

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**CARACTERIZAÇÃO DE SINTOMAS VISUAIS DE DEFICIÊNCIA
DE MACRONUTRIENTES EM ALFACE**

Marilsa Aparecida Rodrigues

Engenheira Agrônoma

JABOTICABAL - SÃO PAULO - BRASIL

2012

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**CARACTERIZAÇÃO DE SINTOMAS VISUAIS DE DEFICIÊNCIA
DE MACRONUTRIENTES EM ALFACE**

Marilsa Aparecida Rodrigues

Orientador: Prof. Dr. Arthur Bernardes Cecílio Filho

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Ciência do Solo)

JABOTICABAL - SÃO PAULO - BRASIL

2012

Rodrigues, Marilsa Aparecida
R696c Caracterização de sintomas visuais de deficiência de
macronutrientes em alface / Marilsa Aparecida Rodrigues . --
Jaboticabal, 2012
xi, 23 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2012

Orientador: Arthur Bernardes Cecílio Filho

Banca examinadora: Braúlio Luciano Alves Rezende, Roberto
Botelho Ferraz Branco.

Bibliografia

1. *Lactuca sativa*. 2. Alface-nutrição mineral. 3. Alface-deficiência
nutricional. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e
Veterinárias.

CDU 635.52

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço
Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.
e-mail: apro@ig.com.br

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

MARILSA APARECIDA RODRIGUES – Natural de Muniz Freire, ES, nascida em 22 de agosto de 1976, filha de Fernando Pedro Rodrigues e Ilidia Cecília da Costa Rodrigues. Graduiu-se em agronomia pelo Instituto Taquaritinguense de Ensino Superior, na cidade de Taquaritinga, SP, em dezembro de 2008. Em agosto de 2009 iniciou o curso de Pós-Graduação em Agronomia (Ciência do Solo) pela FCAV/UNESP, Câmpus de Jaboticabal, sendo bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

“Levantem os olhos sobre o mundo e vejam o que está acontecendo à nossa volta, para que amanhã não sejamos acusados de omissão, se o homem, num futuro próximo, solitário e nostálgico de poesia, encontrar-se sentado no meio de um parque forrado com grama plástica, ouvindo cantar um sabiá eletrônico, pousado no galho de uma árvore de cimento armado” (Revista de Direito Penal, 24:91).

OFEREÇO

Aos meus pais, Fernando Pedro Rodrigues, *in memoriam* e Ilidia Cecília da Costa Rodrigues;

Aos meus irmãos Fernando Sérgio Rodrigues; Helisson Rodrigues;

As minhas irmãs Vanusa Cristina Rodrigues e Simone Rodrigues;

A minha cunhada Verônica Cristina Gomes Rodrigues;

Aos meus sobrinhos Rhuan da C. Rodrigues de Araújo e Clara Gomes Rodrigues.

DEDICO

Ao meu companheiro desta jornada amor eterno Célio de Azevedo Souza Junior pelo amor e apoio;

Ao meu filho Davi Rodrigues de Souza.

AGRADECIMENTOS

Á Deus pela oportunidade de viver esse momento.

À Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho', Campus de Jaboticabal, pela oportunidade de mais uma realização intelectual.

Ao Prof. Dr. Arthur Bernardes Cecílio Filho, pela sua dedicação, generosidade, orientação, amizade e exemplo a ser seguido.

À Capes, pela bolsa de estudo concedida.

Aos Funcionários do Setor de Olericultura, Srs. Cláudio, Inaúro, Reinaldo e João pelos ensinamentos, amizade e contribuição com o trabalho.

Ao Prof. Dr. Jairo Osvaldo Cazetta e técnico José Carlos de Freitas, do Departamento de Tecnologia, pela realização das análises.

Ao Prof. Dr. José Carlos Barbosa pelas análises estatísticas.

A Sidnéia, Departamento de Produção Vegetal, pela ajuda nas atividades laboratoriais.

As amigas e amigos: Maria L. P. da Silva, Matheus Bianco, Frávia Brandão, Lucas A. Gaion, Ivan de Araújo, Letícia Ito, Uliana Pimentel e Vanessa Galatti, pela ajuda na condução do meu experimento.

Aos meus amigos de todos os momentos: Gilson S. da Silva, Juan W. Mendoza Cortez, Gisele S. Batista, Renata Mazzini, Ludmilla Cavallari e Ana C. Machado, pela paciência em me ensinar e amizade.

E a todos que de uma forma especial participaram dessa nova etapa de minha vida.

SUMÁRIO

| | Página |
|---------------------------------------|--------|
| LISTA DE FIGURAS | ix |
| RESUMO | x |
| ABSTRACT | xi |
| 1 INTRODUÇÃO | 1 |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA | 3 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS | 5 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 8 |
| 4.1 Nitrogênio | 8 |
| 4.2 Fósforo | 10 |
| 4.3 Potássio | 12 |
| 4.4 Cálcio | 13 |
| 4.5 Magnésio | 15 |
| 4.6 Enxofre | 16 |
| 5 CONCLUSÕES | 17 |
| 6 REFERÊNCIAS | 18 |

FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Sintomas visuais de deficiência de Nitrogênio - UNESP, Jaboticabal – SP, 2010..... | 9 |
| Figura 2. Sintomas visuais de deficiência de Fósforo - UNESP, Jaboticabal – SP, 2010..... | 10 |
| Figura 3. Sintomas visuais de deficiência de Potássio - UNESP, Jaboticabal – SP, 2010 | 12 |
| Figura 4. Sintomas visuais de deficiência de Cálcio - UNESP, Jaboticabal – SP, 2010..... | 14 |
| Figura 5. Sintomas visuais de deficiência de Magnésio - UNESP, Jaboticabal – SP, 2010..... | 15 |

CARACTERIZAÇÃO DE SINTOMAS VISUAIS DE DEFICIÊNCIA DE MACRONUTRIENTES EM ALFACE

RESUMO - O diagnóstico de problemas nutricionais, mediante a observação de sintomas, tem grande importância prática porque permite tomar decisões rápidas no campo para a correção das deficiências. O objetivo do trabalho foi descrever e fotografar os efeitos das omissões de cada macronutriente em cultivares de alface. O experimento foi conduzido em hidroponia, técnica do fluxo laminar de nutrientes, na UNESP, Câmpus de Jaboticabal, no Estado de São Paulo. Foram avaliados sete tratamentos: solução nutritiva completa, e as omissões de N, P, K, Ca, Mg e S, em delineamento experimental de blocos ao acaso, com três repetições. Os tratamentos com omissão de P, Ca e S na solução nutritiva foram aplicados no mesmo dia do transplante das mudas de alface do “berçário” para os canais de crescimento final. Quatro dias após foram aplicadas as soluções com omissão de N, K e Mg. Os sintomas visuais de deficiências, nas condições experimentais, surgiram na seguinte ordem de ocorrência: N, K, Mg, P, Ca. A omissão de enxofre não proporcionou sintomas visuais de carência no nutriente. Entre as cultivares, a visualização dos sintomas de carência nutricional foram facilmente visualizados em Verônica e Lucy Brown e dificilmente identificados na Oak Leaf Red Pixie.

Palavras-chave: *Lactuca sativa*; nutrição mineral; deficiência nutricional.

Characterization of deficiency symptoms of macronutrients in lettuce

SUMMARY- Diagnosis of nutritional problems through observation of symptoms has great practical importance because it allows making quick decisions in the field for correction of deficiencies. This study aimed to describe and photograph the effects of macronutrient omission in lettuce cultivars. Seven treatments were evaluated: complete nutrient solution and the omission of N, P, K, Ca, Mg and S in randomized blocks design with three replications. Treatments were applied to cultivars Oak Leaf Red Pixie (crisp group without head, reddish leaves), Lucy Brown (American group, smooth, green leaves) and Veronica (crisp group without head, green leaves). Treatments with the omission of Ca, P and S in nutrient solution were applied on the same day that the lettuce seedlings were transplanted from "nursery" to the channels of final growth. After four days, it were applied the solutions with the omission of N, K and Mg. Visual symptoms of deficiency under the experimental conditions appeared to occur in the following order: N, K, Mg, P and Ca. The omission of S did not show the visual symptoms of nutrient deficiency. Among the cultivars, the symptoms of nutritional deficiency were easily observed in 'Veronica' and 'Lucy Brown' and hardly identified in the 'Red Oak Leaf Pixie.

Keywords: *Lactuca sativa*; mineral nutrition; nutritional deficiency.

1 INTRODUÇÃO

A alface é a principal hortaliça-folhosa cultivada e consumida no Brasil, estando entre as dez hortaliças mais apreciadas para consumo *in natura* (YURI et al., 2004). Como se trata de uma hortaliça cultivada em todo o território brasileiro, há grande variação no ambiente de cultivo, sobretudo quanto ao clima e solo, com respostas distintas para uma mesma cultivar e manejo.

Informações disponíveis aos produtores nem sempre são suficientemente completas para permitir um bom manejo da cultura e otimizar a produção e a qualidade da alface. Dentre os fatores do manejo cultural com maior grau de dificuldade para os produtores e técnicos extensionistas tem-se a nutrição mineral. Essa, por sua vez, é influenciada pela fertilização da cultura, a qual, ainda hoje, é realizada de forma inadequada, por parte dos olericultores, sem o conhecimento das reais condições do sistema de produção e das necessidades das plantas, ocasionando desequilíbrios nutricionais que acarretam diminuição na produção e na qualidade do produto.

Diante do exposto, para que o produtor e técnico tenham condição de aprimorar o manejo cultural, há necessidade de se fazer o acompanhamento do estado nutricional, que permite avaliar a resposta da planta não só à adubação, mas também à interação desta com todo o sistema de produção. Conhecer o estado nutricional da planta permite identificar qual ou quais nutrientes estão limitando o crescimento, o desenvolvimento, a produção e a qualidade da hortaliça. Contudo, na literatura, quando existentes, há retratação de sintomas severos de deficiência nutricional, o que pouco interessa ao produtor e técnico extensionista (SILVA, 2006). Há necessidade de fotos retratando as carências desde o início de visualização do sintoma e a sua evolução, assim como de associar os teores foliares nesses momentos. De acordo com MOLINA (1997) e FONTES (2006), o diagnóstico de problemas nutricionais, mediante a observação de sintomas, tem grande importância prática porque permite tomar decisões rápidas no campo para a correção das deficiências.

Assim, o presente trabalho teve como objetivo descrever e fotografar os efeitos das omissões de cada macronutriente em cultivares de alface.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A diagnose visual consiste em caracterizar, descrever e, ou, fotografar, mais precoce e detalhadamente possível, os sintomas de deficiência na planta problema e compará-los com os sintomas-padrões de deficiência para cada nutriente descrito na literatura (FONTES, 2001). Essa técnica, segundo o mesmo autor é de custo reduzido e de maior rapidez no diagnóstico, podendo ser realizado no campo. Além disso, a diagnose visual pode auxiliar no direcionamento de futuras análises químicas para alguns nutrientes específicos, após a eliminação de outras possibilidades, além de ser ferramenta útil na confirmação de resultados da análise foliar. Desta forma, segundo SILVA (2006), a diagnose visual é difundida entre pesquisadores, técnicos e extensionistas, visto ser uma técnica auxiliar na identificação de deficiência ou excesso de um nutriente.

A disponibilidade dos nutrientes no meio afeta significativamente as concentrações nos tecidos vegetais, e ser extremamente baixas ou elevadas são traduzidas em anormalidades visíveis nas folhas, típicas para cada nutriente (MALAVOLTA et al., 1997). Os sintomas ocorrem segundo sua função e mobilidade na planta (VITTI & TREVISAN, 2000), distintos conforme o órgão da planta ou a espécie (FONTES, 2001) e são a expressão de distúrbios metabólicos, resultantes do suprimento insuficiente de um elemento essencial (TAIZ & ZEIGER, 2004).

Segundo PRADO & CASALI (2006), apesar dos nutrientes minerais comporem apenas cerca de 5,0% da matéria seca são essenciais para a planta completar seu ciclo de vida exercendo de forma adequada sua defesa, crescimento e reprodução, onde esse elemento não pode ser substituído por outro elemento químico qualquer.

ALMEIDA et al. (2011) observaram que a ordem decrescente quanto a absorção de nutrientes da alface cv. Verônica, no tratamento com solução nutritiva completa, para as variáveis de crescimento da parte aérea, raiz e planta inteira, foram $K > N > Ca > Mg > P > S$, $N > K > P > S > Ca > Mg$ e $K > N > Ca > P > Mg > S$, respectivamente, destacando-se o potássio e o nitrogênio como os mais absorvidos pela cultura.

Semelhantemente, SANCHEZ (2007) observou a mesma ordem decrescente quanto ao seu acúmulo de macronutrientes nas folhas em cultivares de alface crespa. No entanto, FURLANI (1995) e CORTEZ et al. (2000) observaram a seguinte ordem para a extração de macronutrientes: $K > N > Ca > P > Mg$, sendo esta mesma sequência também obtida por GARCIA (1982), só que em condições de solo. GONDIM et al. (2010) citam que a maior exigência nutricional da alface para os macronutrientes foram K, N, Ca, P, Mg e S e dos micronutrientes foram Fe, Mn, Zn, B e Cu.

PUGA et al. (2010), relatam que em *Cichorium endivia* L., a omissão de N, P, K, Ca, Mg e S, reduziu a produção de matéria seca da parte aérea em 80%, 87%, 86%, 96%, 78% e 35%, respectivamente, em relação ao tratamento completo. Já a matéria seca das raízes foi reduzida em 37%, 25%, 75%, 95% e 72% com a omissão de N, P, K, Ca e Mg, respectivamente. Não houve diferença na matéria seca da raiz na omissão de enxofre (S) em relação à solução completa.

AVALHÃES et al. (2009) observaram que a omissão de N, P, K, Ca e Mg foram as que mais limitaram a produção de matéria seca em repolho. A deficiência de um nutriente, além de promover diminuição do teor na parte aérea, causou um desequilíbrio entre os demais nutrientes e conseqüentemente houve alterações morfológicas.

Segundo MOTA et al. (2009), as deficiências de N, P, K, S e B interferem no desenvolvimento da couve-da-Malasia, causando redução do porte, da área foliar e do acúmulo de massa verde, com comprometimento do seu ciclo de vida.

BERNAL et al. (2008), caracterizando deficiências de macronutrientes em plantas de cebolinha, cita que os nutrientes mais limitantes na produção de massa seca foram em ordem decrescente no primeiro corte: $P > Mg > S > Ca > N > K$; e no segundo corte: $P > N > K > S > Ca > Mg$.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em hidroponia, técnica do fluxo laminar de nutrientes (nutrient film technique NFT), em casa de vegetação do Setor de Olericultura e Plantas Aromático-Medicinais, pertencente ao Departamento de Produção Vegetal, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, da UNESP, Câmpus de Jaboticabal, no estado de São Paulo, a 21°15'22" Sul e 48°18'58" Oeste, e altitude de 575 metros.

As mudas de alface das cultivares Oak Leaf Red Pixie (grupo crespa, sem cabeça, folhas avermelhadas), Lucy Brown (grupo americana, lisa, verde) e Verônica (grupo crespa, sem cabeça, verde) foram formadas em placas de espuma fenólica, com unidades (células) de 2 x 2 x 2 cm, com uma planta de alface por célula. Previamente à semeadura que ocorreu em 12-10-2010, realizou-se a lavagem da espuma em água corrente, por 5 minutos, para eliminação de resíduos. A placa de espuma fenólica semeada foi acondicionada em casa de vegetação, para germinação, emergência e crescimento inicial das plântulas, recebendo apenas água corrente.

Após 10 dias da emergência, as células da espuma fenólica foram separadas e as mudas foram transferidas para canais de polipropileno de cultivo hidropônico, de 5 cm de largura, no sistema NFT com reaproveitamento e recirculação da solução nutritiva. O fornecimento da solução nutritiva foi intermitente, alternando-se 15 minutos com circulação e 15 minutos sem circulação. Os canais desta estrutura, denominada de "berçário", tinham 5% de declividade e, corresponderam ao período de crescimento das plantas (fase 2) antes de seguirem para os canais de crescimento final. Nessa fase, a solução nutritiva recomendada para alface foi a de FURLANI (1998), porém com 19,2; 139,2; 31,2; 144; 114,0; 32 e 41,6 mg L⁻¹ de N-NH₄⁺, N-NO₃⁻, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente, correspondentes a 80% das concentrações dos macronutrientes e 100% das concentrações dos micronutrientes, com 0,3; 0,02; 2,0; 0,40; 0,06 e 0,06 mg L⁻¹ de B, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn, respectivamente. Os fertilizantes utilizados na solução nutritiva completa e nos tratamentos, foram nitrato de cálcio, nitrato de potássio, nitrato de amônio, nitrato de magnésio, monoamônio fosfato, sulfato de magnésio, sulfato de

potássio, cloreto de potássio, acetato de potásio, fosfato monopotássico, diamônio fosfato, ácido bórico, sulfato de cobre, hidroferro, sulfato de manganês, molibdato de amônio e sulfato de zinco.

As mudas de alface permaneceram no “berçário” por 22 dias, com espaçamento de 5 x 6 cm. Em 16-11-2010, quando realizou-se o transplante das mudas para os canais de crescimento final (fase 3), 15 plantas de cada cultivar foram aleatoriamente amostradas e tiveram seu crescimento quantificado. As plantas de alface ‘Oak Leaf Red Pixie’, ‘Lucy Brown’ e ‘Verônica’ apresentavam 7,2; 6,6 e 5 folhas; 160,175 e 170 cm² de área foliar e 0,4; 0,6 e 0,5 g de matéria seca da parte aérea, respectivamente.

Na fase 3, as plantas foram colocadas em canais de 10 cm de diâmetro, correspondentes a tubos de PVC cortados longitudinalmente e cobertos com papel multicamadas. O espaçamento entre plantas de alface foi de 0,25 x 0,17 m. Os canais possuíam a mesma declividade e a solução nutritiva foi fornecida de modo intermitente, assim como na fase 2. Os reservatórios das soluções nutritivas foram caixas de polietileno com tampa e capacidade para 150 litros. O bombeamento das soluções nutritivas, na cabeceira dos canais, foi realizado uniformemente por bombas hidráulicas submersas (uma por reservatório, por parcela) marca Chosen[®], modelo Power Head CX-300, com vazão de 1000 L h⁻¹, via mangueira. O acionamento das bombas foi controlado por um temporizador, com circulação da solução nutritiva de 7h às 18 h.

Os tratamentos foram aplicados na fase 3 em épocas distintas. Os tratamentos com solução nutritiva completa e soluções com omissão de P, Ca e S foram aplicados no mesmo dia do transplante das mudas de alface do “berçário” (fase 2) para os canais de crescimento final (fase 3). Quatro dias após foram aplicadas as soluções com omissão de N, K e Mg. Portanto, foram avaliados sete tratamentos: T₁ – solução completa (SC); T₂ – sem nitrogênio (-N); T₃ – sem fósforo (-P); T₄ – sem potássio (-K); T₅ – sem cálcio (-Ca); T₆ – sem magnésio (-Mg) e T₇ – sem enxofre (-S), sob delineamento experimental de blocos ao acaso, com três repetições. Para o tratamento com omissão de cálcio, foi utilizada água deionizada, devido à presença de 16 mg L⁻¹ de Ca na água de abastecimento da hidroponia.

O pH de cada solução foi acompanhado no início da terceira fase a cada dois dias, no período da manhã, e mantido os valores entre cinco e seis, utilizando-se de papel indicador de pH, da marca Merck. Quando necessário, utilizou-se de ácido sulfúrico para abaixar o pH, exceto no tratamento com omissão de enxofre, onde foi utilizado ácido nítrico. A condutividade elétrica (CE) de cada solução foi mantida entre 1,5 e 2,2 dS m⁻¹, utilizando um condutivímetro digital de bolso, modelo DiST4, marca Hanna.

Foi avaliado o número de dias para aparecimento dos sintomas iniciais de deficiências visuais de nutrientes para cada tratamento; registro fotográfico dos sintomas, por câmera digital, KODAK EASYHARE C180, desde a sua visualização até o final do ciclo, aos 54 dias da semeadura, quando se fez a colheita. Os dados de matéria seca de cada cultivar foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, com o auxílio do programa AgroEstat- (BARBOSA & MALDONATO, 2010).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As cultivares de alface Oak Leaf Red Pixie, Lucy Brown e Verônica, cultivadas em solução nutritiva completa, se desenvolveram normalmente e sem sintomas de deficiência, com crescimento normal das plantas.

4.1 Nitrogênio

Quatro dias após a omissão de nitrogênio na solução nutritiva, foi observado o início dos sintomas de deficiência desse nutriente em todas as cultivares. Inicialmente, nas cultivares Verônica e Lucy Brown, a coloração verde das folhas mais velhas ficou mais clara, no entanto a cultivar 'Oak Leaf Red Pixie',apresentou coloração púrpura (Figura 1). Esse sintoma está associado com a menor quantidade de clorofila, que deixa de ser sintetizada, ou é degradada (PRADO et al., 2007). Os sintomas foram observados primeiramente nas folhas velhas devido à sua alta mobilidade (MALAVOLTA, 2006). O N é um nutriente que as plantas podem redistribuir imediatamente (BERGMANN, 1992). Quando o suprimento de N das raízes é insuficiente, o N das folhas velhas é mobilizado para o tecido mais novo. As proteínas das folhas mais velhas sofrem proteólise, sendo hidrolisadas, e os aminoácidos são redistribuídos para folhas e tecidos novos (MENGEL & KIRKBY, 1987).

Três dias após a visualização da deficiência, a intensidade da cor verde diminuiu nas folhas mais novas da alface 'Verônica' e nas folhas velhas, o amarelecimento progrediu para branqueamento e morte das folhas (Figura 1), sintomas que não foram observados na 'Oak Leaf Red Pixie'. Por outro lado, nessa cultivar, exceto nas folhas mais velhas, foi observado aumento na cor púrpura e praticamente ausência do mosqueado verde-púrpuro característico da cultivar (Figura 1). Provavelmente, os carboidratos que não foram utilizados no metabolismo do N foram empregados na síntese de antocianina levando ao acúmulo desse pigmento (TAIZ & ZEIGER, 2004) nessa cultivar, que tem como característica a pigmentação arroxeada. MALAVOLTA (2006) salienta que, mesmo quando as plantas não apresentam sintomas visíveis de

deficiência, a planta pode estar com carência, afetando o desenvolvimento vegetativo e a produção, denominada “fome oculta”.

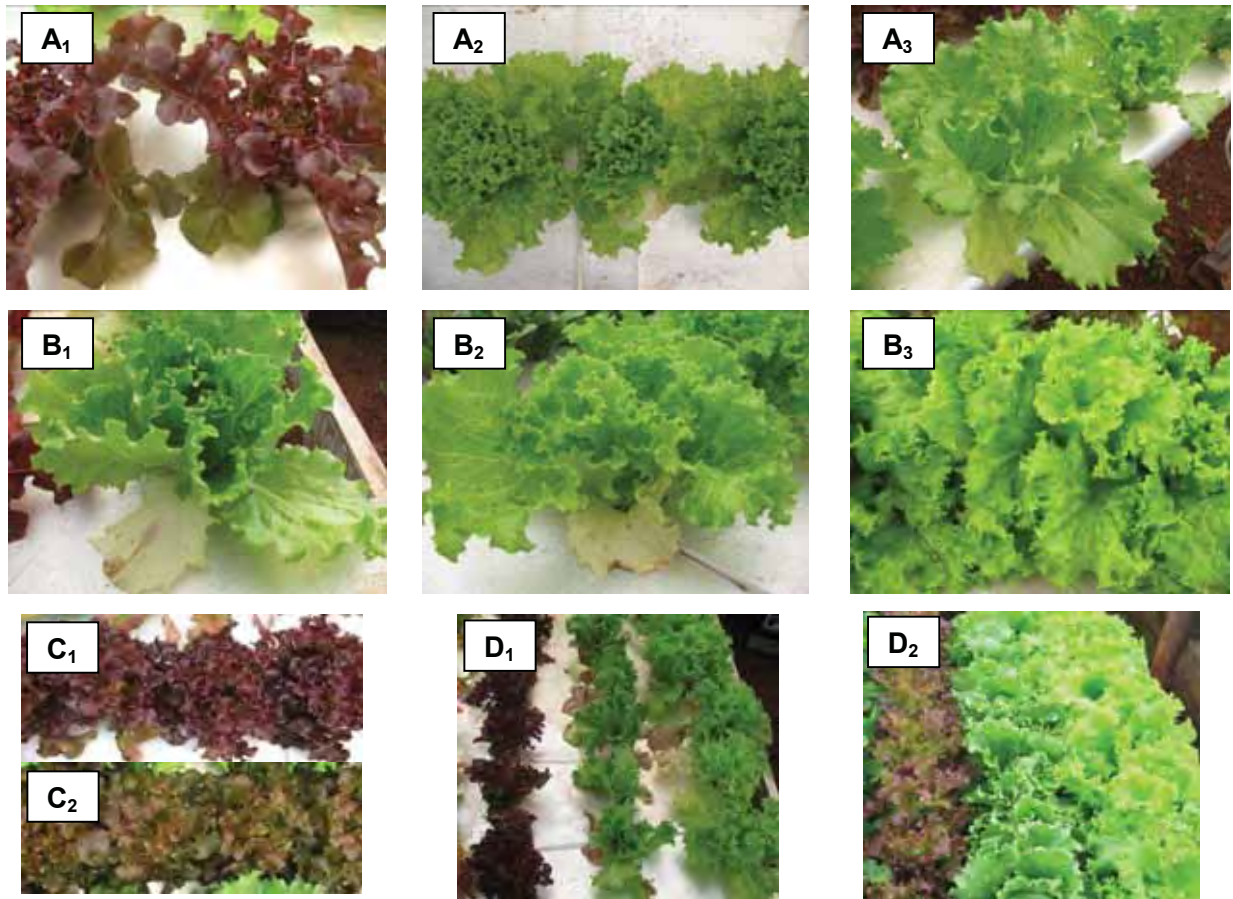


Figura 1. Evolução da deficiência de nitrogênio em alface: descoloração das folhas velhas de ‘Oak Leaf Red Pixie’ (A₁), ‘Verônica’ (A₂) e ‘Lucy Brown’ (A₃); branqueamento da folhas velhas da ‘Lucy Brown’ (B₁) e da ‘Verônica’ (B₂) comparativamente à alface ‘Verônica’ em solução completa (B₃); cor púrpura intensa em alface ‘Oak Leaf Red Pixie’ deficiente (C₁) e solução completa (C₂) e crescimento de plantas deficientes (D₁) e saudáveis (D₂) na colheita.

Ao final do ciclo, plantas das três cultivares apresentaram crescimento reduzido e as cultivares Verônica e Lucy Brown apresentaram clorose e necrose nos tecidos das folhas velhas (Figura 1). A 'Lucy Brown' não formou cabeça, fato também constatado por GARCIA et al. (1982). Portanto, a deficiência de N inibiu o crescimento vegetal (Figura 1), pelo fato de ser constituinte de muitos componentes da célula vegetal, incluindo aminoácidos, hormônios de crescimento e ácidos nucléicos (TAIZ & ZEIGER, 2004). Sintomas semelhantes foram observados por CASAS & CASAS (1999), RINCÓN (2005) e ALMEIDA et al. (2011).

4.2 Fósforo

As cultivares Verônica e Lucy Brown apresentaram sintomas de deficiência de P aos 15 dias após a aplicação do tratamento. Inicialmente, ambas cultivares apresentaram amarelecimento das folhas velhas (Figura 2), resultado da redistribuição do P destas para as novas. A rápida redistribuição do fósforo dos órgãos mais velhos para mais jovens, induz a planta a utilizar o fósforo não metabolizado, localizado no vacúolo das folhas mais velhas, sendo redistribuído para os órgãos mais novos (MALAVOLTA, 1980; MARSCHNER, 1995).



Figura 2. Evolução da deficiência de fósforo em alface: descoloração das folhas velhas de 'Verônica' (A₁) e 'Lucy Brown' (A₂); coloração verde escura das folhas mais jovens de 'Verônica', 'Lucy Brown' e necrose de margens das folhas velhas(B); tom púrpuro intenso em toda a planta 'Oak Leaf Red Pixie' (B).

As folhas novas permaneceram com a tonalidade de verde característico das cultivares. Com a evolução do sintoma, 'Verônica' e 'Lucy Brown' apresentaram margens marrons e posteriormente necrose (Figura 2). Na 'Oak Leaf Red Pixie' verificou-se aumento da intensidade da cor púrpura (Figura 2), semelhante ao constatado para deficiência de nitrogênio. Devido à função que o P exerce na síntese de proteínas, sua falta causa menor crescimento da planta (MALAVOLTA, 1980).

Os sintomas relatados foram também citados por CASAS & CASAS (1999), RINCÓN (2005), e ALMEIDA et al. (2011), que descrevem sintomas adicionais como atraso na maturação e ângulo estreito de inserção das folhas. RINCÓN (2005) salienta ainda que a deficiência de fósforo em alface manifesta-se com tonalidade de cor púrpura iniciando-se na margem e na parte superior das folhas, sendo mais intensa nas nervuras da parte inferior da folha.

Quando a deficiência é severa, a formação da cabeça é limitada (RINCÓN, 2005), sintoma que não foi observado nesse trabalho, muito provavelmente devido à reserva de P que a planta conseguiu fazer durante as fases 1 e 2, quando a solução nutritiva era completa. Também, de acordo com (RINCÓN), as folhas mais velhas endurecem, apresentando cor púrpura, devido às antocianinas, o que também não foi constatado. O P exerce função estrutural, fazendo parte de diversos componentes orgânicos, especialmente a transferência e armazenamento de energia para todas as sínteses orgânicas, absorção iônica, fotossíntese (HAWKESFORD et al., 2012).

Os aspectos citológicos e metabólicos mais relevantes em plantas deficientes de P são a ocorrência de núcleos e cloroplastos pequenos, alto conteúdo de açúcares e alta pressão osmótica (MALAVOLTA, 2006). Diversos autores relatam redução do crescimento das plantas na omissão de P. Contudo, RODRÍGUEZ et al. (1998) afirma que, em comparação ao crescimento da parte aérea, o crescimento de raízes é menos inibido sob deficiência de fósforo. Segundo ZAMBOLIN (1998), a deficiência de P faz com que a planta ofereça menor barreira física à entrada de agente causal como menos lignina e suberina, menor resistência devido à diminuição da produção de defensivos endógenos, alexinas, glicosídeos e alcalóides.

4.3 Potássio

A cultivar Verônica apresentou sintomas de deficiência aos 10 dias após a aplicação do tratamento. O sintoma inicial foi caracterizado por manchas amareló-claras, próximo às margens das folhas velhas, com manchas marrons na nervura central. Com a evolução da carência em K, essas manchas aumentaram de tamanho, no sentido da nervura principal, atingindo a maior parte da área foliar. Seguindo a evolução da clorose, apareceram manchas escuras que coalesceram formando manchas maiores, cujo tecido, posteriormente, necrosou (Figura 3). Essa necrose é causada pelo acúmulo da putrescina (PRADO, 2008), a qual em nível tóxico induz a oxidação enzimática de compostos fenólicos pelas enzimas peroxidase e polifenol oxidase, o que resulta no escurecimento de tecidos vegetais (WHITEHEAD & SWARDT, 1982). Sintomas semelhantes foram observados por CASAS & CASAS (1999) e RINCÓN (2005), mas diferentes dos encontrados por ALMEIDA et al. (2011). FAQUIM (1994), CASAS & CASAS (1999) e RINCÓN (2005) citam, ainda, que quando há deficiência de potássio, as plantas apresentam menor síntese de proteínas e acúmulo de compostos nitrogenados solúveis, como aminoácidos, amidas, além de menor acúmulo de nitrato. Apresentam, também, redução significativa no tamanho, com diminuição da matéria seca da parte aérea e raiz, o que não foi confirmado no presente estudo.

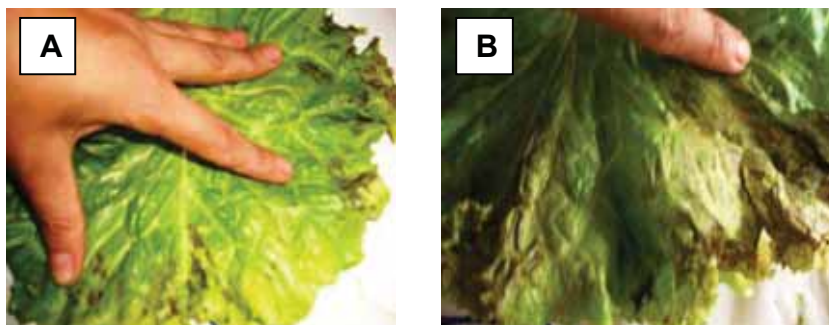


Figura 3. Sintoma inicial (A) e severo (B) de deficiência de potássio na cultivar Verônica.

A cultivar Lucy Brown não apresentou sintoma de deficiência em K, demonstrando ser mais eficiente em utilizar o que absorveu durante a fase 2 (berçário). Isto ocorreu, provavelmente, devido às concentrações de K vacuolares variarem amplamente. O K mantém o potencial osmótico e o balanço iônico, participando do processo de abertura e fechamento dos estômatos, regulando a transpiração e a entrada de CO₂, atuando como um grande influenciador na fotossíntese (EPSTEIN & BLOOM, 2004). Em plantas com deficiência de potássio, mudanças químicas ocorrem com acúmulo de carboidratos solúveis, decréscimo no teor de amido e acúmulo de compostos de nitrogênio (MARSCHNER, 1995). A deficiência de K nem sempre resulta em sintomas visíveis rapidamente. Primeiro ocorre redução no crescimento, “fome oculta”, e posteriormente, clorose e necrose nas folhas velhas, devido ao fato dessas folhas suprirem as mais jovens com este cátion (MENGEL & KIRKBY, 2001).

4.4 Cálcio

Inicialmente, as plantas de alface cultivadas em solução nutritiva com omissão de cálcio apresentaram progressivo murchamento durante o dia. O cálcio é essencial para manter a integridade estrutural e funcional das membranas plasmáticas e da parede celular (MALAVOLTA, 2006). Quando há deficiência, as membranas permitem o extravazamento do conteúdo citoplasmático (MENGEL & KIKBY, 2001; MALAVOLTA, 2006).

Aos 15 dias após a aplicação do tratamento foi observada a desordem fisiológica denominada “tip burn” nas cultivares Verônica e Lucy Brown, caracterizada por necrose dos tecidos da margem de folhas jovens e ápice da planta (Figura 4). A cv. Oak Leaf Red Pixie não apresentou “tip burn”. Esse sintoma é descrito em literatura como deficiência localizada de cálcio (TERMOHLEN & HOEVEN, 1966; THIBODEAU & MINOTTI, 1969; COX, 1980; COLLIER e TIBBITTS, 1982), devido ao transporte insuficiente para os órgãos de crescimento, conduzidos por baixa absorção das raízes (BANGERTH, 1979) e praticamente nula redistribuição (EPSTEIN & BLOOM, 2004). Sintomas semelhantes foram observados por CASAS & CASAS (1999), RINCÓN

(2005) e ALMEIDA et al. (2011). Em função dos fatores que afetam a absorção e a distribuição de cálcio no interior das plantas, a necrose dos tecidos da margem de folhas poderá ocorrer mesmo quando se cultiva em solo ou solução nutritiva com elevada disponibilidade de cálcio.

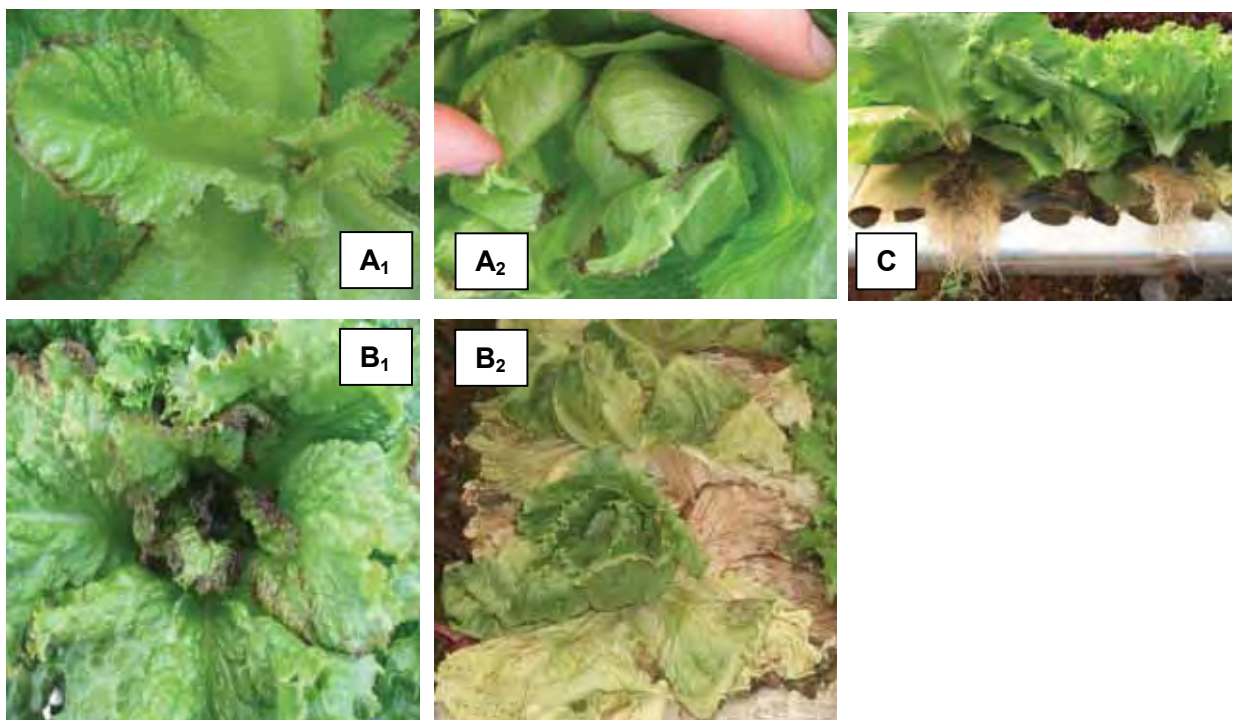


Figura 4. Sintomas iniciais (A) e severos (B) de deficiência de cálcio nas cultivares Verônica (1) e Lucy Brown (2); sistema radicular de planta deficiente em cálcio entre sadias (C).

Nesse tratamento com omissão de Ca, também foi observada diminuição, escurecimento e morte de raízes (Figura 4), com um aspecto gelatinoso, e também podridão mole do caule. MARSCHNER (1995) relata que o cálcio está envolvido na divisão celular e o não atendimento das exigências desse nutriente nas plantas provoca inibição da extensão celular, sobretudo as radiculares, que são as primeiras a cessar o

crescimento, o que foi constatado por PACHECO et al. (2007). Sob deficiência severa de Ca ocorrem a desintegração de membrana e a perda de compartimentos celulares (MENGEL & KIRKBY, 1987).

4.5 Magnésio

A cultivar Verônica apresentou sintomas de deficiência de Mg aos 10 dias após a aplicação do tratamento. Inicialmente, observou-se clorose internerval próxima às margens, que evoluiu para todo o limbo foliar (Figura 5). Sintomas semelhantes foram observados por CASAS & CASAS (1999), RINCÓN (2005) e ALMEIDA et al. (2011).

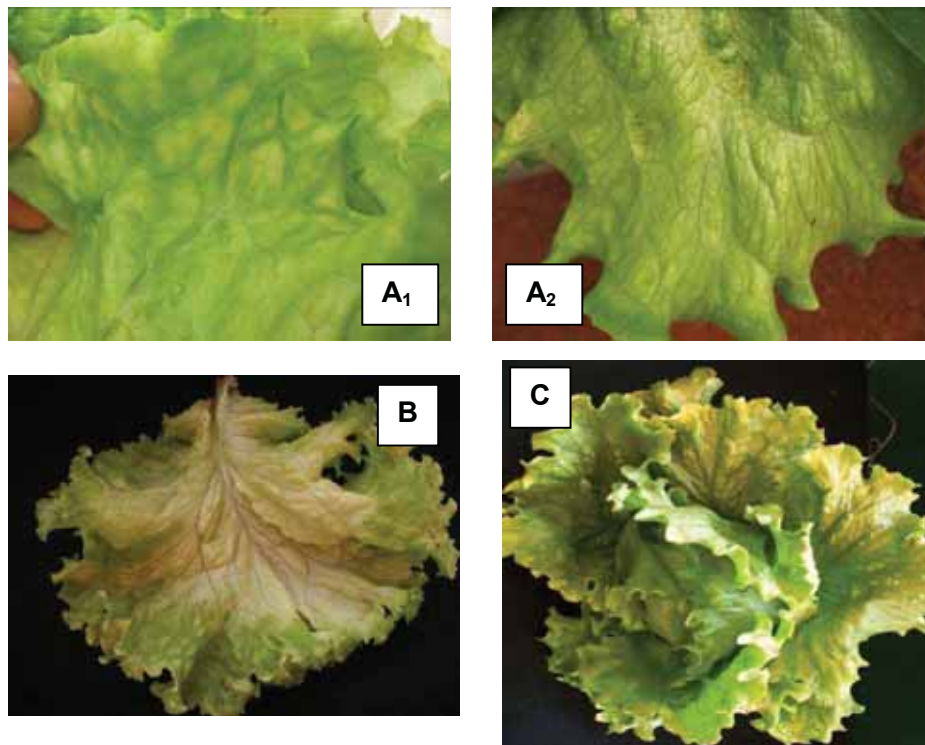


Figura 5. Sintoma inicial de deficiência de magnésio em alface 'Verônica' (A1) e em 'Lucy Brown' que evolui para branqueamento da folha (B); sintoma severo na 'Lucy Brown' (C).

Aos 23 dias após o tratamento, a cv. Verônica também apresentou necrose na base das folhas. O Mg é constituinte da clorofila, e nesse composto está 20% do seu

total na planta. O restante acompanha o Ca na formação da parede celular (PRADO, 2008). Esse nutriente é essencial para os cloroplastos, sendo o átomo central da molécula de clorofila, sendo a quantidade dessa influenciada por variações no teor de Mg no citossol e no cloroplasto (DING et al., 2006). Assim, na deficiência de Mg^{2+} , há diminuição na síntese de clorofila e conseqüentemente, na taxa fotossintética.

A cv. Lucy Brown apresentou sintomas de deficiência mais tardios, sendo aos 12 dias após a aplicação do tratamento. Inicialmente apresentou clorose internerval. Com a evolução do sintoma esse atingiu toda a folha, além de apresentar pontos de coloração púrpura (Figura 5). Sintomas semelhantes de deficiência em Mg foram observados por CASAS & CASAS (1999), RINCÓN (2005) e ALMEIDA et al. (2011).

4.6 Enxofre

Nenhuma cultivar de alface apresentou sintomas visuais de deficiência de enxofre. Os sintomas de enxofre em alface são caracterizados por folhas jovens pequenas apresentando clorose internerval (RINCÓN, 2005).

5 CONCLUSÕES

As cultivares de alface responderam diferentemente a omissão de nutrientes.

6 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, T. B. F.; PRADO, R. M.; PUGA, A. P.; CORREIA, M. A. R.; BARBOSA, J. C. Avaliação nutricional da alface cultivada em soluções nutritivas suprimidas de macronutrientes. **Revista Biotemas**, v. 24, n 2, p. 27- 36, 2011.

AVALHÃES, C. C.; PRADO, R. M.; ROMUALDO, L. M.; ROZANE, D. E.; CORREIA, M. A. R. Omissão de macronutrientes no crescimento e no estado nutricional de plantas de repolho cultivado em solução nutritiva. **Bioscience Journal, Uberlândia**, v. 25, n. 5, p. 21-28, 2009.

BANGERTH, F. Calcium related physiological disorders of plants. al Annu. **Reviews. Of Phytopathalog**, v. 17, p. 97- 122, 1979.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO J.R, W. **AgroEstat** – sistema de análises estatísticas de ensaios agrônômicos. Versão 1.0, Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 2010.

BERGMANN, W. **Nutritional disorders of plants**: development, visual and analytical diagnosis. New York: G. Fischer, 1992. 741 p.

BERNAL, A. D.; MOLARES.L. C.; FISCHER, G.; CUERVO, J.; MAGNITSKIY. S. Caracterización de las deficiencias de Macronutrientes en plantas de cebollín (*Allium schoenoprasum* L.) **Revista Colombiana de Ciências Hortícolas**, v. 2, n. 2, p. 192-204, 2008

CASAS, A. C., CASAS, E. B. **Análisis de suelo água llanta y su aplicación en la nutrición de cultivos hortícolas em lá zona penínsular**, 2 ed. Cajá rural de Almería, Espanha, 1999. 239 p.

COLLIER G., TIBBITTS T. Tipburn of lettuce. **Horticultural Reviews**. v. 4, p. 49-65. 1982.

CORTEZ, G. P.; ARAÚJO, J. A. C.; BELLINGIERI, P. A. Cultivo de alface em hidroponia associada à criação de peixes. I. qualidade da água. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, p. 192-193, 2000.

COX E. Growth of lettuce roots and its possible relationship to tipburn development. **Horticultural Research**, v. 20 p. 61- 66.1980.

DING, Y.; LUO, W.; XU, G Characterization of magnesium nutrition and interaction of magnesium and potassium in rice. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v.149, p. 111-123, 2006.

EPSTEIN, E.; BLOOM A. J. **Mineral nutrition of plants: principles and perspectives**. 2nd sunderland, Sinauer Associates, I. Sunderland, 2005. 400 p.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: ESAL-FAEPE, 1994. 227 p.

FONTES, P. C. R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. Viçosa: UFV, 2001. 122 p.

FONTES, P. C. R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas. 3. ed.** Viçosa: UFV, Universidade Federal de Viçosa, 2006. 122 p.

FURLANI, P. R. **Cultivo de alface pela técnica de hidroponia – NFT**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1995. 18 p.

FURLANI, P. R. **Instruções para o cultivo de hortaliças folhosas pela técnica de hidroponia-NFT**. Campinas: IAC, 1998. 30 p. (Boletim Técnico, 168).

GARCIA, L. L. C. **Absorção de macro e micronutrientes e sintomas de carência de macronutrientes em alface (*Lactuca sativa* L.), cv. Brasil 48 e clause's aurelia**. 1982. 78 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1982.

GONDIM, A. R. O; FLORES, M. E. P.; MARTINEZ, H. E. P.; FONTES, P. C. R.; PEREIRA, P. R. G. Condutividade elétrica na produção e nutrição de alface em sistema de cultivo hidropônico NFT. **Bioscience Journal, Uberlândia**, v. 26, n. 6, p. 894-904. 2010.

HAWKESFORD, M; HORST, W; KICHEY, T; LAMBERS, H; SCHJOERRING, J; SKRUMSAGER MOLLER, I; WHITE, P.. Function of macronutrients. In: MARSCHNER, P. (Ed). **Marschner's mineral nutrition**. 3rd ed. Oxford: Elsevier p. 135-178. 2012.

MARSCHNER, H. Diagnosis of deficiency and toxicity of mineral nutrients. In: **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 1995a. p. 462-479.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic Press, 1995b. 889 p.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**, São Paulo Ceres, 1980. 251 p.

MALAVOLTA, A. **Manual de nutrição de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

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

MENGEL, K; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 5 ed. Bern: Internacional. Potach Institute, 2001. 868 p.

MENGEL, K; KIRKBY, E. A.; KOSEGARTEN, H.; APPEL, T. **Principles of plant nutrition**. Bern: Internacional.in Postash stitute,1987. 687 p.

MOLINA, E. 1997. **Fertilización y nutrición de pejibaye para palmito**. São José : Centro de Investigaciones Agronómicas. 1997. 26 p.

MOTA, G. M F.; SOUSA, E. R.; RANAL, M. A. Resposta da couve-da-Malásia (*Brassica chinensis* L. var. *parachinensis* (Bailey) *Sinskaja*) à deficiência nutricional. **Acta Scientiarum**. Agronomy, Maringa, v. 31, n. 2, p. 321-329, 2009.

OHSE, S.; DOURADO NETO, D.; MANFRON, P. A.; SANTOS, O. S. Qualidade de cultivares de alface 479 produzidos em hidroponia. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 58, n. 1, p. 181-185, 2001.

PACHECO, D. D.; DIAS, M. S. C.; ANTUNES, P. D.; RIBEIRO, D. P.; SILVA, J. J. C.; PINHO, D. B. Nutrição mineral e adubação do morangueiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 236, p. 40-49, 2007.

PRADO, R.M; ROMUALDO, L.M; ROZANE, D.E. Omissão de macronutrientes no desenvolvimento e no estado nutricional de plantas de sorgo (cv. BRS 3010) cultivadas em solução nutritiva. **Científica**, Jaboticabal, v.35, n.2, p.122 -128, 2007.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: Editora UNESP, 2008. 417 p.

PRADO, C. H. B.; CASALI, C. A. **Fisiologia Vegetal**: São Paulo: Editora Manole, 2006. 466 p.

PUGA, A. P.; PRADO, R. M.; CORREIA, M. A. R.; ALMEIDA, T. B. F. Omissão de macronutrientes no crescimento e no estado nutricional da chicória cultivada em solução nutritiva **Revista Agrarian**, Dourados, v. 3, n. 7, p. 56-62, 2010.

RINCÓN, L. S. **La fertirrigación de la lechuga iceberg**. INIA-IMIDA, Espanha, 2005. 183 p.

RODRÍGUEZ, D.; KELTJENS, W. G.; GOUDRIAAN, J. Plant leaf area expansion and assimilate production in wheat (*Triticum aestivum* L.) growth under low phosphorus conditions. **Plant and Soil**, The Hague, v. 200, n. 2, p. 227-240. 1998.

SANCHEZ, S. V. **Avaliação de cultivares de alface crespa produzidas em hidroponia tipo NFT em dois ambientes protegidos em Ribeirão Preto-SP**. 2007. 63 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista Jaboticabal, 2007.

SILVA, M. A. C. da. **Métodos de avaliação do estado nutricional para o algodoeiro no Centro-Oeste do Brasil**. 2006. 75f. Tese (Doutorado)- Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista Jaboticabal, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2004, 719 p.

TERMOHLEN G., HOEVEN A., 1966. Tipburn symptoms in lettuce. **Acta Horticulturae**, v. 4, p.105-111,1966.

THIBODEAU, P. O.; MINOTTI, P. L. The influence of calcium on the development of lettuce tipburn. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 94, p. 372-375, 1969.

VITTI, G. C.; TREVISAN, W. **Manejo de macro e micronutrientes para alta produtividade da soja**. 2: Ed, 2000.16 p.(Informações Agronômicas, 90), VITTI, G.C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. In: FERNANDES, M. S (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 299-325.

WHITEHEAD, C. S.; SWARDT, G. H. Extraction and senescing leaves of *Protea erifolia*. **South African Journal of Botany**, Pretória, v.1, n. p.127-130, 1982.

YURI, J. E.; RESENDE, G. M.; MOTA, J. H.; SOUZA, R. J.; RODRIGUES JÚNIOR, J. C. Comportamento de cultivares e linhagens de alface americana em Santana da Vargem (MG), nas condições de inverno. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, p. 322-325, 2004.

ZAMBOLIN, L. Estratégias de manejo integrado de doenças. In: POTAFOS. **Workshop a Interface solo-raiz (rizosfera) e relações com a disponibilidade de nutrientes, a nutrição e as doenças das plantas**. Piracicaba 40 p. 1998.