

Efeito da relação K:Ca no aparecimento dos sintomas de queima de bordas (tipburn) em alface cultivada em hidroponia.

Nilton Nélio Cometti¹; Jonathan Frantz²; Bruce Bugbee².

¹EAF-Col, BR 259, km 70, Colatina, ES. E-mail: nncometti@eafcol.gov.br Homepage: www.niltoncometti.com.br ²USDA-

²ARS-ATRU, University of Toledo, Toledo, OH, USA. ³ Crop Physiology Laboratory, Utah State University, UT, USA.

RESUMO

Foram conduzidos três experimentos em câmara de crescimento para avaliar o efeito da relação K:Ca da solução nutritiva sobre o aparecimento de sintomas de queima de bordas em alface em cultivo hidropônico. Foram utilizados dois regimes de luminosidade, 400 e 800 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e quatro relações K:Ca nos tratamentos: 4:1; 4:2; 8:1 e 8:2 mmol L^{-1} . O aumento de potássio de 4 para 8 mmol L^{-1} na solução aumentou a queima de bordas na alface, sendo este efeito maior no regime de alta luminosidade. O aumento do Cálcio na solução, de 1 para 2 mmol L^{-1} também aumentou a queima de bordas, porém em menor intensidade do que o K, além de, aparentemente, aliviar os efeitos do aumento de K sobre a queima de bordas. O aumento da concentração do K ou do Ca parece ter maior significado para o aparecimento dos sintomas de queima de bordas do que a relação entre os íons.

Palavras-chave: *Lactuca sativa*, tipburn, solução nutritiva, câmara de crescimento

EFFECT OF THE K:Ca RATIO ON LETTUCE TIPBURN GROWN IN HYDROPONICS.

ABSTRACT

Three experiments were carried out in growth chambers to evaluate the effect of the K:Ca ratio in hydroponic nutrient solution on lettuce tipburn. Two light levels (400 and 800 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) and four K:Ca ratios (4:1; 4:2; 8:1 and 8:2 mmol L^{-1}) were studied. Tipburn was much worse in the higher light treatment. Increasing potassium from 4 to 8 mmol L^{-1} in solution also increased tipburn. Increasing calcium (from 1 to 2 mmol L^{-1}) in hydroponic solution slightly increased tipburn, but calcium appeared to reduce the effect of high K on tipburn. Increased K and Ca in solution had a larger effect on lettuce tipburn than the ratio of these two ions.

Keywords: *Lactuca sativa*, tipburn, nutrient solution, growth chamber.

INTRODUÇÃO

A queima de bordas, conhecida também pelo termo inglês “tipburn”, é uma necrose que ocorre nas margens das folhas em desenvolvimento, na parte interna das plantas, ou seja, nos tecidos mais jovens. O efeito ocorre em muitas plantas olerícolas, especialmente em alface (*Lactuca sativa* L.), repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*), chicória e brássicas. A queima de bordas pode evoluir de simples pontos escurecidos para a necrose total dos tecidos meristemáticos num estágio mais avançado. No estágio adulto, as folhas sofrem uma constrição das bordas ao se tornarem adultas e reduzindo o valor de mercado do produto. O fenômeno trata-se de uma desordem ou doença fisiológica, que tem sido relacionada à deficiência de cálcio (Aloni et al., 1986), mas que está diretamente relacionada com as diferenças genéticas entre plantas e com os fatores externos, tanto aqueles que

promovem o crescimento exuberante como os que, paradoxalmente, reduzem seu crescimento. Com o advento do cultivo hidropônico no Brasil, e considerando que a alface aparece como o “carro chefe” em termos de cultura de maior expressão (Cometti, 2003), a queima de bordas têm aparecido como um sério problema, provocando grandes prejuízos econômicos aos produtores hidropônicos. Além dos fatores climáticos, a disponibilidade de alguns nutrientes pode ser determinante no aparecimento da queima de bordas. Algumas tentativas de reduzir a incidência de queima de bordas em alface incluem pulverizações com cálcio e aumento do nutriente na solução nutritiva e redução da condutividade elétrica da solução, porém com resultados controversos.

O objetivo deste trabalho é demonstrar o efeito da relação **Potássio:Cálcio** na solução nutritiva sobre o aparecimento de queima de bordas em alface cultivada em condições controladas de câmara de crescimento.

MATERIAL E MÉTODOS.

Foram conduzidos três experimentos em câmara de crescimento com duas cultivares de alface (Grand Rapids e Waldman’s Green) no Crop Physiology Laboratory da Utah State University, UT, USA. Foram utilizadas três câmaras (EGC – Environmental Growth Chambers, Changrin Falls, Ohio) com 1,5 x 1,0 x 2,25 m externamente e 1,27 x 0,9 x 1,33 internamente. Cada câmara possuía quatro lâmpadas de vapor de sódio de 1000 W. O nível de CO₂ foi de 1200 µmol mol⁻¹ (±2%) com um fluxo de ~0,5 L min⁻¹ e fluxo de ar de ~50 L min⁻¹, a temperatura média foi 30°C ± 0.5 durante o dia e 27°C à noite, a umidade relativa foi de 75/80 % e a velocidade do vento variou entre 0,3 e 1,0 m s⁻¹. Cada câmara de crescimento continha quatro sistemas hidropônicos independentes compostos de: uma bandeja com capacidade para 30 L de solução nutritiva com dimensões de 50 x 32 cm com 20 cm de profundidade coberta com tampa de poliestireno para sustentação das plantas; e uma bomba de ar e uma pedra de aquário para a distribuição do ar na solução. Em cada um dos sistemas hidropônicos foi utilizada uma relação K:Ca diferente na solução, com dois níveis de K (4 e 8 mmol L⁻¹) e Ca (1 e 2 mmol L⁻¹) conforme o esquema abaixo:

Unidade 1		Unidade 2		Unidade 3	
Sistema 3 K = 8 Ca = 1	Sistema 4 K = 8 Ca = 2	Sistema 3 K = 8 Ca = 1	Sistema 4 K = 8 Ca = 2	Sistema 3 K = 8 Ca = 1	Sistema 4 K = 8 Ca = 2
Sistema 1 K = 4 Ca = 1	Sistema 2 K = 4 Ca = 2	Sistema 1 K = 4 Ca = 1	Sistema 2 K = 4 Ca = 2	Sistema 1 K = 4 Ca = 1	Sistema 2 K = 4 Ca = 2

As soluções utilizadas são mostradas na Tabela 1. A avaliação de queima de bordas foi feita aos 28 dias após a semeadura utilizando-se um índice que contabiliza tanto o

número de plantas afetadas quanto a severidade dos sintomas: “Índice de Queima de Bordas = $\{[(S \times 5) + (M \times 3) + (L \times 1)] \times 100\} / P \times 5$ ”; onde S é o número de plantas com queima de bordas severa (ocorrência de folhas malformadas e morte do meristema em >80% de folhas), M é o número de plantas com queima de bordas média (algumas folhas mais velhas e o meristema têm pequenas necroses, com pequenas manchas e margens das folhas enegrecidas e disformes), L é o número de plantas com queima de bordas leve (apenas os folíolos centrais mostram pequenas manchas, podendo haver recuperação dos sintomas sem prejuízos econômicos), e P é o número total de plantas. Neste índice, é colocada mais ênfase em plantas severamente afetadas, e menos ênfase nas plantas com sintomas menos pronunciados de queima de bordas (Frantz et al., 2004).

Tabela 1. Soluções utilizadas nos três experimentos.

Sal	Inicial	Reposição (Relação K:Ca)			
		4:1	4:2	8:1	8:2
-----mmol L-1-----					
Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O	1	1	2	1	2
KNO ₃	1	2,55	1	3	1
KH ₂ PO ₄	0,5	1,25	1,25		
K ₂ HPO ₄				1,25	1,25
MgSO ₄ .7H ₂ O	0,5	1,5	1,5	1,5	1,5
K ₂ SiO ₃	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Mg(NO ₃) ₂		0,225			
K ₂ SO ₄			0,775	1,15	2,15
HNO ₃	0,012	0	0	0,108	0,108
-----µmol L-1-----					
FeCl ₃	5	1,5	1,5	1,5	1,5
FeEDDHA	40	10	10	10	10
MnCl ₂ .4H ₂ O	6	9	9	9	9
ZnCl ₂	6	4	4	4	4
H ₃ BO ₃	40	40	40	40	40
CuCl ₂ . 2H ₂ O	4	4	4	4	4
Na ₂ MoO ₄ . 2H ₂ O	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados mostrados na Figura 1 indicam que o aumento de potássio na solução nutritiva de 4 para 8 mmol L⁻¹ provocou o aparecimento dos sintomas em todos os três experimentos. Entretanto, esse efeito foi mais pronunciado nas plantas cultivadas com maior intensidade de fluxo de fótons fotossintéticos (800 µmol m⁻² s⁻¹). O aumento de cálcio de 1 para 2 mmol L⁻¹ também aumentou ligeiramente os sintomas de queima de bordas, porém em menor intensidade do que a adição de potássio (Figura 2). Com o dobro da concentração de potássio na solução os sintomas de queima de bordas foram mais evidentes do que com o dobro da concentração de cálcio.

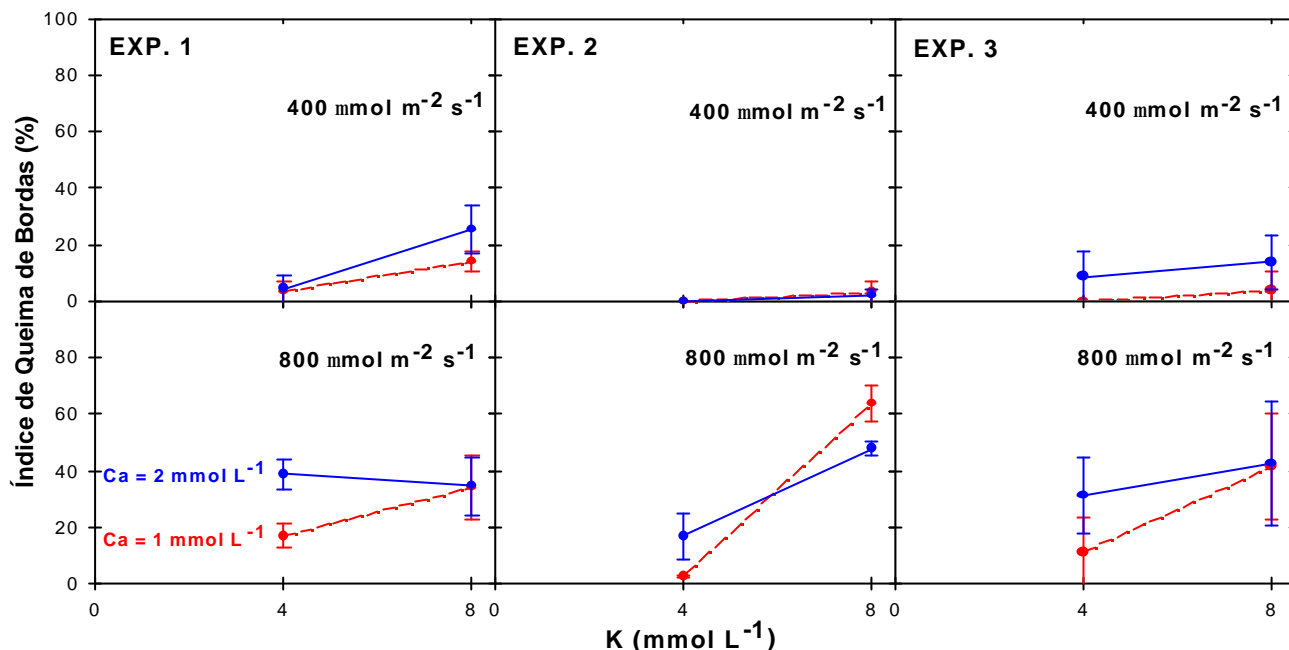


Figura 1. Queima de bordas em alface cultivada em câmara de crescimento com dois níveis de luminosidade e quatro diferentes relações K:Ca, 28 dias após a sementeira. Cada ponto inclui dados de duas cultivares, dois tipos de lâmpadas e duas velocidades de vento.

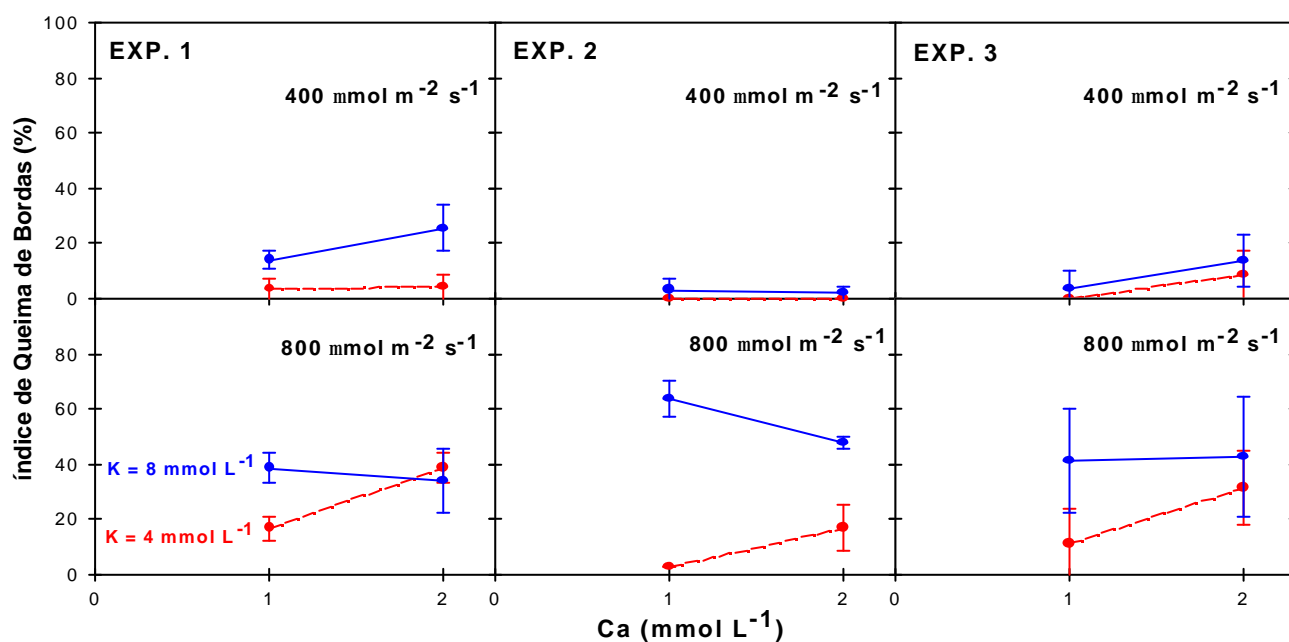


Figura 2. Queima de bordas em alface cultivada em câmara de crescimento com dois níveis de luminosidade e quatro diferentes relações Ca:K, 28 dias após a sementeira. Cada ponto inclui dados de duas cultivares, dois tipos de lâmpadas e duas velocidades de vento.

O cálcio, reconhecidamente é o íon envolvido diretamente no aparecimento de queima de bordas, pois os tecidos com crescimento acelerado têm a concentração de cálcio reduzida, e permitem que haja ruptura de paredes por qualquer influência ambiental externa que possa provocar estresse na célula. O aumento de luminosidade promove o crescimento celular no meristema com conseqüente aumento na demanda de cálcio. Como o fornecimento de cálcio para a região de crescimento está limitado ao fluxo de seiva no xilema, a chance de haver queima de bordas é aumentada.

Há uma tendência de se tentar explicar o aumento de queima de bordas quando se aumenta potássio, e até mesmo cálcio na solução nutritiva, pelo aumento do potencial osmótico da solução, da condutividade elétrica (que é uma medida indireta) e da salinidade (Huett, 1994). Entretanto, no presente estudo, as variações de condutividade elétrica ao longo dos experimentos foram muito pequenas ao longo do cultivo, como mostra a Figura 3 em relação às soluções de ajustes utilizadas (ver gráfico superior). Apesar de se esperar um aumento da condutividade elétrica dos tratamentos com as relações K:Ca = 8:2 e 8:1, os volumes das soluções de ajuste consumidos foram menores em relação aos outros tratamentos (Figura 4) que demonstra a maior facilidade de absorção e perda de água pelas plantas cultivadas em soluções com menores concentrações de K e de Ca. A relação K:Ca parece não explicar tão bem o aparecimento de queima de bordas na alface, pois, com poucas exceções durante os três experimentos, houve aumento de queima de bordas quando com o aumento de potássio e de cálcio de 4:1 para 8:4, mesmo que a relação K:Ca continuasse 4:1. Para Huett (1994) a concentração da solução nutritiva, aliado à alta relação K:Ca, concomitante às condições ambientais de alta UR e alta temperatura predispõem as plantas em cultivos hidropônicos à queima de bordas nas folhas. Entretanto, o presente trabalho mostra que o aumento da força iônica tanto do potássio quanto do cálcio, “per si”, são mais importantes para provocarem sintomas de queima de bordas do que a relação entre estes íons. Esses efeitos, entretanto, devem ser considerados em conjunto com os fatores ambientais, pois sob alta luminosidade ($800 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e alto potássio (8 mmol L^{-1}), o aumento de cálcio parece ter aliviado os sintomas de queima de bordas Figura 2.

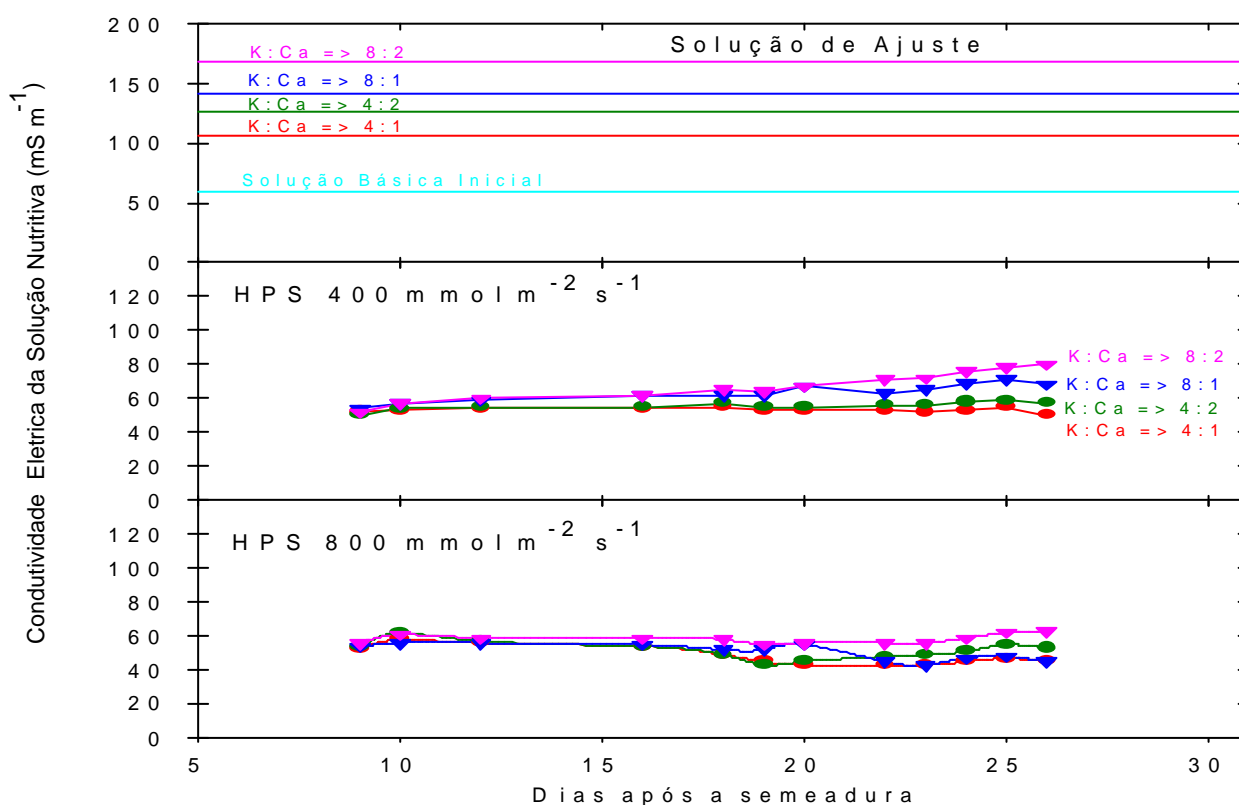


Figura 3. Condutividade elétrica das soluções de ajuste utilizada para o cultivo de alface em câmara de crescimento no experimento 2. O gráfico superior indica a condutividade inicial da solução adicionada, e os dois gráficos inferiores indicam a condutividade elétrica da solução utilizada pela planta contida no sistema hidropônico.

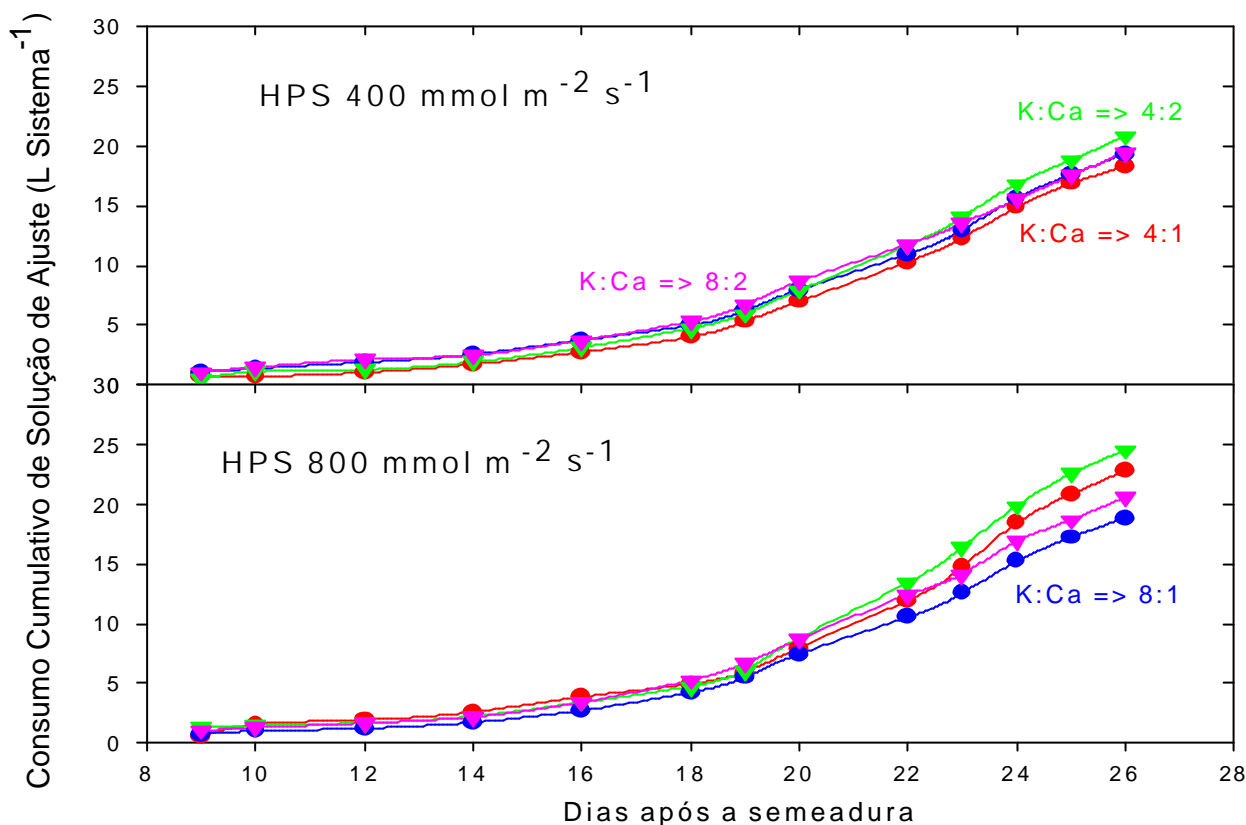


Figura 4. Consumo acumulado de solução nutritiva de ajuste pela alface cultivada em câmara de crescimento no experimento 2.

LITERATURA CITADA

ALONI, B.; PASHKAR, T.; LIBEL, R. The possible involvement of gibberellins and calcium in tipburn of Chinese cabbage: study of intact plants and detached leaves. **Plant Growth Regulation**, v.4, p.3-11, 1986.

COMETTI, N.N. **Nutrição Mineral da Alface (*Lactuca sativa* L.) em Cultura Hidropônica - Sistema NFT. 2003.** Tese (Ph.D. em Nutrição de Plantas) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica. 106 p.

FRANTZ, J. M. ; RITCHIE G.; COMETTI, N. N.; ROBINSON, J.; BUGBEE, B. Exploring the Limits of Crop Productivity: Beyond the Limits of Tipburn in Lettuce. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** 129(3):xxx–xxx. 2004. (no prelo).

HUETT, D.O. Growth, nutrient uptake and tipburn severity of hydroponic lettuce in response to electrical conductivity and K:Ca ratio in solution. **Aust. J. Agric. Res.**, v.45, p.251-267, 1994.