenciais, tanto macro como micronutrientes. Experimentos mostraram que o quelato de titânio é hábil em promover o desenvolvimento de plantas jovens e pode aumentar a atividade de algumas enzimas (BOTIA; ALCARAZ-LÒPEZ; ALCARAZ, 2002).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação foliar de cálcio e do tetracloreto de titânio sobre as características agronômicas de plantas de alface e a ocorrência de “Tip burn”.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, no período de 21/10/2004 à 17/11/2004. O experimento foi composto

por quatro tratamentos no delineamento em blocos casualizados com seis repetições.

O cultivo foi realizado em sistema NFT, utilizando a variedade de alface crespa “Vera”. As mudas produzidas em bandejas com solução nutritiva foram transplantadas após atingirem o estágio de quatro ou cinco folhas. A solução nutritiva utilizada foi conforme Fernandes *et al.* (2002) modificada, como segue: 12,47; 1,38; 1,0; 6,0; 4,48; 2,5; 2,5 mmol L⁻¹ de NO₃⁻; NH₄⁺; H₂PO₄⁻; K⁺; Ca⁺⁺; Mg⁺⁺; SO₄⁻, respectivamente e 30; 0,9; 45; 20; 0,2; 1,5 ìmol L⁻¹ de B; Cu; Fe; Mn; Mo; Zn, respectivamente.

Os tratamentos consistiram de aplicação, via foliar, iniciado três dias após o transplante e aplicados a cada três dias até a colheita, sendo: Tratamento 1 - tetracloreto de titânio 0,042 mmol L⁻¹ (Ti); Tratamento 2 - tetracloreto de titânio 0,042 mmol L⁻¹ + nitrato de cálcio 0,04 mol L⁻¹ (Ti+Ca); Tratamento 3 - nitrato de cálcio 0,04 mol L⁻¹ (Ca); Tratamento 4 - controle (água destilada).

Diariamente, o pH da solução foi monitorado, sendo corrigido quando necessário para valores entre 5,5 a 6,5, utilizando soluções de NaOH ou HCl. Além disso, diariamente, foi realizada a leitura da condutividade elétrica (CE) para avaliar o consumo de nutrientes pelas plantas. A reposição dos mesmos não foi necessária devido ao ciclo curto da alface.

Foram usadas 12 bancadas metálicas, contendo quatro perfis de polipropileno por bancada (dois perfis como bordaduras e dois como parcela útil) e oito plantas por perfil, totalizando 32 plantas por bancada e um total de 384 plantas.

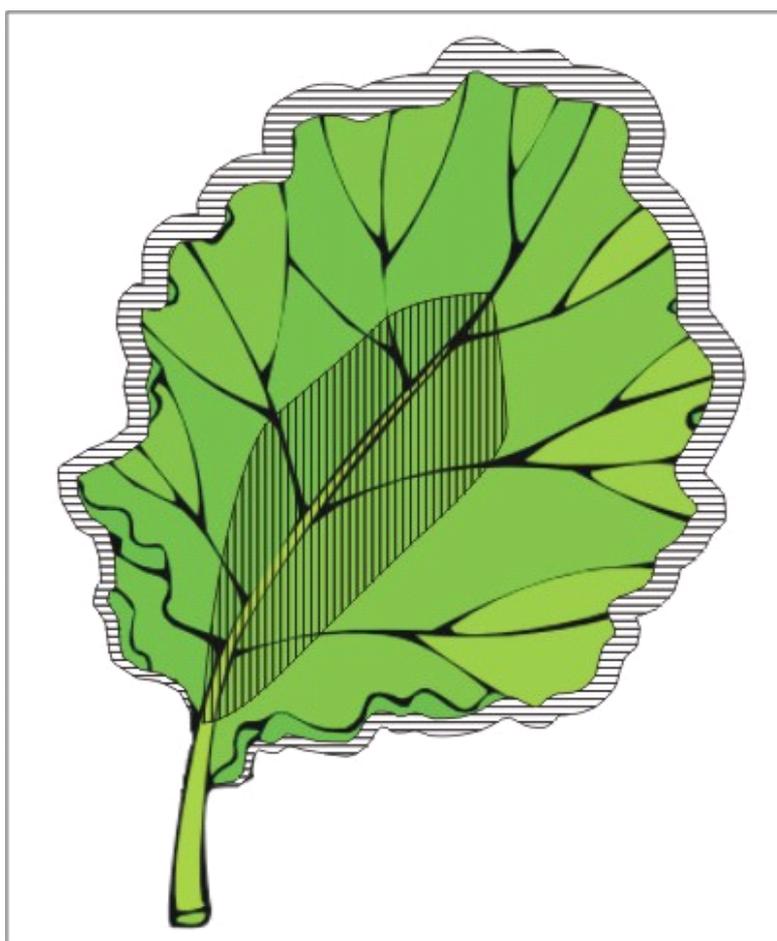
A temperatura foi registrada diariamente por um termômetro durante o experimento. A temperatura máxima média registrada foi 34,5°C e a mínima 21,5°C.

Foram realizadas as seguintes avaliações: peso da matéria fresca e seca da parte aérea e da raiz (gramas), diâmetro da cabeça (centímetros), incidência de “Tip burn”, através de notas de incidência do sintoma (Tabela 1) e concentração de cálcio nas folhas (g kg⁻¹) através de espectrofotômetro de absorção atômica (as folhas foram secas em estufa à 65°C por 72 horas e digeridas em solução nítrico-perclórica).

Para concentração de cálcio nas folhas internas e externas das plantas, a folha interna foi caracterizada como sendo a primeira folha maior que 5 cm a partir do centro da cabeça e a externa como a décima folha maior que 5 cm a partir do centro da cabeça da alface. As análises dessas folhas foram realizadas em duas áreas, bordos e região central (Figura 1).

Tabela 1. Sistemas de notas para avaliar a intensidade de ocorrência da queima dos bordos “Tip burn” das plantas, Viçosa-MG, 2004.

Notas	Intensidade do Sintoma
1	Folhas sem queima
2	Folhas com pouca queima
3	Queima moderada das folhas
4	Folhas muito queimadas

**Figura 1.** Área 1 (linhas horizontais) correspondente ao bordo das folhas e a área 2 (linhas verticais) correspondente a região central das folhas.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, sendo a significância da diferença entre médias testadas por testes de média (Tukey e Scott Knott) a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tratamentos constituídos da aplicação de Ti e de Ti+Ca proporcionaram maior acúmulo de matéria

fresca da raiz e parte aérea em relação ao controle. Para a matéria seca de raiz o tratamento constituído da aplicação de Ti, foi estatisticamente superior ao tratamento controle, já para matéria seca da parte aérea foi estatisticamente superior ao Ca e controle (Tabela 2). Esses resultados estão de acordo com Alcaraz-López et al. (2002), que aplicando, via foliar, Ti+Ca, obtiveram maior produção de matéria fresca para frutos de ameixa, mostrando que pode existir uma relação de sinergismo

entre o cálcio e o titânio. Este aumento na produção de matéria fresca, com a aplicação de titânio, pode ser explicado pelo aumento da atividade de enzimas como a

catalase, peroxidase e nitrato redutase (PAIS, 1983; CARVAJAL; MARTINEZ-SANCHES; ALCARAZ, 1994).

Tabela 2. Médias de Matéria fresca e seca da raiz e da parte aérea (g/planta) de plantas de alface, cv Vera, pulverizadas com soluções de tetracloreto de titânio 0,042 mmol L⁻¹ (Ti); tetracloreto de titânio 0,042 mmol L⁻¹ + nitrato de cálcio 0,04 mol L⁻¹ (Ti+Ca); nitrato de cálcio 0,04 mol L⁻¹ (Ca); controle (água destilada), Viçosa-MG, 2004.

Tratamentos	Massa Fresca		Massa Seca	
	Raiz	Parte Aérea	Raiz	Parte Aérea
Ti	241,59 A	29,74A	3,71A	3,66A
Ti+Ca	248,94 A	28,51A	2,34AB	2,80AB
Ca	221,96 AB	24,91AB	2,51AB	2,59 B
Controle	209,80 B	21,08 B	2,09 B	2,14 B

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem, entre si, pelo teste de Tukey (p<0,05).

O diâmetro da cabeça das plantas de alface foi numericamente superior com aplicação do tratamento constituído de água destilada, quando comparado aos demais tratamentos (Figura 2). Este resultado pode ser

explicado pelo fato do cálcio conferir maior resistência aos tecidos e as folhas ficarem mais eretas, mesmo após a colheita.

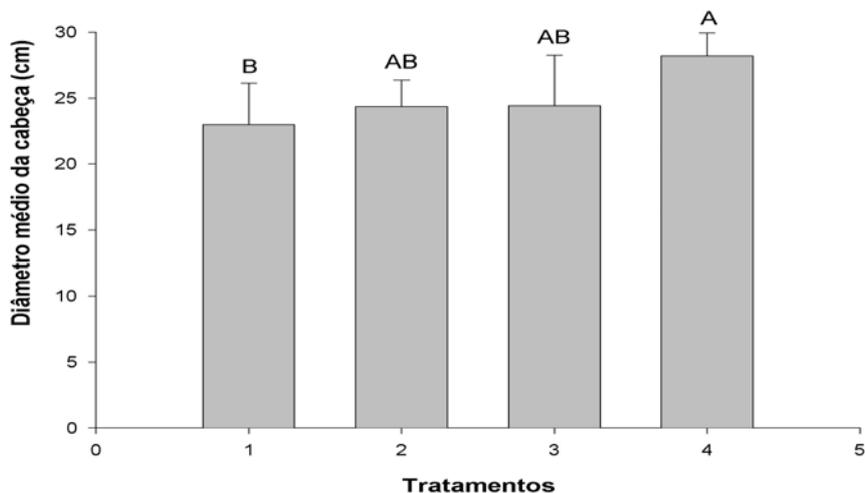


Figura 2. Comparação do diâmetro da cabeça de plantas de alface submetidas aos tratamentos: 1- Ti; 2- Ti+Ca; 3- Ca; 4- Controle.

Por se tratar de um elemento muito pouco móvel no floema, os teores de cálcio nas folhas internas da cabeça das plantas de alface foram inferiores aos encontrados nas folhas externas, em ambas as áreas analisadas, em todos os tratamentos aplicados. Comparando as áreas analisadas em uma mesma folha (folha interna e/ou folha externa), os teores encontrados na área dos bordos foram numericamente inferiores aos da área da região central (Tabela 3), fato este explicado

pela elevada taxa de crescimento das plantas em sistema de cultivo com ambiente controlado.

Para as folhas internas, os teores de cálcio foram numericamente maiores com o tratamento constituído de Ti, em ambas as áreas. Para as folhas externas, os teores de cálcio foram numericamente maiores com o tratamento constituído de Ti+Ca, em ambas as áreas (Tabela 3). Os resultados encontrados para as folhas externas estão de acordo com Botia; Alcaraz-López; Alcaraz (2002), que

estudando aplicação foliar de fontes de cálcio e titânio, verificaram que a maior concentração de cálcio nas folhas de plantas de pimentão foi obtida com a aplicação foliar de Ti+Ca, em relação à aplicação de cálcio e titânio

isoladamente. Segundo estes autores, a melhoria na absorção do cálcio pode ser interpretada como uma consequência do efeito benéfico do titânio sobre processos de absorção e assimilação.

Tabela 3. Concentração de cálcio (g kg^{-1}) na matéria seca de folhas de alface, cv Vera, pulverizadas com soluções de tetracloreto de titânio $0,042 \text{ mmol L}^{-1}$ (Ti); tetracloreto de titânio $0,042 \text{ mmol L}^{-1}$ + nitrato de cálcio $0,04 \text{ mol L}^{-1}$ (Ti+Ca); nitrato de cálcio $0,04 \text{ mol L}^{-1}$ (Ca); controle (água destilada) em função da posição da folha e da área amostrada, Viçosa-MG, 2004.

Tratamentos	Folha			
	Interna		Externa	
	Área 1	Área 2	Área 1	Área 2
Ti	2,92 Aaâ	7,87 Aaâ	8,91 ABaá	13,71 ABaá
Ti+Ca	2,76 Abâ	7,64 Aaâ	14,47 Aaá	19,26 Aaá
Ca	2,04 Aaâ	6,90 Aaâ	9,86 ABaá	14,77 ABaá
Controle	1,70 Aaâ	6,51 Aaâ	3,10 Baá	8,69 Baâ

Letra maiúscula na coluna, para comparação entre os tratamentos; letra minúscula na linha para comparação entre as áreas de um mesmo tratamento e folha; e letra grega na linha, para comparação entre folhas de uma mesma área e tratamento. Teste Tukey ($p < 0,05$).

Mesmo não havendo diferença estatística entre os tratamentos, quanto aos teores de cálcio das folhas internas para ambas as áreas, a tendência ao aumento nos teores de cálcio com a aplicação dos tratamentos de

Ti, Ti+Ca e Ca fez com que não ocorresse o aparecimento de “Tip burn”, ficando este restrito ao tratamento controle (Tabela 4).

Tabela 4. Incidência de “Tip burn” – queima de bordos em plantas de alface, cv Vera, pulverizadas com soluções de tetracloreto de titânio $0,042 \text{ mmol L}^{-1}$ (Ti); tetracloreto de titânio $0,042 \text{ mmol L}^{-1}$ + nitrato de cálcio $0,04 \text{ mol L}^{-1}$ (Ti+Ca); nitrato de cálcio $0,04 \text{ mol L}^{-1}$ (Ca); controle (água destilada) em função das notas dadas, Viçosa-MG, 2004.

Tratamentos	Notas
Ti	1,04 B
Ti+Ca	1,08 B
Ca	1,06 B
Controle	1,51 A

Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$).

CONCLUSÃO

Apesar da variedade utilizada não ser muito susceptível ao “Tip burn”, os tratamentos com tetracloreto de titânio $0,042 \text{ mmol L}^{-1}$ (Ti); tetracloreto de titânio $0,042 \text{ mmol L}^{-1}$ + nitrato de cálcio $0,04 \text{ mol L}^{-1}$ (Ti+Ca) e nitrato de cálcio $0,04 \text{ mol L}^{-1}$ (Ca) mostraram-se

favoráveis quanto à redução na ocorrência desta desordem fisiológica. Além disso, a aplicação foliar dos tratamentos de tetracloreto de titânio $0,042 \text{ mmol L}^{-1}$ (Ti) e tetracloreto de titânio $0,042 \text{ mmol L}^{-1}$ + nitrato de cálcio $0,04 \text{ mol L}^{-1}$ (Ti+Ca) mostraram-se mais eficientes para produção de matéria fresca e seca da parte aérea e raiz.

ABSTRACT: The aim of this work was to evaluate the effect of calcium and titanium tetrachloride upon the occurrence of “Tip burn” in the crisphead lettuce variety “Vera”. The experiment was carried out under conditions of protected environment, in NFT hydroponic system, from October 21 to November 17, 2004, in Viçosa, Minas Gerais, Brazil. The treatments were composed of foliar applications of titanium tetrachloride ($0,042 \text{ mmol L}^{-1}$); titanium tetrachloride ($0,042 \text{ mmol L}^{-1}$) + calcium nitrate ($0,04 \text{ mol L}^{-1}$); calcium nitrate ($0,04 \text{ mol L}^{-1}$) and distilled water. The weight of fresh and dry matter of the aerial part and roots as well as the diameter of the head of the lettuce was evaluated. The content of calcium was quantified in the internal and external leaves and in two areas of the leaves (tip and central areas). In order to evaluate the “Tip burn,” rates of incidence of the symptom were established. The contents of calcium were numerically larger with the application of Ti+Ca treatment. Only in the control treatment did the appearance of symptoms of “Tip burn” take place. In addition, smaller production of fresh matter of the root and aerial part was observed in the mentioned treatment.

KEYWORDS: *Lactuca sativa* L.. Hydropony. Calcium. Titanium. Physiological disorder.

REFERÊNCIAS

ALCARAZ-LÓPEZ, C.; BOTIA, M.; ALCARAZ, C. F.; RIQUELME F. Effects of foliar sprays containing calcium, magnesium and Titanium on Plum (*Prunus domestica* L.) fruit quality. In: SIMPOSIO IBÉRICO SOBRE NUTRICIÓN MINERAL DE LAS PLANTAS, IX. 2002, Zaragoza. **Comunicaciones...** Zaragoza: CSIC, 2002. p. 151-154.

ASHKAR, S. A.; RIES, S. K. Lettuce “tip burn” as related to nutrient imbalance and nitrogen composition. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 96, n. 4, p. 448-452, julho. 1971.

BENINNI, E. R. Y.; TAKAHASHI, H. W.; NEVES, C. S. V. J. Manejo do cálcio em alface de cultivo hidropônico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 4, p. 605-610, dezembro. 2003.

BERNARDES, L. J. L. **Hidroponia da alface: uma história de sucesso**. Charqueada: Estação experimental de hidroponia “alface & cia”, 1997. 135 p.

BOTIA, M.; ALCARAZ-LÓPEZ, C.; ALCARAZ, F. R. Effect of the foliar application of sprays containing calcium, amino acid and titanium on Capsicum (*Capsicum annum* L., cv Olmo) fruit quality. In: SIMPOSIO IBÉRICO SOBRE NUTRICIÓN MINERAL DE LAS PLANTAS, IX. 2002, Zaragoza. **Comunicaciones...** Zaragoza: CSIC, 2002. p. 203-206.

BRUMM, I.; SCKHENK, M. Influence of nitrogen supply on the occurrence of calcium deficiency in field grown lettuce. **Acta Horticulturae**, The Hague, n. 339, p.125-136. 1993.

CARVAJAL, M.; ALCARAZ C. F. Why titanium is a beneficial element for plants. **Journal of Plant Nutrition**, Athens, v. 21, n. 4, p. 655-664, abril. 1998.

CARVAJAL, M.; MARTINEZ-SANCHES, F.; ALCARAZ C. F. Effect of Ti (IV) application on some enzymatic activities in several developing status of *Capsicum annum* L plants. **Journal of Plant Nutrition**, Athens, v. 17, n. 2, p. 243-253, fevereiro. 1994.

COLLIER, G. F.; TIBBITTS, T. W. “Tip burn” of lettuce. **Horticultural Reviews**, Ontário, v. 4, p. 49-65. 1982.

FERNANDES, A. A.; MARTINEZ, H. E. P.; PEREIRA, P. R. G.; FONSECA, M. C. M. Produtividade, acúmulo de nitrato e estado nutricional de cultivares de alface, em hidroponia, em função de fontes de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 195-200, junho, 2002.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2000. 402 p.

FRANCO, J. A.; PASTOR, S.; MADRID, R. Effects of a protein hydrolysate applied by fertigation on the effectiveness of calcium as a corrector of blossom-end rot in tomato cultivated under saline conditions. **Science Horticulturae**, v. 57, p. 283-292. 1994.

FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: Instituto Agronômico, 1999. 52 p. (Boletim técnico, 180).

GRAVES, C. J. The nutrient film technique. In: JANICK, J. (Ed.). **Horticultural Reviews**. Westport: AVI, 1983. v. 5, cap. 1, p. 1-44, 1983.

PAIS, I. The biological importance of titanium. **Journal of Plant Nutrition**, Athens, v. 6, n. 1, p. 3-131. 1983.

THIBODEAU, P. O.; MINOTTI, P. L. The influence of calcium on the development of lettuce "tip burn". **Proceedings of the American Society Horticultural Science**, Alexandria, v. 94, p. 372-375, junho. 1969.