

CONDUTIVIDADE ELÉTRICA NA PRODUÇÃO E NUTRIÇÃO DE ALFACE EM SISTEMA DE CULTIVO HIDROPÔNICO NFT

ELECTRIC CONDUCTIVITY IN THE PRODUCTION AND NUTRITION LETTUCE IN NFT SYSTEM

Ancélio Ricardo de Oliveira GONDIM¹; Milton Edgar Pereira FLORES²;
Hermínia Emília Prieto MARTINEZ³; Paulo César Rezende FONTES³;
Paulo Roberto G. PEREIRA³

1. Doutor, Depto. Ciências Ambientais, Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, anceliogondim@hotmail.com,
2. Doutorando em Fitotecnia, Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa - UFV, MG, Brasil; 3. Professor(a), Doutor(a), Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Agrárias – UFV, Viçosa, MG, Brasil.

RESUMO: As soluções nutritivas utilizadas nos cultivos hidropônicos de alface, têm condutividades elétricas variando de 1,5 a 2,5 mS cm⁻¹. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de diferentes condutividades elétricas na produtividade da variedade BR 303 de alface. O experimento foi realizado em casa de vegetação no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), entre março e junho de 2005, com 4 tratamentos em delineamento inteiramente casualizado com seis repetições. Nos tratamentos foram alocados os tipos de soluções nutritivas, obtidos por diferentes concentrações (0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 mS cm⁻¹). Foram avaliados as características de crescimento, matéria seca e o teor de nutrientes. O acúmulo de macronutrientes e de micronutrientes pela alface cultivar Brasil 303 apresentou redução significativa nos diferentes órgãos da planta na condutividade elétrica de 4 mS cm⁻¹, com exceção do ferro. A maior exigência nutricional da alface para os macronutrientes foi K, N, Ca, P, Mg e S e dos micronutrientes foram Fe, Mn, Zn, B e Cu. A condutividade elétrica de 2,6 mS cm⁻¹ apresentou produção máxima de 1.277,35 g por planta, mesmo inibindo o crescimento radicular. A salinidade de 4 mS cm⁻¹ afetou a relação raiz parte aérea reduzindo em 47%.

PALAVRAS-CHAVE: *Lactuca sativa* L., Hidroponia. Nutrição mineral.

INTRODUÇÃO

A alface é uma das hortaliças mais produzida no Brasil (SANTOS et al. 2001). Ocupa 90% dos cultivos hidropônicos sendo o sistema NFT (Nutriente Film Technique) o mais utilizado para a sua produção (OHSE et al. 2001).

Nos sistemas hidropônicos, a extração e o acúmulo de nutrientes pelas plantas dependem entre outros fatores, da condutividade elétrica (CE), cujos valores são proporcionais à concentração dos vários íons responsáveis pelo potencial osmótico da solução. Estes valores além de afetar a absorção de água e nutrientes, afeta também a produtividade, o acúmulo de matéria seca e a suscetibilidade a distúrbios fisiológicos, como a queima das bordas, mesmo que o cálcio esteja em concentrações ótimas na solução nutritiva (SHANNON, 1997).

A redução da CE da solução nutritiva durante o ciclo, principalmente na fase final da produção é uma forma de prevenir a queima das bordas em alface. Na produção hidropônica de alface tem-se recomendado manter a CE entre 1,5 e 2,5 mS cm⁻¹ (CASTELLANE; ARAÚJO, 1995). Cometti et al. (2008), cultivando alface cv. Vera em solução nutritiva segundo Furlani (1997) com CE de 0,98 mS cm⁻¹ obtida pela diminuição da concentração salina em 50%, não observou redução

significativa da produção de massa seca de folhas e caules, mas observou ligeira redução da massa seca das raízes. Já com reduções de 75% e CE 0,54 mS cm⁻¹ o ganho de massa foi significativamente menor que o obtido com o 100% da solução recomendada por Furlani (1997).

O presente trabalho teve como objetivo determinar o efeito da CE na absorção e compartimentalização dos macro e micronutrientes em alface cv. Brasil 303, cultivada em sistema hidropônico NFT, assim como determinar a CE ótima para atingir a máxima produção de matéria fresca.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação não climatizada, com dimensões 8,0 m de largura x 50m de comprimento, teto em arco, pé-direito de 3,00m, coberta com filme de polietileno transparente e as laterais envolvidas com tela tipo sombrite (50%), localizada na Horta de Pesquisas do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), no período de 06/03/2005 a 09/04/2005. Viçosa está localizada a 20°45'LS, 42°51' LW e altitude de 652 m. Os valores médios de temperaturas mínima (18,8±1,6), máxima

(35,6±5,2 °C) e umidade relativa (75,1%) foram registrados durante a condução do experimento.

Sementes de alface (*Lactuca sativa L.*) cv. Brasil 303 (lisa e tipo repolhuda) foram semeadas em espuma fenólica de 2,5 x 2,5 x 3,8 cm, previamente lavada colocando-se 2 sementes por cubo com posterior desbaste deixando-se uma plântula por cubo. Até a germinação, a espuma fenólica foi umedecida com água de acordo com Castelan e Araújo (1995). Após a germinação as plântulas foram irrigadas com a solução nutritiva padrão de

Martinez & Silva Filho (2006), diluída a 1:4 até a expansão total da quarta folha definitiva, aos 10 dias após a semeadura. As mudas então, foram transferidas para os canais de cultivo com dimensões de 12,5 cm de diâmetro e 2,0 m de comprimento onde permaneceram até ao final do ciclo.

Os tratamentos foram constituídos pela solução nutritiva de Martinez e Silva Filho (2006) com CE 1 mS cm⁻¹ como padrão e 0,5; 2 e 4 mS cm⁻¹ obtidas pela diluição e aumento da concentração salina da solução padrão (Tabela 1).

Tabela 1. Quantidade de sais utilizados para obtenção dos tratamentos.

Nutriente	Conductividade elétrica (mS cm ⁻¹)			
	0,5	1,0	2,0	4,0
	Solução g 1000 L ⁻¹			
MAP	14,38	28,8	57,50	115,00
NH ₄ NO ₃	19,80	39,6	79,20	158,40
MgSO ₄	77,03	154,0	308,10	616,20
Ca(NO ₃) ₂	132,23	264,4	528,90	1057,80
KCl	55,88	111,7	223,50	447,00
MnSO ₄	0,43	0,85	1,70	3,40
HBO ₃	0,24	0,47	0,94	1,88
ZnSO ₄	0,06	0,11	0,22	0,44
CuSO ₄	0,03	0,06	0,12	0,24

Os tratamentos foram distribuídos em delineamento experimental inteiramente ao acaso, com quatro tratamentos correspondentes às condutividades e seis repetições, totalizando 24 parcelas.

O sistema de cultivo usado consistiu de 24 bancadas compostas por cinco canais de cultivo de polipropileno com dois metros de comprimento cada e diâmetro de 12,5 cm espaçados de 30 cm. Nos canais de cultivo as plantas eram espaçadas de 20 cm. Cada bancada comportava 30 plantas, sendo utilizadas como parcela útil as oito plantas centrais.

O pH das soluções foi mantido entre 5,0 e 6,0 e a CE das soluções foi monitorada diariamente e ajustada quando teve uma depleção de 25%, seguindo o procedimento recomendado para sistema comercial de cultivo (MARTINEZ; SILVA FILHO, 2006). A vazão do sistema foi regulada a 1,7-2 litros de solução por canal por minuto. O regime de circulação foi com intervalos intermitentes de 15 min no funcionamento da motobomba durante o dia. Trinta e quatro dias após o transplante coletaram-se as plantas avaliando a massa fresca e seca das folhas, caule, raízes.

O material foi acondicionado em sacos de papel e secado em estufa a 75°C até peso constante. Posteriormente foi pesado, triturado em moinho tipo

Wiley e submetido a análises químicas de N, P, K, Ca, Mg e S nos tecidos segundo Malavolta et al. (1997). Os teores de P, K, Ca, Mg, S, Zn, Cu, Mn, Mo e Fe foram determinadas por espectrofotometria de chama e absorção atômica, a partir de extratos de digestão nítrico-perclórica. O N total foi determinado colorimetricamente pelo método de Nessler após digestão sulfúrica. Com os resultados obtidos da massa seca das diferentes estruturas da planta determinou-se o teor e calculou-se o acúmulo dos nutrientes.

Os dados foram submetidos às análises de variância e regressão. Os modelos de regressão foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, nos coeficientes de determinação e no significado biológico.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Fitomassa

A fitomassa seca total apresentou resposta quadrática ao aumento da CE da solução, atingindo o máximo de 100,4 g com 2,68 mS cm⁻¹; a partir desta CE houve uma redução de 7,1% na MST com a CE de 4 mS cm⁻¹. Além disso, a condutividade elétrica de 4 mS cm⁻¹ resultou em queima dos bordos das folhas (tip burn) o que levou a descartar

comercialmente as plantas (Figura 1), visto que, observou-se maior produtividade da alface utilizando condutividade elétrica inferior a 4 mS cm^{-1} por Costa et al. (2001), cultivando alface americana, cultivar Ryder, em hidroponia, no qual obtiveram maiores produtividades em soluções com $2,46 \pm 0,24 \text{ mS cm}^{-1}$. As plantas cultivadas em condutividade elétrica próximo a 4 mS cm^{-1} deixam de ser comerciáveis, confirmando o trabalho de Siddiqi et al. (1998), que é possível reduzir a concentração da solução nutritiva a níveis tão baixos quanto 10% da força iônica original das soluções comumente usadas em cultivos hidropônicos em sistemas recirculantes de alface e tomate, sem que

se incorra em riscos de perda da produtividade. Claussen (2002), trabalhando com tomate, observou que variando de 1 a 5 vezes a concentração da solução nutritiva original, sob nutrição totalmente nitrada ou utilizando até 25% do nitrogênio na forma amoniacal, não houve alteração tanto no crescimento vegetativo quanto no reprodutivo.

A fitomassa seca foliar apresentou comportamento semelhante à produção da fitomassa seca total, atingindo o máximo em $2,76 \text{ mS cm}^{-1}$. A massa seca foliar contribuiu com 71,9% da massa seca total nesta concentração (Figura 1). No entanto, observou-se com $4,0 \text{ mS cm}^{-1}$ as plantas não foram mais comerciais.

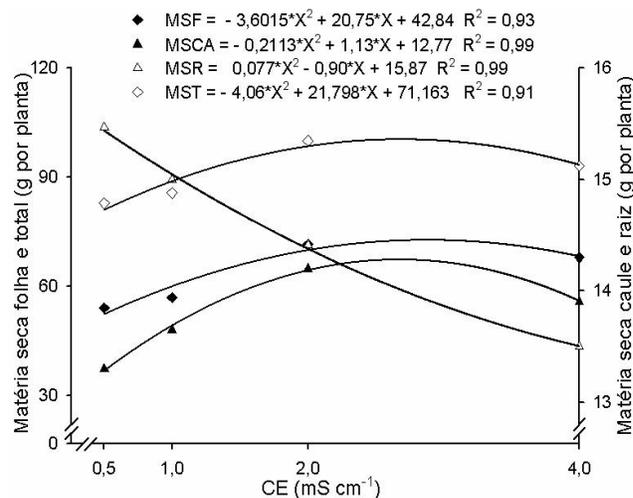


Figura 1. Massa seca da folha (MSF), caule (MSCA), raiz (MSR) e total (MST), de alface cultivada em diferentes níveis de salinidade.

As fitomassa secas de caule e raízes apresentaram baixa contribuição para a massa seca total, de 14,6 e 14,0% respectivamente. Resultados semelhantes foram obtidos por Lana et al. (2004), que trabalharam com o cv. Verônica em sistema NFT, e verificaram que a alocação da fitomassa correspondeu dos 80,0 a 96,0% para as folhas e 4,0 a 20,0% para a raiz.

Cometti et al. (2008) relataram ganhos significativos na massa seca de alface cv. Vera cultivada em sistema hidropônico NFT com condutividade elétrica entre 0,98 e $1,84 \text{ mS cm}^{-1}$ da solução de Furlani (1997) sobre os cultivados com 0,5 e mS cm^{-1} . Por outro lado, tem sido recomendados também o uso de CE entre 1,5 e $3,0 \text{ mS cm}^{-1}$ para a produção de alface em sistema hidropônico NFT.

A massa seca de raízes foi significativamente afetada pela CE da solução nutritiva com efeito quadrático, ocorrendo decréscimos relativos com o aumento da condutividade de 0,5 mS cm^{-1} de 2,6; 7,4 e 14,3% para os tratamentos de 1; 2 e 4 mS cm^{-1} ,

respectivamente (Figura 1). A redução observada sugere que os íons absorvidos possivelmente excederam o limite necessário ao ajustamento osmótico da planta, e desta forma acarretaram efeitos danosos ao crescimento (FLOWER; YEO, 1986).

A relação parte raiz/parte aérea (R/PA) também foi afetada pela condutividade elétrica. Observou-se efeito quadrático ($Y = 27,92 - 8,104 \cdot X + 1,3113 \cdot X^2$ $R^2 = 0,99$), ocorrendo decréscimos relativos em relação a 0,5 mS cm^{-1} de 14,5; 42,7 e 46,7% nos tratamentos 1; 2 e 4 mS cm^{-1} , respectivamente. Com base na equação, as plantas conduzidas com CE de 0,5 mS cm^{-1} tiveram massa radicular correspondente a 24,2% da massa seca da parte aérea; este valor foi de apenas 16,5% nos tratamentos com 4 mS cm^{-1} de CE, denotando ser o crescimento radicular mais prejudicado pela condutividade. Viana et al. (2004), trabalhando com alface sob estresse salino (0,3; 1,0; 1,7; 2,4 e $3,1 \text{ mS cm}^{-1}$), no solo, verificaram que a relação parte raiz/parte aérea foi afetado pelo aumento da salinidade

até 3,1 mS cm⁻¹, valor em que a biomassa seca de raízes representou apenas 9,1% da massa seca da parte aérea.

A massa fresca da parte aérea (MFPA) da alface foi afetada significativamente pela condutividade elétrica ($Y = 861,74 + 325,76 \cdot X - 63,812 \cdot X^2$ $R^2 = 0,83$). A CE de 2,6 mS cm⁻¹ apresentou máxima produção de parte aérea de 1.277,35 g por planta, superior em 26,6% à produção observadas em 0,5 mS cm⁻¹. Condutividades superiores a 2,6 mS cm⁻¹, proporcionaram redução da massa fresca da parte aérea, atingindo 10,5% em 4 mS cm⁻¹. Resultados obtidos por Gervásio et al. (2000) e Viana et al. (2004) verificaram redução de MFPA da alface com condutividades abaixo das avaliadas neste trabalho de 0,3 mS cm⁻¹. Backes et al. (2004) verificaram em alface que concentrações baixas de 50% da CE inicial promoveram melhores resultados, em especial quanto à matéria fresca de planta.

Dos resultados obtidos neste trabalho, fica evidente o menor investimento da massa seca da alface na formação do caule e da raiz e que variações na CE das soluções nutritivas influenciam a partição final da massa seca entre a folha, caule e raiz, sendo, porém de interesse comercial e econômico a determinação da a CE ótima que permita obter as maiores relações de folha: caule+raiz.

Macronutrientes

Em geral em todos os valores de CE estudados, a folha e o caule da alface acumularam as maiores quantidades de N, K, Ca e Mg, com relativo destaque na acumulação de Ca da folha sobre o caule.

Nitrogênio

Os teores de N nas folhas de alface (51,4 mg kg⁻¹) não foram afetados pelo aumento da condutividade elétrica (CE). Entretanto, no caule e raiz decresceram significativamente com o aumento na CE. (Figura 2).

Estes resultados estão dentro dos limites (30-50 mg kg⁻¹) propostos por Raij et al. (1997) como adequados para folhas de alface. A redução de N nas raízes e caule, provavelmente foi devida ao incremento da pressão radicular exercida pela maior concentração de sais na solução que por sua vez aumentaria a difusão do N para os órgãos aéreos. Os teores máximos obtidos para N no caule e raiz, foram de 5,31 e 5,73 com 0,5 mS cm⁻¹ respectivamente (Figura 2).

O nitrogênio foi o segundo nutriente mais acumulado pela cultivar de alface Brasil 303, com acúmulo máximo de aproximadamente 0,51 g por

planta, obtida na CE de 2,1 mS cm⁻¹ (Figura 4), sendo que as folhas foram responsáveis por 74,9%, o caule com 13,2% e as raízes com 12,8% (Figura 3).

Fósforo

Os teores de P nas folhas e caule apresentaram comportamento quadrático com o aumento na CE, entretanto o teor da raiz aumentou significativamente com o aumento na CE (Figura 2). Cock et al. (2003), trabalhando com a seleção de genótipos de alface eficientes na absorção de P, encontraram uma correlação negativa com a massa seca foliar evidenciando assim, que uma maior absorção de fósforo não implica em maior massa seca da folha, resultados semelhantes foram observados neste trabalho. Os teores máximos obtidos para P na folha, caule e raiz, foram de 1,18; 1,08 e 1,12 dag kg⁻¹ em 1,9; 2,3 e 4,0 mS cm⁻¹ (Figura 2). Estes resultados estão acima do limite (0,4-0,7 dag kg⁻¹) propostos por Raij et al. (1997) como adequados para folhas de alface. Cometti et al. (2008) estudando diferentes níveis de força iônica encontraram teores de P de 1,23; 0,90 e 1,50 dag kg⁻¹ em folhas, caule e raiz, respectivamente, para a cv. Verônica, resultados semelhantes aos encontrados neste trabalho.

O acúmulo de fósforo foi de 0,12 g por planta, obtida na CE de 2,4 mS cm⁻¹ (Figura 4), sendo que as folhas foram responsáveis por 74,0%, o caule com 13,0% e as raízes com 13,0% (Figura 3).

Potássio

O teor de K na folha teve um comportamento quadrático, com máximo de 7,7 dag kg⁻¹, para 1,6 mS cm⁻¹, perfazendo um incremento de 14,3% em relação ao cultivo em CE 0,5 mS cm⁻¹. Plantas com CE de 4 mS cm⁻¹, apresentaram teor de K 2,8 dag kg⁻¹ estando abaixo do limite (5,0-8,0 g kg⁻¹) considerado adequados para folhas de alface por Raij et al. (1997). O teor de K no caule de alface foi 6,66 dag kg⁻¹ e não foi afetado pelo aumento da condutividade elétrica. O teor de K reduziu-se na raiz. Esta diminuição da absorção do K na alface como efeito do aumento da salinidade da solução foi também relatado por Viana (2004) que avaliando condutividades elétricas entre 0,3 a 3,1 dS m⁻¹ verificou que as concentrações salinas mais elevadas (3,1 dS m⁻¹) foram as que contribuíram para uma maior redução do teor de K.

O potássio foi o nutriente mais acumulado pela cultivar de alface Brasil 303, com valor máximo de aproximadamente 0,73 g por planta, obtida na CE de 1,9 mS cm⁻¹ (Figura 4), sendo que as folhas foram responsáveis por 73,0%, o caule com 12,8% e as raízes com 13,9% (Figura 3).

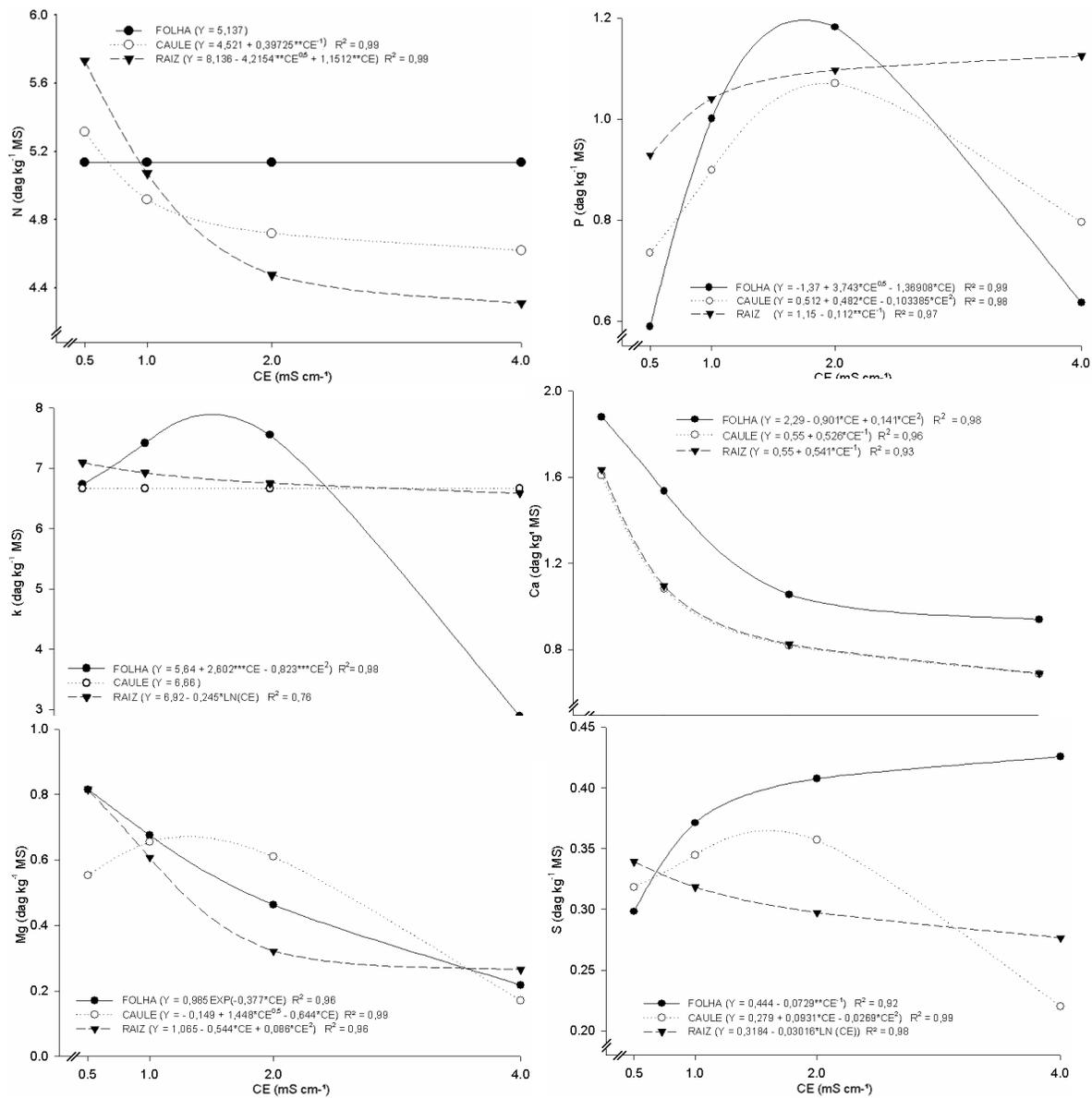


Figura 2. Teores de N, P, K, S, Ca e Mg nas folhas, caules e raiz de plantas de alface var. BR 303 lisa em função das condutividades elétricas da solução nutritiva de cultivo.

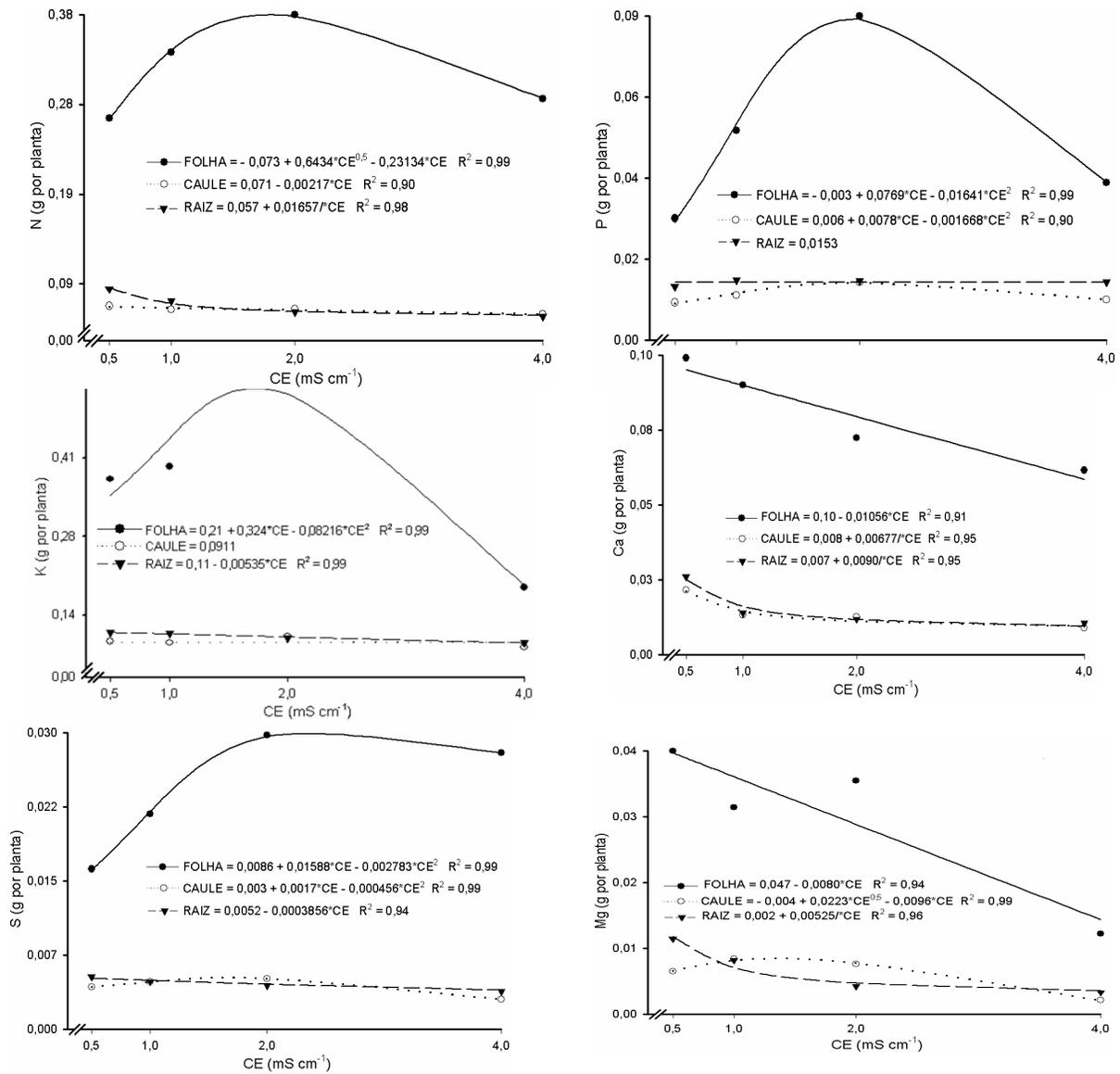


Figura 3. Acúmulo de N, P, K, S, Ca e Mg nas folhas, caules e raiz de plantas de alface var. BR 303 lisa em função das condutividades elétricas da solução nutritiva de cultivo.

Cálcio

Os teores de Ca na folha, caule e raiz decresceram significativamente com o aumento da CE. Os teores de Ca nos tratamentos 1,0, 2,0 e 4,0 mS cm^{-1} , apresentaram-se abaixo do limite (1,5-2,5 dag kg^{-1}) proposto por Raij *et al.* (1997) como adequados para folhas de alface. Com redução de aproximadamente 49,9; 57,2 e 57,8% nas folhas, caule e raiz para o tratamento 4,0 mS cm^{-1} , os teores de Ca apresentaram-se muito abaixo do nível crítico, sugerindo que a deficiência de Ca provavelmente foi

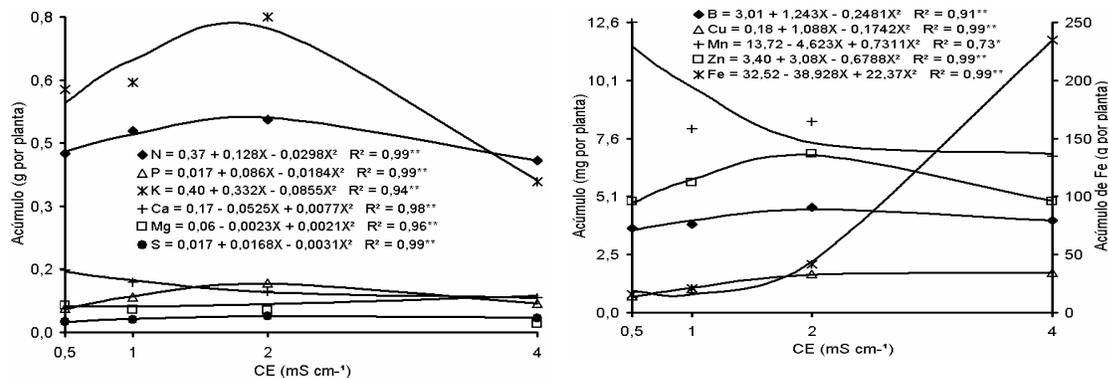


Figura 4. Acúmulo de macro e micronutrientes na planta inteira de alface var. BR 303 lisa em função das diferentes condutividades

Resultados diferentes foram observados por Huett (1994), cultivando plantas de alface (cv. Coolguard), em solução com baixa CE (0,4 mS cm^{-1}), observou deficiências de nitrogênio e potássio, e altos teores de cálcio em folhas novas, sendo que as deficiências diminuíram com o aumento da CE da solução nutritiva.

O acúmulo máximo de cálcio foi de 0,14 g por planta obtida na CE de 0,5 mS cm^{-1} (Figura 4), sendo que as folhas foram responsáveis por 67,2%, o caule com 15,0% e as raízes com 17,7% (Figura 3).

Magnésio

O teor de Mg na folha teve um comportamento exponencial, com máximo de 0,81 dag kg^{-1} , em 0,5 mS cm^{-1} , em seguida o teor na folha (0,67; 0,46 e 0,22 dag kg^{-1}) apresentou decréscimo relativo de 17,3; 43,2 e 72,8% para 1,0, 2,0 e 4,0 mS cm^{-1} , respectivamente. Plantas com CE 4,0 mS cm^{-1} , apresentaram teor de Mg de 0,22 dag kg^{-1} estando abaixo do limite de 0,4-0,6 dag kg^{-1} propostos por Raij *et al.* (1997) como adequados para folhas de alface. O teor de Mg no caule teve um comportamento raiz quadrático, com máximo de 0,66 dag kg^{-1} , para 1,3 mS cm^{-1} , perfazendo incrementado de 19,6% em relação ao 0,5 mS cm^{-1} , com o aumento da condutividade, houve decréscimo de 74,2% em 4,0 mS cm^{-1} (Figura 2). O teor de Mg reduziu-se, na raiz em 0,81; 0,61;

responsável pela queima dos bordos apresentadas nas folhas de alface. Malavolta (1980), afirma que o fornecimento inadequado de Ca é caracterizado pelo surgimento de necrose, principalmente nas extremidades das folhas em desenvolvimento, toda vez que a principal função do cálcio na manutenção da integridade da parede celular é comprometida. Por outro lado, a ocorrência da deficiência do cálcio é provocada pela alta salinidade do meio segundo Collier & Tibbitts (1982) citado por Bennini (2003).

0,32 e 0,26 dag kg^{-1} apresentando decréscimo relativo de 24,7; 60,5 e 67,9% para 1,0, 2,0 e 4,0 mS cm^{-1} , respectivamente.

O total acumulado de Mg na planta foi de 0,06 g por planta, obtida na CE de 0,5 mS cm^{-1} (Figura 4), sendo que as folhas foram responsáveis por 70,0%, o caule com 10,7% e as raízes com 19,2% (Figura 3). O magnésio acumulou em quantidades menores que o cálcio, fato contrário foi verificado em outras hortaliças como em melancia, quando o maior acúmulo foi de magnésio (GRANGEIRO; CECÍLIO FILHO, 2004, 2005), em batata (GRANGEIRO, *et al.*, 2007) e tomate (FAYAD, *et al.* 2001).

Enxofre

O teor máximo de enxofre na folha (0,42 dag kg^{-1}) foi observado no tratamento de 4,0 mS cm^{-1} , estando acima do limite (0,15-0,25 dag kg^{-1}) propostos por Raij *et al.* (1997). O teor de S no caule teve um comportamento quadrático, com máximo de 0,36 dag kg^{-1} , para 1,7 mS cm^{-1} , perfazendo incremento de 13,2% em relação a 0,5 mS cm^{-1} . Com aumento da condutividade, houve decréscimo de 38,9% em 4,0 mS cm^{-1} . O teor de S reduziu-se na raiz (0,34; 0,32; 0,29 e 0,28 dag kg^{-1}) apresentando decréscimos relativos de 5,9; 14,7 e 17,6% para 1,0, 2,0 e 4,0 mS cm^{-1} , respectivamente em relação a 0,5 mS cm^{-1} (Figura 2).

O enxofre foi o macronutriente de menor acúmulo pela alface, com o máximo de 0,04 g por planta obtida na CE de 2,7 mS cm⁻¹ (Figura 4), sendo que as folhas foram responsáveis por 77,7%, o caule com 11,8% e as raízes com 10,5% (Figura 3).

Micronutrientes

Observou-se que não houve diferença significativa nos tratamentos para os teores de boro na folha (Y = 46,54 mg kg⁻¹). O teor de cobre na folha (Y = -10,55 + 32,74*CE^{0,5} - 9,06*CE R² = 0,91) nos tratamentos 0,5 e 1,0 mS cm⁻¹, apresentaram valores abaixo do nível crítico, no entanto, com o aumento da CE houve aumento na

concentração deste nutriente. Para o nutriente ferro na folha (Y = 644,31 - 890,24*CE + 332,58*CE² R² = 0,96), os valores observados foram acima do nível crítico em todos os tratamentos, principalmente no tratamento 4,0 mS cm⁻¹. Em relação ao teor de manganês na folha (Y = 250,02 - 179,73*CE + 34,27*CE² R² = 0,96) observou-se decréscimo com aumento da condutividade. O teor de zinco na folha (Y = 3,19 + 109,02*CE - 44,11*CE² R² = 0,90), apresentou efeito significativo com o aumento da condutividade permanecendo dentro da faixa (30-100 mg.kg⁻¹). Tais observações foram também semelhantes em relação aos órgãos raiz e caule (Figura 5).

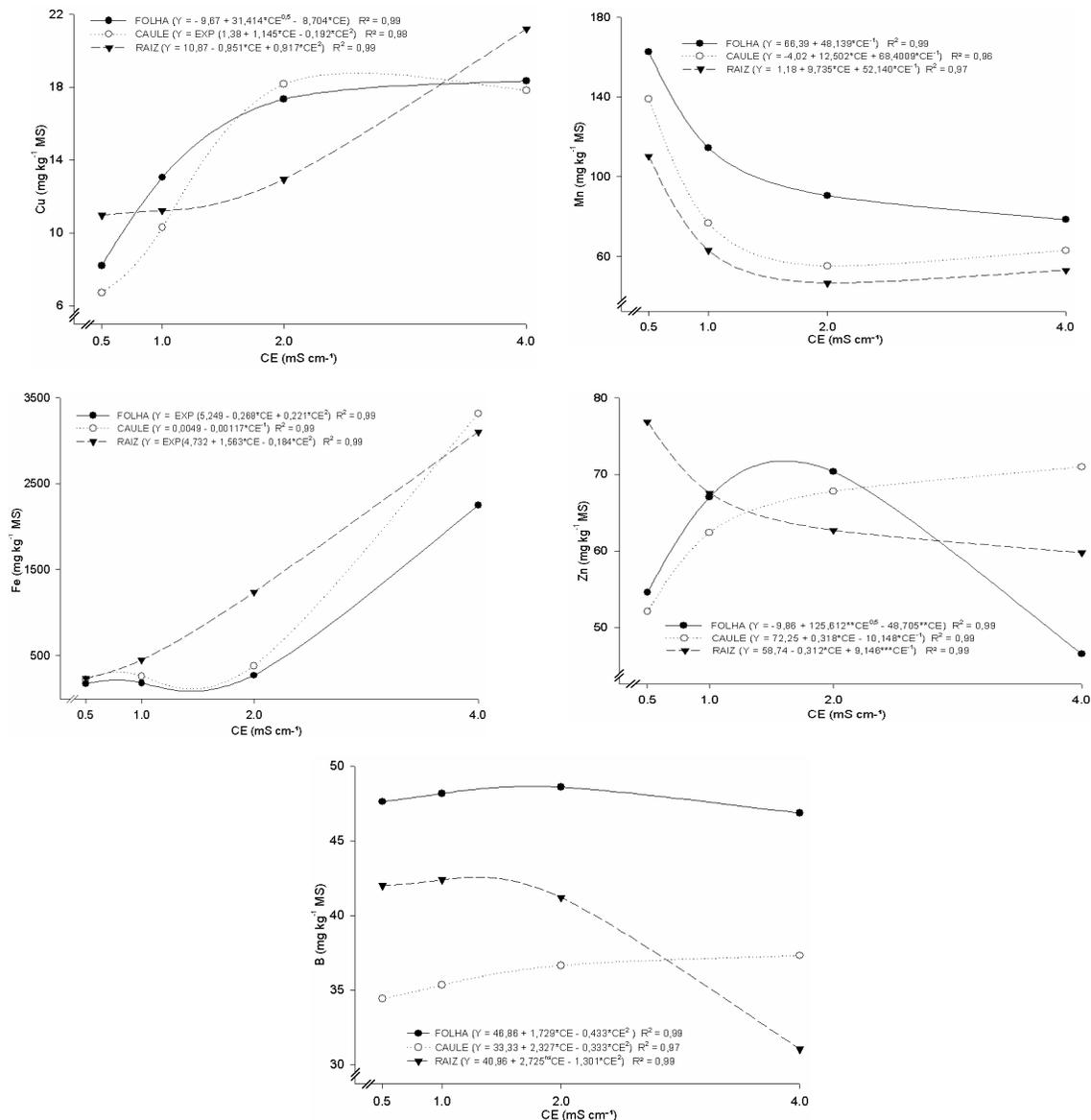


Figura 5. Teores de Fe, Zn, Cu, Mn e B nas folhas, caules e raiz de plantas de alface var. BR 303 lisa em função das diferentes condutividades elétricas da solução nutritiva de cultivo.

O ferro acumulou de 234,7 mg por planta, obtida na CE de 4 mS cm⁻¹ (Figura 4), sendo que as folhas foram responsáveis por 63,1%, o caule com 18,9% e as raízes com 17,9% (Figura 6). O total acumulado de zinco pela cultivar de alface Brasil 303, foi de 6,89 mg por planta, obtida na CE de 2,3 mS cm⁻¹ (Figura 4), sendo que as folhas foram responsáveis por 73,4%, o caule com 13,7% e as raízes com 12,8% (Figura 6). O total acumulado de cobre pela cultivar de alface Brasil 303, foi de 1,88 mg por planta, obtida na CE de 3,1 mS cm⁻¹ (Figura 4), sendo que as folhas foram responsáveis por

72,3%, o caule com 14,6% e as raízes com 13,1% (Figura 6).

O manganês acumulou de 11,6 mg por planta, obtida na CE de 0,5 mS cm⁻¹ (Figura 4), sendo que as folhas foram responsáveis por 71,9%, o caule com 14,5% e as raízes com 13,5% (Figura 6). O total acumulado de boro pela cultivar de alface Brasil 303, foi de 4,57 mg por planta, obtida na CE de 2,5 mS cm⁻¹ (Figura 4), sendo que as folhas foram responsáveis por 77,1%, o caule com 11,3% e as raízes com 11,6% (Figura 6).

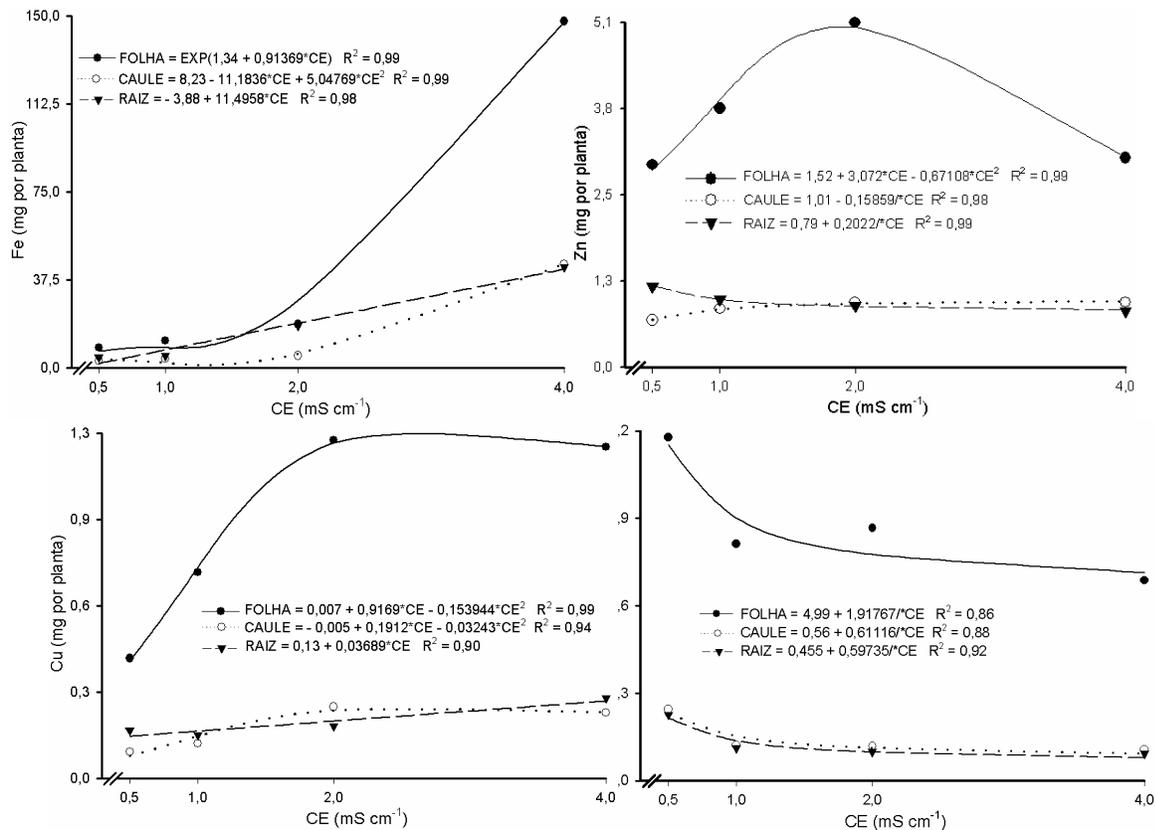


Figura 6. Acúmulo de Fe, Zn, Cu, Mn e B nas folhas, caules e raiz de plantas de alface var. BR 303 lisa em função das diferentes condutividades elétricas da solução nutritiva de cultivo.

CONCLUSÕES

O acúmulo de macronutrientes e de micronutrientes pela alface cultivar Brasil 303 apresentou redução significativa nos diferentes órgãos da planta na condutividade elétrica de 4 mS cm⁻¹, com exceção do ferro.

A maior exigência nutricional da alface para os macronutrientes foi K, N, Ca, P, Mg e S e dos micronutrientes foram Fe, Mn, Zn, B e Cu.

A condutividade elétrica de 2,6 mS cm⁻¹ apresentou produção máxima de 1.277,35 g por planta, mesmo inibindo o crescimento radicular.

A salinidade de 4 mS cm⁻¹ afetou a relação raiz parte aérea reduzindo em 47%.

ABSTRACT: The nutrient solutions used in hydroponic crops of lettuce have electrical conductivities that vary from 1,5 to 2,5 ms cm⁻¹. The objective of this study was to evaluate the influence of different electrical conductivities in

the productivity of the variety of BR 303 lettuce. The experiment was conducted in a greenhouse at the Department of Plant Science of Federal University of Viçosa, between March and June 2005, with 4 treatments in a completely ruffled design with six replicates. For the treatments were allocated the types of nutrient solutions obtained by different concentrations (0.5, 1.0, 2.0 and 4.0 mS cm⁻¹). We evaluated the growth characteristics, dry matter and nutrient content. The accumulation of macronutrients and micronutrients by the cultivar Brazil lettuce 303 decreased significantly in different plant organs in the electrical conductivity of 4 mS cm⁻¹, with the exception of iron. The biggest nutritional requirement of lettuce to the macronutrients was K, N, Ca, P, Mg and S and to the micronutrients it was Fe, Mn, Zn, B and Cu. The electrical conductivity of 2.6 mS cm⁻¹ showed maximum production of 1277.35 g per plant, even inhibiting root growth. The salinity of 4 mS cm⁻¹ affected the relation root air part reducing it in 47%.

KEYWORDS: *Lactuca sativa* L., Hydroponic. Mineral nutrition.

REFERÊNCIAS

- 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, 2003.
- BACKES, F. A. A. L.; SANTOS, O. S.; PILAU, F. G.; BONNECARRÈRE, R. A. G.; MEDEIROS, S. L. P.; FAGAN, E. B. Reposição de nutrientes em solução nutritiva para o cultivo hidropônico de alface. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 5, p. 1407-1414, 2004.
- CASTELLANE, P. D.; ARAÚJO, J. A. C. **Cultivo sem solo – Hidroponia**. 4ª ed. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 43p.
- CLAUSSEN, W. Growth, water use efficiency, and proline content of hydroponically grown tomato plants as affected by nitrogen source and nutrient concentration. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 247, n. 1, p. 199-209, 2002.
- COCK, W. R. S.; TARDIN, F. D.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; SCAPIM, C. A.; AMARAL, J. F. T.; CUNHA, G. M.; BRESSAN-SMITH, R. E.; PINTO, R. J. B. Seleção de genótipos de alface eficientes na absorção do fósforo. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 59-64, 2003.
- COMETTI, N. N.; MATIAS, G. C. S.; ZONTA, E.; MARY, W.; FERNANDES, M.S. Efeito da concentração da solução nutritiva no crescimento da alface em cultivo hidropônico–sistema NFT. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 2, p. 252-257, 2008.
- COSTA, P. C.; DIDONE, E. B.; SESSO, T. M.; CAÑIZARES, K. A. L.; GOTO, R. Conductividade elétrica da solução nutritiva e produção de alface em hidroponia. **Scientia Agrícola**, v. 58, n. 3, p.595-597, 2001.
- FAYAD, J. A.; FONTES, P. C. R.; CARDOSO, A. A.; FINGER, L. F.; FERREIRA, F. A. Crescimento e produção do tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 3, p. 365-370, 2001.
- FLOWER, T. J.; YEO, A. R. Ion relations of plants under drought and salinity. **Australian Journal of Plant Physiology**, Collingwood, v. 113, p. 75-79, 1986.
- FURLANI, P. R. **Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia-NFT**. Campinas: Instituto Agrônomo. 30 p. (Boletim técnico, 168). 1997.
- GERVÁSIO, E. S.; CARVALHO, J. A.; SANTANA, M. J. Efeito da salinidade da água de irrigação na produção da alface americana. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 125-128, 2000.

GRANGEIRO, L. C.; NEGREIROS, M. Z.; SOUZA, B. S.; AZEVÊDO, P. E.; OLIVEIRA, S. L.; MEDEIROS, M. A. Acúmulo e exportação de nutrientes em beterraba. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 267-273, 2007.

GRANGEIRO, L. C.; CECÍLIO FILHO, A. B. Acúmulo e exportação de macronutrientes pelo híbrido de melancia Tide. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 93-97, 2004.

GRANGEIRO, L. C.; CECÍLIO FILHO, A. B. Acúmulo e exportação de nutrientes em melancia sem sementes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 3, p. 763-767, 2005.

HUETT, D. O. Growth, nutrient uptake and tipburn severity of hydroponic lettuce in response to electrical conductivity and K:Ca ratio in solution. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 45, n. 1, p. 251-267, 1994.

LANA, R. M. Q.; ZANÃO JÚNIOR, L. A.; LUZ, J. M. Q.; SILVA, J.C. Produção da alface em função do uso de diferentes fontes de fósforo em solo de Cerrado. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 3, p. 525-528, 2004.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MARTINEZ, H. E. P.; SILVA FILHO, J. B. **Introdução ao cultivo hidropônico de plantas**. 3ª. Ed. Viçosa: UFV, 111p., 2006.

OHSE, S.; DOURADO-NETO, D.; MANFRON, P. A.; SANTOS, O. S. Qualidade de cultivares de alface produzidos em hidroponia. *Scientia Agricola*, v.58, n.1, p.181-185, jan./mar. 2001

RAIJ, B. VAN; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agronômico/Fundação IAC, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100).

SANTOS, R. H. S.; SILVA, F.; CASALI, V. W. D.; CONDÉ, A. R. Efeito residual da adubação com composto orgânico sobre o crescimento e produção de alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.11, p. 1395-1398, 2001.

SHANNON, M. C. Adaptation of plants to salinity. **Advances in Agronomy**, Newark, v. 60, n. 1, p. 75-120, 1997.

SIDDIQI, M. V.; KRONZUCKER, H. J.; BRITTO, D. T.; GLASS, D. M. Growth of a tomato crop at reduced nutrient concentrations as a strategy to limit eutrophication. **Journal Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 21, n. 9, p. 1879-1895, 1998.

VAN OS, E. A.; BENOIT, F. State of the art of dutch and belgian greenhouse horticulture and hydroponics. **Acta Horticulturae**, Ontario, v. 481, n. 4, p. 765-767, 1999.

VIANA, S. B. A.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L.; CARNEIRO, P. T. Índices morfofisiológicos e de produção de alface sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 23-30, 2004.