

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**SINTOMAS DE DEFICIÊNCIAS DE MACRONUTRIENTES EM
PIMENTÃO**

Ana Zelia Silva
Engenheira Agrônoma

2013

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**SINTOMAS DE DEFICIÊNCIAS DE MACRONUTRIENTES EM
PIMENTÃO**

Ana Zelia Silva

Orientador: Prof. Dr. Arthur Bernardes Cecílio Filho

Co-orientador: Prof. Dr. Miguel Urrestarazu Gavilán

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

2013

Silva, Ana Zelia
S586s Sintomas de deficiência de macronutrientes em pimentão. / Ana Zelia Silva. -- Jaboticabal, 2013
xii, 41 p.: il.; 28 cm

Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2013

Orientador: Arthur Bernardes Cecílio Filho

Coorientador: Miguel Urrestarazu Gavilán

Banca examinadora: Jairo Osvaldo Cazetta, Pablo Forlan Vargas, Roberto Botelho Ferraz Branco, Leilson Costa Grangeiro

Bibliografia

1. *Capsicum annuum* L. 2. Deficiência nutricional. 3. Desordem fisiológica I. Título. II. Jaboticabal - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 632.121: 635.649

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: SINTOMAS DE DEFICIÊNCIAS DE MACRONUTRIENTES EM PIMENTÃO

AUTORA: ANA ZELIA SILVA

ORIENTADOR: Prof. Dr. ARTHUR BERNARDES CECILIO FILHO

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. MIGUEL URRESTARZU GAVILÁN

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM AGRONOMIA (CIÊNCIA DO SOLO), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. ARTHUR BERNARDES CECILIO FILHO


Departamento de Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Prof. Dr. JAIRO OSVALDO CAZETTA

Departamento de Tecnologia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Prof. Dr. PABLO FORLAN VARGAS

Unidade Diferenciada de Registro / Registro/SP


Prof. Dr. ROBERTO BOTELHO FERRAZ BRANCO

Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios / Ribeirão Preto/SP


Prof. Dr. LEILSON COSTA GRANGEIRO

Universidade Federal Rural do Semi-Árido / Mossoró/RN

Data da realização: 15 de abril de 2013.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

ANA ZELIA SILVA – filha de João Pedro Silva e Maria de Lourdes Loureiro Silva, nascida em São Luís – MA, Graduada em Agronomia pela Universidade Estadual do Maranhão – (UEMA). Mestra em Agronomia (Fitotecnia) pela Universidade Federal do Ceará (UFC), em 1994. Em março de 2011, ingressou no curso de Doutorado em Agronomia (Ciência do Solo), na Universidade Estadual Paulista – UNESP/Jaboticabal, concluído em abril de 2013. Atualmente, é docente efetiva do Curso de Agronomia da Universidade Federal do Maranhão (UFMA).

A vida é complexa dentro do universo que cada um estabelece para viver, mas além do que se conhece, existe uma força tão superior e sábia que nos fornece, não o que queremos, mas o que realmente precisamos. Para quem sonha, a esperança, para o que luta, a força e para o que supera e realiza; a vitória.

Genno Dominici

DEDICO

Às pessoas mais importantes de minha vida:

Maria de Lourdes, minha mãe, exemplo de vida, meu tudo, que compreendeu minha ausência, pelo seu incondicional amor.

João Pedro (in memoriam), meu pai, que me amou a sua maneira, que sempre valorizou e orgulhou-se de seus filhos. Sinto imensa falta.

Nélia, Rosa, Lucy, Vitorinha, Lucinha, Maria José e Marcia, as melhores irmãs do mundo, minhas companheiras. Como é bom conviver com vocês!

Antonio, João Pedro Filho e Jorge, meus queridos irmãos. Adoro vocês!

Vinícius, meu filho de coração.

A Agenor, companheiro, que tantas vezes me trouxe a calma de que precisava, palavras certas nas horas que eu buscava, dando-me forças para continuar a acreditar em mim, por todo carinho, paciência e amor.

Deus abençoe vocês!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS, por dar-me a graça de viver e poder realizar meus desejos, por sua imensa misericórdia e amor sempre presente em minha vida.

A minha amada família, pelo apoio, carinho e confiança que sempre demonstraram por mim.

Ao meu querido orientador Prof. Dr. Arthur Bernardes Cecílio Filho, ser humano de caráter pessoal e profissional admirável que, gentilmente, aceitou orientar-me, com tanta generosidade e carinho, transmitindo ensinamentos sempre de forma segura e tranquila. Muito obrigada.

Ao Prof. Dr. Miguel Urrestarazu Gavilán, pela sabedoria demonstrada.

Aos membros da Banca de Qualificação: Jairo Oswaldo Cazetta, José Carlos Barbosa, Renato de Melo Prado, Luís Carlos Pavani e aos membros da Banca de defesa: Jairo Oswaldo Cazetta, Pablo Forlan Vargas, Roberto Botelho Ferraz Branco e Leilson Costa Grangeiro, pelas importantes correções e sugestões.

À Universidade Federal do Maranhão, pela oportunidade concedida para meu aprimoramento profissional.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus Jaboticabal, pela oportunidade desta Pós-Graduação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

A você, Jussara, amiga, que ao passarmos por esta jornada profissional, enfrentamos e vencemos muitas dificuldades. Muito obrigada, principalmente pela tolerância, respeito e companheirismo.

A Rodrigo, um jovem com responsabilidade de pesquisador, pela acolhida durante toda a fase experimental da pesquisa, meus sinceros agradecimentos.

A Anderson, presente não só na fase experimental de campo, mas pelo seguro conhecimento compartilhado, fundamental para o andamento da pesquisa. Muito obrigada também pela infinita disposição, pela preocupação e, principalmente, pela amizade.

Ao querido Flávio, que incansavelmente estava comigo na biblioteca, ajudando-me nas buscas de artigos, muito obrigada.

Aos colegas de Pós-Graduação: Ariston, James, José Maria, Sandra e Alexsandra, obrigada pelo convívio e incentivo.

A Ismênia, companheira de trabalho e de Pós-Graduação, obrigada pela tranquila convivência em Jaboticabal.

Aos colegas de Jaboticabal: Reinaldo, Marilena, Claudia e Raquel, obrigada por compartilharmos momentos bons nesta caminhada.

Aos funcionários do Setor de Olericultura, Inauro, Claudio e Reinaldo, pelo acolhimento e ensinamentos básicos durante toda fase experimental. Muito obrigada. Acreditem! Aprendi muito com vocês.

À Sidneia, do laboratório de Produção Vegetal, obrigada pela ajuda nas análises.

Aos funcionários da Pós-Graduação: Nina, Edna, Márcia, Gabriela, Fernanda, Isabel, Rodrigo, Antônio e Diego, obrigada pela atenção e agradável convivência e harmonia.

Ao Professor Vitório Barato Neto, pela correção gramatical.

SUMÁRIO

RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	12
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
4.1. Nitrogênio.....	15
4.2. Fósforo.....	18
4.3. Potássio.....	23
4.4. Cálcio.....	26
4.5. Magnésio.....	29
4.6. Enxofre.....	31
5. CONCLUSÕES.....	33
6. REFERÊNCIAS.....	34

SINTOMAS DE DEFICIÊNCIAS DE MACRONUTRIENTES EM PIMENTÃO

RESUMO: O trabalho objetivou registrar imagens das desordens fisiológicas e descreveu os sintomas de deficiência de macronutrientes em pimentão, assim como determinou os teores dos nutrientes nas folhas e o tempo demandado, assim que visualizada a desordem. O experimento foi realizado em casa de vegetação, na Universidade Estadual Paulista (UNESP), em Jaboticabal, São Paulo, Brasil, de 25-1 a 03-7-2012. Foi empregado o sistema hidropônico “**nutrient film technique**” (NFT). Foram avaliados: T1 – solução completa; T2 – omissão de N; T3 – omissão de P; T4 – omissão de K; T5 – omissão de Ca; T6 – omissão de Mg, e T7 – omissão de S. O sintoma da deficiência de N iniciou-se aos 11 dias após a omissão, com clorose uniforme no limbo foliar de folhas velhas, $27,6 \text{ g kg}^{-1}$ de N, seguido por abortamento de flores, redução na emissão de folhas e flores, cessação do crescimento e pontos negros nas folhas velhas antes da senescência foliar. O sintoma da deficiência de P iniciou-se aos 21 dias após a omissão, com leve clorose uniforme no limbo foliar de folha nova, $0,7 \text{ g kg}^{-1}$ de P, com cor verde-escura na folha velha; presença de tons purpúreos nas nervuras; acentuou-se o amarelecimento de folhas velhas e surgiram tecidos necrosados, abortamento de flores, redução na emissão de folhas e flores, e cessação do crescimento. O sintoma da deficiência de K iniciou-se aos 24 dias após a omissão, com clorose das margens do limbo foliar de folhas novas, $26,1 \text{ g kg}^{-1}$ de K, seguida de necrose desse tecido e redução na emissão de folhas. O sintoma da deficiência de Ca iniciou-se aos 17 dias após a omissão, com clorose foliar, $7,1 \text{ g kg}^{-1}$ de Ca, e encarquilhamento de folhas novas, diminuição na emissão de novas folhas, podridão apical em frutos em franco crescimento. O sintoma da deficiência de Mg iniciou-se aos 35 dias após a omissão, com clorose internerval em folhas do terço médio e superior da planta, $1,1 \text{ g kg}^{-1}$ de Mg, que evoluiu para necrose, e superfície adaxial do limbo foliar áspera. O sintoma da deficiência de S iniciou-se aos 40 dias após a omissão, com clorose uniforme no limbo foliar de folhas novas, com teor $0,6 \text{ g kg}^{-1}$ de S.

Palavras-chave: *Capsicum annuum* L, deficiência nutricional, desordem fisiológica.

SYMPTOMS OF DEFICIENCY OF MACRONUTRIENTS IN SWEET PEPPER

ABSTRACT: This study aimed to record images of physiological disorders and described the deficiency symptoms of macronutrients in sweet pepper, and determined the levels of nutrients in the leaves and the time required, so viewed the disorder. The experiment was conducted in a greenhouse at Universidade Estadual Paulista (UNESP), Jaboticabal, São Paulo, Brazil, from 25-1 to 03/07/2012. We employed a hydroponic system "nutrient film technique" (NFT). Were evaluated: T1- complete solution; T2 - N omission, T3 – P omission, T4 – K omission, T5 – Ca omission; T6 – Mg omission and T7 – S omission. The symptoms of N deficiency was initiated at 11 days after the omission, with uniform chlorosis on the leaf surface of older leaves, 27.6 g kg⁻¹ of N, followed by abortion of flowers, reducing the emission of leaves and flowers, cessation of growth and black spots on older leaves before senescence. The symptom of P deficiency was initiated 21 days after the omission, with uniform mild chlorosis on the leaf surface of young leaf, 0.7 g kg⁻¹ of P, with dark green foliage in old; presence of purplish tones in ribs; deepened the yellowing of old leaves and appeared necrotic tissue, abortion of flowers, reducing the emission of leaves and flowers and cessation of growth. The symptom of K deficiency was initiated 24 days after the omission, with chlorosis of the leaf margins of young leaves, 26.1 g kg⁻¹ K, then that tissue necrosis and reduction in emission of leaves. The symptom of Ca deficiency was initiated at 17 days after the omission, with leaf chlorosis, 7.1 g kg⁻¹ of Ca, and curling of new leaves, reduced the number of new leaves, blossom-end rot in fruits booming. The symptom of Mg deficiency was initiated 35 days after the omission, with interveinal chlorosis on leaves of the middle and upper third of the plant, 1.1 g kg⁻¹ of Mg, which progressed to necrosis, and the adaxial surface of the leaf rough. The symptom of S deficiency was initiated 40 days after the omission, with uniform chlorosis on the leaf surface of young leaves, containing 0.6 g kg⁻¹ of S.

Keywords: *Capsicum annuum* L., nutritional deficiency, physiological disorder.

1 – INTRODUÇÃO

O pimentão (*Capsicum annuum* L) está entre as hortaliças de maior expressão econômica no Brasil, e de acordo com Lúcio et al., (2011); Charlo et al., (2012), destaca-se no cultivo em ambiente protegido e no campo.

É uma olerícola cultivada em diferentes regiões do mundo, principalmente, China, México, Indonésia, Turquia, Espanha, Estados Unidos (FAO, 2011).

A área de pimentão cultivada anualmente no Brasil é em torno de 13 mil hectares, com produção próxima a 290 mil toneladas de frutos. São Paulo, Minas Gerais, Bahia e Rio de Janeiro são os principais estados produtores (EMBRAPA, 2012).

A planta possui características alimentares bastante atrativas do ponto de vista nutritivo e também condimentar. É conhecida como importante fonte de vitaminas, principalmente C, B₁, B₂, Niacina e sais minerais (EPAGRI, 2002).

Entre os muitos fatores que afetam a produção e a qualidade do pimentão tem-se a adequada nutrição mineral. Portanto a importância de se realizar a diagnose do estado nutricional da planta é apresentada por Fontes (2001) como necessária ao manejo de um programa de fertilização da cultura.

Dentre as técnicas para a avaliação do estado nutricional, a diagnose visual tem despertado interesse de pesquisadores, técnicos e produtores por apresentar custo baixo, maior rapidez no diagnóstico, e ser realizado no campo (SILVA, 2006).

De acordo com Molina (2000), 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. Neste mesmo sentido, Magalhães (1988) afirma que uma boa coleção de fotografias coloridas, tomadas no início de visualização dos sintomas de deficiência, é, sem dúvida, um instrumento valiosíssimo no sucesso de uma diagnose. Evidentemente, esse procedimento, somado à análise de tecido foliar, contribuirá para aumentar a segurança na avaliação do estado nutricional da planta.

Com pimentão, somente Fernandes e Haag (1972) relacionam os teores foliares de macronutrientes com o início do sintoma de deficiência, porém não foram

encontradas imagens que retratam o início e a evolução de deficiências de macronutrientes.

Diante do exposto, o trabalho teve como objetivos descrever e registrar com imagens os sintomas de deficiência de macronutrientes em pimentão, assim como, determinar os teores dos nutrientes nas folhas e o tempo demandado no momento que visualizada a desordem nutricional.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

Avaliar o estado nutricional de espécies vegetais é fundamental para o adequado manejo das culturas agrícolas.

A nutrição mineral está dentre os principais fatores de produção das hortaliças, pois influencia no crescimento, na produtividade e na qualidade dos produtos colhidos (MARCUSSEI et al., 2004).

Os nutrientes apresentam funções específicas no metabolismo das plantas e quando um não está em quantidades satisfatórias às necessidades da planta ou em casos de interações entre nutrientes, ocorrem desordens fisiológicas. (EPSTEIN e BLOOM, 2006). Entretanto, os sintomas de deficiência ou de excesso de nutrientes são o fim de uma sequência de eventos que começa com uma lesão molecular, continua com alteração subcelular e celular, e quando um conjunto de células ou tecido é afetado, aparece o sintoma visual (MALAVOLTA, 2006).

Os métodos denominados diagnose visual e foliar são procedimentos empregados na avaliação do estado nutricional das plantas (FONTES, 2001). O método de diagnose foliar tem, na folha, o principal órgão da planta a ser avaliado, pois é onde ocorrem importantes processos metabólicos do vegetal, tornando-se mais sensíveis às variações nutricionais (FAQUIN, 2002).

Com o método visual, é possível diagnosticar os sintomas de deficiência e compará-los à padrões de cada nutriente, quando estes já são descritos na literatura (FONTES, 2006).

Além das folhas, alguns sintomas podem ocorrer nos frutos e reduzir não só a produtividade, como também o valor comercial. Os sintomas de deficiências minerais em folhas e em frutos variam entre as espécies vegetais, podendo variar, também, entre cultivares de uma mesma espécie (RAMOS et al., 2009).

Com pimentão, existem poucos estudos a respeito dos teores de macronutrientes na planta para avaliar sua deficiência ou suficiência (MARCUSSEI, 2005). Para o período de pleno florescimento, Malavolta et al. (1997) consideraram como teores foliares de macronutrientes adequados para pimentão, em g kg^{-1} : 35 de N; 2,5 de P; 25 de K; 25 de Ca; 7,5 de Mg e 4 de S, enquanto Trani e Raij (1997), também para o período de florescimento à metade do final do ciclo, citam os

intervalos, em g kg^{-1} : 30 a 60 de N; 3 a 7 de P; 40 a 60 de K; 10 a 35 de Ca, e 3 a 12 de Mg. Esses autores não mencionaram os teores de S. Reuter e Robison (1997) consideraram como adequados ou suficientes, para plantas de pimentão, no início do florescimento, teores entre 40 e 60 para N; 3,5 e 10 para P; 40 e 60 para K; 10 e 25 para Ca, e entre 3 e 10 g kg^{-1} para Mg, enquanto Mills e Jones (1996), em plantas produzindo os primeiros frutos, reportaram como adequados os teores de 35 a 50 de N; 2,2 a 7 de P; 35 a 45 de K; 13 a 28 de Ca, e 2,5 a 12 g kg^{-1} de Mg.

De acordo com Marcussi (2005), no período de 60 a 140 dias após o transplante, o K foi o nutriente com maior teor nas folhas do pimentão, com média de 50,5 g kg^{-1} ; seguido por N, com média de 37,7 g kg^{-1} ; Ca (24,0 g kg^{-1}); Mg (9,6 g kg^{-1}); S (4,8 g kg^{-1}), e P (4,4 g kg^{-1}).

Flores et al. (2012), avaliando a omissão de macronutrientes no crescimento e no estado nutricional em pimenteira (*Capsicum frutescens*), que é muito semelhante ao pimenteiro, observaram em plantas cultivadas com solução nutritiva completa, aos 56 dias após o transplante, teores em g kg^{-1} : 44,8 de N; 4,4 de P; 9,8 de K; 89,7 de Ca; 18,5 de Mg, e 12,7 de S na matéria seca da parte aérea. Os autores verificaram que as omissões de macronutrientes, na solução nutritiva desencadearam desordens fisiológicas e interferiram nos teores de outros nutrientes, nas diversas partes da planta.

O nitrogênio (N) nas plantas está presente em substâncias que são a base dos processos que controlam seu desenvolvimento, crescimento e multiplicação (CAMACHO, 2003). É constituinte de muitos componentes da célula vegetal, tais como os aminoácidos e os ácidos nucleicos (TAIZ; ZEIGER, 2004). O N sobressai-se entre os nutrientes ligados ao aumento de produtividade do pimentão (ARAÚJO et al., 2009). É o nutriente mais acumulado, segundo Marcussi e Villas Boas (2000) e Charlo et al. (2012).

Silva et al. (2001), avaliando doses de N (13,3; 26,6 e 39,9 g m^{-2}) e doses de K (5,5; 11,0 e 16,6 g m^{-2}) no pimentão, verificaram que os teores foliares de nutrientes não foram influenciados significativamente pelas doses. Os teores médios observados em folhas recém-maduras de pimentão, no início do florescimento, em g kg^{-1} , foram de: N = 54,3; P = 2,3; K = 64,9; Ca = 10,4; Mg = 5,3; S = 4,2 e, no início

da frutificação, foram observados teores de 48,7; 2,7; 66,8; 15,4; 7,0; 4,4 g kg⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente.

Tumbare et al. (2004) reportam que a fertilização com N aumenta a massa do fruto, o número de frutos por planta e, conseqüentemente, a produtividade do pimentão. Marcussi et al. (2004) observaram que, na menor dose de N avaliada (5 g por planta) em fertirrigação, o pimentão produziu 40% menos do que a máxima produtividade, obtida quando plantas receberam 15 g de N.

Campos et al. (2008) também avaliaram doses de N, via fertirrigação, em ambiente protegido, e verificaram contribuição significativa sobre os dois principais componentes da produtividade. Tanto o número de frutos quanto a massa do fruto foram maximizados com, aproximadamente, 250 kg ha⁻¹ de N, e a ausência da adubação nitrogenada causou reduções de 58 e 59% no número e na massa do fruto, respectivamente. Araújo et al. (2009) verificaram reduções de 55 e 14% no número de frutos e na massa do fruto de pimentão, quando a dose de N reduziu de 400 para 100 kg ha⁻¹.

Aminifard et al. (2012) avaliaram a resposta de *Capsicum annuum* L. a doses de N (0, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹) e verificaram efeito positivo do aumento da dose na altura da planta, nos estádios vegetativo e reprodutivo, comprimento da haste lateral, número de folhas e conteúdo de clorofila. Também a adubação nitrogenada favoreceu o aparecimento de flores e frutos, concordando com o observado por Shrivastava (1996).

Alta dose de N é requerida pela planta de pimentão para suportar grande número de colheitas. Portanto, a demanda em N pelo pimentão é maior no período de frutificação e dependente da duração do período e do número de frutos fixados (ARAM; RANGARAJAN, 2005). Ali e Kelly (1992) explicam que a adequada dose de N durante o estágio reprodutivo proporciona a manutenção de vigorosa emissão de flores e frutos, aliviando o estresse causado pelo processo de crescimento dos ramos.

Os sintomas de deficiência de N podem variar segundo a espécie, porém, em geral, os sintomas mais característicos são redução no crescimento, enfraquecimento da cor verde, amarelecimento, que começa nas folhas inferiores (mais velhas) da planta, chegando a causar a morte dos tecidos e a abscisão foliar

(CAMACHO, 2003). Nas espécies da família Solanaceae, Gavilan (2004) relatou que com a deficiência de N ocorre plantas de folhas pequenas e amareladas, que posteriormente adquirem coloração marrom e murcham. Caule delgado, duro, fibroso e frutos pequenos também são observados.

Plantas de pimentão submetidas à deficiência de N apresentam pequeno crescimento da parte aérea e do sistema radicular, folhas pequenas e estreitas, e redução do número de frutos (EPAGRI, 2002). Segundo o estudo, o sintoma de deficiência inicia-se com o amarelecimento das folhas mais novas, ao contrário do relatado por Camacho (2003), começando pela base, próximo à nervura principal e expandindo-se para toda a folha, com o passar do tempo. Com o prosseguimento da deficiência, todas as folhas tornaram-se amarelas.

Flores et al. (2012), ao avaliarem a omissão de N em pimenteira (*Capsicum frutescens*), planta do mesmo gênero do pimentão, observaram menores diâmetros do caule, altura, área foliar, número de folhas e índice relativo de clorofila, que refletiram em menor produção de matéria seca pelas plantas deficientes, comparada às plantas cultivadas com solução completa. A deficiência de N aumentou os teores foliares de P, Mg e S, e a diminuição de K e Ca. O teor de N, aos 56 dias após o transplante, quando a planta apresentava os sintomas de carência do nutriente, apresentava $18,6 \text{ g kg}^{-1}$ na matéria seca da parte aérea.

Vance et al. (2003) relatam a participação do fósforo (P) em vários processos metabólicos das plantas, principalmente a transferência de energia, síntese de ácidos nucleicos, glicose, respiração, síntese e estabilidade de membrana, ativação e desativação de enzimas, metabolismo de carboidratos, entre outros.

Os sintomas de deficiência de P não são tão facilmente observados quanto os de outros macronutrientes, exceto quando em condição de severa carência. Epstein e Bloom (2006) descreveram que a deficiência de P provocou, em muitas plantas, o aparecimento de folhagem verde-escura ou azul-esverdeada; desenvolvimento de pigmentos vermelhos, purpúreos e marrons nas folhas, especialmente ao longo das nervuras; crescimento reduzido, e sob condição de deficiência severa, as plantas tornaram-se enfezadas. Malavolta (2006) também cita acentuada redução no crescimento da planta, coloração verde-escura nas folhas mais velhas e, em

algumas espécies, colorações avermelhadas em consequência da acumulação de antocianina.

Estudos sobre deficiência de P em pimentão mostraram que, inicialmente, a deficiência de P no meio é sentida na parte aérea da planta. De acordo com Bielecki (1973) e Martinez et al. (1993), os sintomas na parte aérea apareceram primeiro em razão da maior retenção do nutriente nas raízes e menor translocação para a parte aérea, verificando-se que o crescimento radicular da planta foi mantido em detrimento à parte aérea, aumentando a relação raiz/parte aérea.

Baghour et al. (2001) verificaram, como principais efeitos da deficiência do P em pimentas, a supressão na emissão de folhas e a diminuição da eficiência fotossintética. Sendo o P um elemento móvel na planta, sua deficiência ocasionou senescência das folhas mais velhas, mantendo as mais jovens saudáveis, presumivelmente devido à redistribuição do nutriente.

Flores et al. (2012) observaram que a omissão de P provocou prejuízo no crescimento, plantas raquíticas e coloração verde-escura nas folhas mais velhas de pimenta (*Capsicum frutescens*). Essas plantas apresentavam 0,8 g kg⁻¹ de P na matéria seca da parte aérea. Em razão de ter função na absorção de nutrientes, a deficiência de P na planta causa redução na absorção de outros nutrientes. Gunes et al. (1998) constataram que o conteúdo de P, em tomateiro, correlacionou-se positivamente com os teores de N, K, Ca e Mg.

Peñalosa et al. (1989), avaliando concentrações de P (0,2; 0,5; 2,0 e 4,0 mmol L⁻¹) na solução nutritiva no tomateiro, observaram que o aumento na concentração de P proporcionou redução na relação N/P, no pecíolo e na folha do tomateiro e que tanto excesso de P quanto a deficiência causaram redução nos teores de flavonol glicosídeos, especialmente no florescimento. A relação clorofila a/clorofila b e a percentagem de clorofila a em relação ao total foram menores nos tratamentos com 0,2 e 0,5 mmol L⁻¹ de P do que o observado no tratamento com 2 mmol L⁻¹.

De acordo com Silva et al. (2001), o potássio tem efeito tanto sobre características físicas quanto sobre químicas do fruto de pimentão. Seu adequado manejo na fertilização da cultura é determinante para a obtenção de elevada produtividade e qualidade do fruto (CHARTZOULAKIS; KLAPKI, 2000). Segundo

Fontes et al. (2005) e Marcussi (2005), o K é o nutriente mais demandado pelo pimentão.

Melo et al. (2009), ao avaliarem o efeito do suprimento de potássio na produção e na qualidade de frutos de pimentão amarelo, observaram que a quantidade de frutos nas classes A (maior que 100 g) e B (entre 50 e 100 g) aumentou, e na classe C (menor que 50 g), diminuiu, com o aumento (ajuste quadrático) na dose de potássio no solo, via fertirrigação. Também verificaram que o fornecimento de K incrementou o número de frutos por planta e a massa de fruto.

Fontes (2001) observou que a deficiência de K, em pimentão, causa o aparecimento de plantas mais baixas e com menos folhas do que aquelas não deficientes. Folhas na posição mediana da planta apresentaram clorose e pontuações necróticas internervais iniciadas na extremidade final das folhas. Com a evolução da deficiência, ocorreu necrose nos bordos da parte apical das folhas novas e intermediárias, que se expandiu até o pecíolo, ocasionando a abscisão foliar.

Flores et al. (2012) em *Capsicum frutescens*, e Viegas et al. (2013), em *Piper hispidinervum*, relataram o aparecimento de clorose nas margens das folhas mais velhas, expandindo-se em direção à nervura central, podendo atingir toda lâmina foliar. A clorose evoluiu para necrose, principalmente nos ápices foliares.

O cálcio (Ca) é um importante nutriente que desempenha papel fundamental na estrutura de membranas e paredes celulares, no crescimento e no desenvolvimento de frutos (KADIR, 2004). Em plantas de pimentão, após o N e o K, o Ca foi o nutriente mais acumulado pelas plantas (FONTES et al., 2005; CHARLO et al., 2012).

A maior parte do Ca no tecido vegetal está localizada nas paredes celulares, resultante da grande quantidade de sítios de ligação para este elemento nestas células e ao transporte restrito de Ca no citoplasma (VITTI et al., 2006).

Plantas deficientes em Ca apresentaram-se mais baixas, compactas e com pequeno número de folhas. As folhas novas desenvolveram-se pouco, ficaram encarquilhadas para dentro, cloróticas na base e entre as nervuras. Com a evolução da deficiência, a clorose passou a necrose, inclusive no pecíolo, e houve abscisão foliar. Ocorreu queda total das flores, não havendo formação de frutos

(RODRIGUES, 2002). Nas folhas de plantas deficientes em Ca, o sintoma mais comum é o aparecimento de clorose nas folhas mais novas, caminhando das margens para o centro (VITTI et al., 2006).

Taylor e Loscascio (2004) relacionam a podridão apical com a deficiência de Ca, mas também citam como fatores indutores a alta salinidade, a alta concentração de Mg^{2+} , NH_4^+ , e/ou de K^+ . Para frutos de pimentão, o conteúdo de Ca, depende de fatores ambientais e de cultivo, incluindo intensidade de luz, temperatura, umidade, condições da planta, forma da adubação nitrogenada e da presença de outros nutrientes minerais (KOWALSKA e WODZIMIERZ, 2012).

Raramente, deficiência de Ca em fruto produzido em estufa está relacionada com a ausência de Ca na zona de raiz. A causa mais comum de deficiência de Ca nos frutos é devido sua distribuição na planta, predominantemente, via xilema (HO; WHITE, 2005), com baixíssima taxa de redistribuição para os frutos (FAQUIN, 2005). Por essa razão, a podridão apical pode ser observada em plantas com teor ótimo de Ca nas folhas.

Baboulène et al. (2007) avaliaram o efeito da deficiência de Ca sobre o crescimento de tomateiro, espécie da mesma família do pimentão. Constataram redução significativa no crescimento em até 70% da obtida com solução nutritiva completa, após cinco dias de indução à deficiência.

Flores et al. (2012) observaram, como sintomas de deficiência de Ca em plantas de *Capsicum frutescens*, o aparecimento de folhas com formato irregular, pontas das folhas com manchas necróticas entre as nervuras e morte das brotações.

Viegas et al. (2013), ao avaliarem o efeito da omissão de macronutrientes e micronutrientes sobre a composição mineral de plantas de pimenta-longa, utilizando a técnica do elemento faltante, observaram que a omissão de Ca, após 53 dias do início da omissão, provocou redução drástica no crescimento das plantas e número de folhas, deformações nas folhas novas, enroladas para a face inferior, e ápices necrosados.

A insolubilidade dos compostos de Ca na planta e sua localização na célula justificam a falta de redistribuição do nutriente em condições de deficiência na planta (VITTI et al., 2006). Do total de Ca na planta de pimentão, 39,21 % encontram-se localizados nas folhas, e 30,38 % nas hastes (CHARLO et al., 2012).

O magnésio (Mg) desempenha papel específico na ativação de enzimas envolvidas na respiração, fotossíntese e síntese de DNA e RNA, além de ser constituinte da molécula de clorofila (MARSCHNER, 1995; TAIZ; ZEIGER, 2004).

As plantas de pimentão, deficientes em Mg, foram descritas como pouco menores do que as plantas bem nutridas em Mg, com aparecimento de folhas completamente desenvolvidas no terço superior da plantas e as mais novas com enrolamento do limbo em torno da nervura principal, e com a face adaxial para dentro. Com a evolução da deficiência, houve o aparecimento de necrose internerval e lesões cortiçadas, de cor palha no limbo foliar, principalmente perto das nervuras das folhas mais novas. Posteriormente, as folhas mais baixas tornaram-se cloróticas, e as nervuras permaneceram verdes. Os frutos de pimentão ficaram reduzidos em tamanho e número, e o sistema radicular não apresentou desenvolvimento normal (FONTES et al. 2001; EPAGRI, 2002).

Os sintomas de deficiência de Mg, geralmente, aparecem primeiro nas folhas mais velhas, devido o Mg ser um elemento móvel na planta.

Riga e Anza (2003), ao estudarem o efeito da deficiência de Mg na biometria do pimentão, descreveram que sob moderada deficiência de Mg, as folhas velhas exibiram clorose. Sob severa deficiência, manchas necróticas surgiram entre nervuras ou ao longo das margens. Viegas et al. (2013), em *Piper hispidinervum*, verificaram que a deficiência de Mg causou, inicialmente, clorose entre as nervuras secundárias de folhas velhas e necrose no ápice foliar. Com a evolução para deficiência severa, houve abscisão foliar e limitação do crescimento. De acordo com Charlo et al. (2012), o Mg foi acumulado em 5,59 g planta⁻¹, sendo que deste total 18,86 % estão presentes nas folhas.

O enxofre (S) participa, na planta, de dois grandes grupos de substâncias: estruturais e metabólicos (VITTI et al., 2006), em numerosos compostos, como aminoácidos e proteínas, coenzimas, sulfolipídeos, flavonoides, lipídeos, polissacarídeos, compostos não saturados, alcaloides, compostos reduzidos, entre outros, e nos processos como a absorção iônica, DNA e RNA, inclusive controle hormonal para o crescimento e diferenciação celular (LUZ et al., 2010).

Plantas deficientes em S apresentaram-se pouco maiores do que as deficientes em N, com maior número de folhas amareladas, ligeira variação de cor

verde. Além disso, o limbo foliar apresentou aspecto ondulado, parecendo haver crescimento desigual de nervuras e do tecido internerval, e os frutos formados apresentaram coloração verde (EPAGRI, 2002).

3 - MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na área experimental no Setor de Olericultura e Plantas Aromáticas-Medicinais, do Departamento de Produção Vegetal, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Câmpus Jaboticabal –SP, situada a 21°15'22" latitude sul e 48°18'58" longitude oeste, e altitude de 575 metros.

O experimento foi conduzido em hidroponia, sistema "nutrient film technique" (NFT) durante o período de 25 de janeiro a 03 de julho 2012, em casa de vegetação de estrutura modelo arco, com 7 m de largura, 50 m de comprimento, com altura máxima de 4,30 m, pé-direito de 3,40 m, coberta com filme de polietileno de baixa densidade aditivada anti-UV, de 150 µm de espessura, com fechamento lateral e frontal com tela de polipropileno negra, de 30% de sombreamento.

Foram avaliados sete tratamentos: T1 – solução completa; T2 – omissão de nitrogênio; T3 – omissão de fósforo; T4 – omissão de potássio; T5 – omissão de cálcio; T6 – omissão de magnésio e T7 – omissão de enxofre; utilizando-se de delineamento experimental inteiramente ao acaso, com três repetições. A unidade experimental foi composta por um canal de cultivo contendo quatro plantas.

O pimentão (*Capsicum annuum* L.) híbrido Magali foi semeado em 25-1-2012, em espuma fenólica, previamente lavada em água corrente, por 10 minutos, em bandejas com 216 células de 2,5 x 2,5 x 3,8 cm, com uma planta por célula. Após o semeio, a espuma fenólica foi acondicionada em casa de vegetação, para a germinação e a emergência das plântulas, e irrigadas por microaspersão.

Dez dias após a emergência (DAE), cada célula da espuma fenólica foi transferida para o "berçário", representado por canais de polipropileno de 5 cm de largura, declividade de 5%, em sistema NFT, com recirculação da solução nutritiva, onde permaneceram por 25 dias até o transplântio (29-2-2012). Nestas condições, aos 35 DAE, foram transplântadas para canais definitivos. Esses canais foram construídos a partir de tubos de PVC de 8 polegadas de diâmetro cortados longitudinalmente, e com 2 m de comprimento. Foram fechados com papel tipo Tetra Pak®, no qual foram feitas aberturas circulares de 5 cm de diâmetro, destinados à colocação das mudas. Os canais ficaram sobre suportes de metalon, com

declividade de 5%. Esta operação foi efetuada quando as plantas apresentaram três a quatro pares de folhas definitivas e/ou altura de 10 a 15 cm, e mantidas com espaçamento de 0,40 m entre plantas. Estas foram conduzidas com quatro hastes tutoradas individualmente com fitilhos plásticos, distribuindo duas hastes para cada lateral da calha, configurando uma condução em “V”.

Cada canal de cultivo tinha reservatório próprio, que era uma caixa de polietileno com tampa, capacidade de 150 litros, contendo solução nutritiva referente a um tratamento. O bombeamento da solução nutritiva na extremidade superior do canal foi realizado uniformemente por bombas hidráulicas individuais, submersas, marca Sarlobetter, modelo B650, vazão 650 Lh^{-1} . O acionamento das bombas foi controlado por um temporizador, com circulação da solução nutritivas 7 h às 19 h, sem parar.

A solução nutritiva padrão, utilizada na condução do experimento, baseou-se na proposta de Castellane e Araújo (1994), para pimentão, em NFT. As concentrações, em mg L^{-1} , de nutrientes da solução completa utilizada foram: 152 de N-NO_3^- ; 39 de P; 245 de K; 110 de Ca; 29 de Mg; 32 de S; 0,3 de B; 0,05 de Cu; 3,7 de Fe; 0,4 de Mn; 0,05 de Mo, e 0,3 de Zn.

O pH da solução foi mantido no intervalo de 6 a 6,5, utilizando-se para leitura, um peagômetro marca HANNA. O monitoramento da condutividade elétrica (CE) de cada solução foi efetuado durante o desenvolvimento das plantas, com condutímetro digital de bolso, modelo DiST4, marca HANNA, de modo a manter a CE de cada tratamento, no intervalo de 90 a 110% da CE inicial, medida após o preparo da solução nutritiva, e que variou entre 1,5 a $1,8 \text{ dS m}^{-1}$.

Após a transferência das plantas para os canais hidropônicos, todas receberam solução nutritiva completa e, somente em 3-4-2012 (35 dias após transplante), houve o início dos tratamentos com omissão de nutrientes, coincidindo com o início da frutificação. As soluções nutritivas foram trocadas a cada 21 dias, até o início da aplicação dos tratamentos, e a cada 15 dias após a implantação dos mesmos.

A manutenção do nível dos reservatórios foi feita com água de irrigação para todos os tratamentos, exceto Ca. De acordo com a análise, a água continha, em mg L^{-1} : N-NH_4^+ = menos de 0,01; 0,07 de N-NO_3^- ; N-NO_2^- = menos de 0,001;

alcalinidade hidróxidos = zero; alcalinidade carbonatos = zero; alcalinidade 87 de bicarbonatos; 2 de K; 16 de Ca; 0,45 de Mg; 15,8 de Na; S-SO₄²⁻ = menos de 1; Cu = menos de 0,003; Fe = menos de 0,005; Mn = menos de 0,003; 0,02 de Zn e 54 de dureza. A condutividade elétrica foi de 0,17 dS m⁻¹.

No caso do tratamento com omissão de cálcio, a preparação das soluções e manutenções dos níveis dos reservatórios foram realizadas com água deionizada.

Durante toda condução do experimento, foram realizadas pulverizações preventivas e/ou curativas para pragas e doenças, com produtos registrados para a cultura.

Os sintomas das omissões dos macronutrientes foram descritos e registrados periodicamente, por meio de fotos, utilizando uma câmera digital marca Sony, de 10 megapixels de resolução. Os teores foliares de macronutrientes foram determinados nas folhas, quando se observou o início do sintoma de deficiência nas folhas e/ou nos frutos. Foi realizada a avaliação do estado nutricional da planta de pimentão, de acordo com critérios estabelecidos por Trani e Raij (1997).

Para a avaliação do teor de macronutrientes, as folhas foram lavadas em água corrente e, posteriormente, em água deionizada, para a remoção de resíduos. Após a lavagem, o material foi acondicionado em sacos de papel e colocados para secar em estufa com circulação forçada de ar a 65°C, até massa constante. Após a secagem, foi moído em micromoinho tipo Willey, malha de vinte mesh, e armazenado em sacos plásticos fechados, para evitar troca de umidade com o ambiente. As análises dos teores de macronutrientes, foram realizadas utilizando-se de métodos específicos. O teor de N total foi determinado pelo método semimicro Kjeldahl, e o teor de P foi determinado pelo método do ácido fosfovanadato-molibdico, segundo metodologia descrita por Sarruge e Haag (1974). Para a determinação dos teores de K, Ca e Mg, foi utilizada espectrofotometria de absorção atômica, segundo método descrito por Jorgensen (1977). O teor de S foi determinado pelo método turbidimétrico, descrito por Vitti (1989). As leituras dos teores do N, P, K, Ca, Mg e S foram realizadas no Laboratório Central da UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

4- RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 – Nitrogênio

O sintoma inicial de deficiência em N foi observado aos 11 dias após a omissão do nutriente na solução nutritiva. A rapidez em externar a carência em nitrogênio, após a omissão do nutriente na solução nutritiva, em comparação aos demais macronutrientes, também foi mencionada por Fernandes e Haag (1972), cujos sintomas em pimentão apareceram 10 dias após a omissão, e por Viegas et al. (2013), em pimenta-longa, 13 dias após a omissão. Nesse momento de visualização do sintoma da deficiência de N, a planta estava com 79 dias de ciclo, no início do período de frutificação, época que a demanda da planta por N é alta, conforme reportam Crespo-Ruiz et al. (1988) e Charlo et al. (2012). Em cultivo de campo, foi verificado que o teor foliar de N somente diminuiu a partir do aparecimento dos primeiros frutos, e atribuíram ao maior crescimento das plantas de pimentão a partir dessa época (LOCASCIO; STALL, 1994).

O sintoma inicial da deficiência em N foi caracterizado por clorose, diminuição no tom verde, na face adaxial de todas as folhas da planta (Figura 1). Nesse momento, nas folhas do terço inferior da planta com deficiência de N, o teor de N era $27,6 \text{ g kg}^{-1}$. Embora não seja adequado comparar teores obtidos na folha diagnóstica com aquelas de outras partes da planta, nota-se que o teor de folhas da parte inferior da planta, folhas velhas, está aquém das faixas de 35 a 50 g kg^{-1} , considerada adequada por Mills e Jones (1996), de 35 g kg^{-1} de N por Malavolta et al. (1997), de 40 a 60 g kg^{-1} por Reuter e Robison (1997) e de 30 a 60 g kg^{-1} por Trani e Raij (1997). Por outro lado, o teor obtido em folhas localizadas na mesma posição na planta, portanto folhas baixas, mas cultivadas com solução nutritiva completa, o teor era de $50,2 \text{ g kg}^{-1}$ de N, o qual se encontra nas faixas de teores adequados, segundo os autores anteriormente reportados.

O sintoma de desverdecimento da planta como um todo, observado neste trabalho em razão da deficiência em N, não foi relatado em literatura. Fernandes e Haag (1972) relataram o início de clorose em folhas velhas da planta, assim como

outros autores (MALAVOLTA et al., 1997; CAMACHO, 2003; CHATTERJEE; BUDE, 2004) para espécies, em geral.

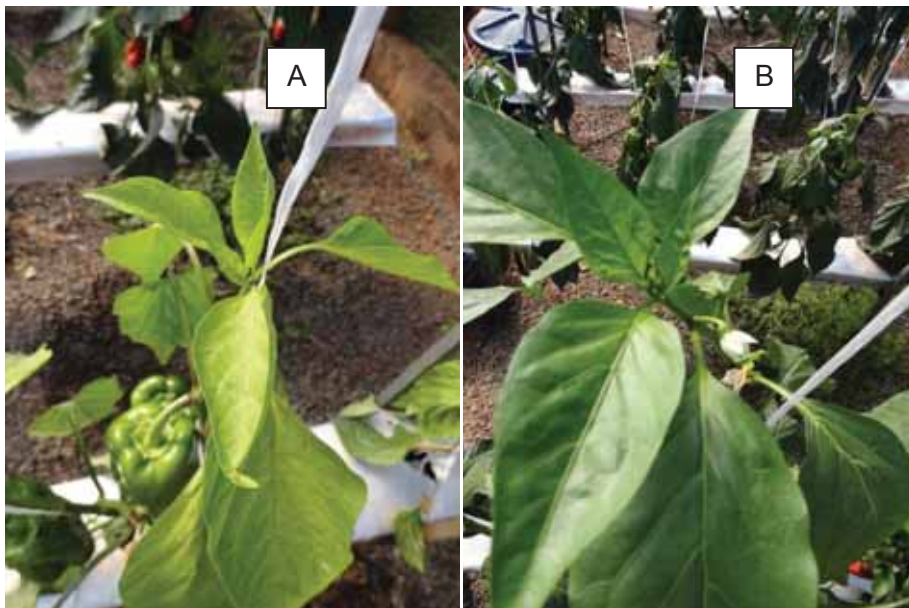


Figura 1. Planta de pimentão apresentando clorose em todas as folhas, em solução nutritiva com omissão de N (A), e sem clorose em plantas cultivadas em solução nutritiva completa (B).

A redistribuição do N nas plantas é facilmente realizada via floema, e conseqüentemente, os sintomas de deficiência do nutriente iniciam-se na parte mais velha da planta (MENGEL; KIRKBY, 1987). Por outro lado, estudo realizado pela EPAGRI (2002) descreveu a deficiência de N como uma desordem que causa o amarelecimento das folhas mais novas, começando pela base, próximo da nervura principal, e expandindo-se para a folha toda. Segundo a mesma literatura, com o prosseguimento da deficiência, todas as folhas tornam-se amareladas.

O início de clorose nas folhas velhas é, em geral, explicado pela elevada mobilidade do N na planta (FAQUIN, 2005), o que lhe permite ser redistribuído da parte mais velha para a mais nova da planta, com o objetivo de garantir a manutenção do crescimento e do desenvolvimento do vegetal.

De acordo com os teores citados para as folhas das porções inferiores de plantas de pimentão cultivadas em solução completa e com omissão de N, concluiu-se que houve redistribuição de N, após a omissão do nutriente na solução nutritiva. Esse fato causou clorose nas folhas velhas. Quanto à clorose nas porções mediana

e superior da planta, pode ser atribuída ao caminhamento do N das folhas velhas para os frutos, que são os drenos principais na planta, e diante da omissão de N na solução nutritiva não houve N suficiente para atender à demanda do meristema apical, da parte aérea e das folhas adjacentes, causando-lhes, também, desverdecimento.

Com a permanência da omissão de N na solução nutritiva, a cor verde-pálida nas folhas mais velhas evoluiu para amareladas e sem brilho, enquanto as folhas da parte superior da planta permaneceram verde-claras e com crescimento paralisado. A evolução do sintoma de deficiência observado concorda com o descrito por Fernandes e Haag (1972), em pimentão, e Flores et al. (2012), em plantas de *Capsicum frutescens*.

A mudança na coloração está associada à decomposição da molécula de clorofila, que contém um átomo central de magnésio interligado a quatro radicais aminas (LEHNINGUER, 2006; BASELA; MAHADEEN, 2008). Como consequência da proteólise e redistribuição dos aminoácidos ocorre colapso dos cloroplastos e, assim, ocasiona decréscimo no conteúdo de clorofila (FAQUIN, 2005). Como cerca de 50 a 70% do N total na folha estão associados aos cloroplastos (CHAPMAN; BARRETO, 1997), a desestruturação destes leva ao amarelecimento foliar. Aminifard et al. (2012) avaliaram a resposta de *Capsicum annum* L a doses de N (0, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹) e verificaram, entre muitas características, que houve efeito positivo do aumento da dose no conteúdo de clorofila.

O agravamento da deficiência em N causou abortamento de flores, conforme também observado por Fernandes e Haag (1972), em pimentão. Pinto et al. (2006) não mencionam abortamento de flores, mas informam que a deficiência de N causa redução no florescimento e na frutificação, em pimentas.

Os frutos apresentaram cor verde-clara e amadureceram precocemente em relação aos frutos de plantas cultivadas em solução nutritiva completa, observando-se diminuição de frutos fixados, decorrentes de abortamento de flores e pequena taxa de fixação de frutos. O fato observado concorda com Shrivastava (1996), que destacou que a adubação nitrogenada favoreceu o aparecimento de flores e frutos. Já a quantidade de N é dependente da duração do período e do número de frutos fixados, sendo requerida alta dose de N para suportar grande número de colheitas

(ARAM; RANGARAJAN, 2005). Ali e Kelly (1992) também explicam que a adequada dose de N durante o estágio reprodutivo proporciona a manutenção de vigorosa emissão de flores e frutos, aliviando o estresse causado pelo processo de crescimento dos ramos.

Campos et al. (2008) quando avaliaram doses de N, via fertirrigação, em ambiente protegido, observaram contribuição significativa do nutriente sobre os dois principais componentes da produtividade: número de frutos e massa do fruto. Os autores verificaram que houve reduções de 58 e 59% no número e massa do fruto, respectivamente, quando não foi realizada a adubação nitrogenada. Araújo et al. (2009) verificaram reduções de 55 e 14% no número de frutos e na massa do fruto de pimentão quando a dose de N foi reduzida de 400 para 100 kg ha⁻¹. Resultados semelhantes foram observados por Marcussi et al. (2004) e Tumbare et al. (2004).

Aos 36 dias após a omissão do N, as folhas começaram a apresentar pontuações escuras, por todo o limbo, e na sequência apresentaram acentuada clorose (Figura 2). Houve abscisão foliar, conforme também observado por Fernandes e Haag (1972).

No decorrer do ciclo, constatou-se que plantas deficientes em N tiveram menor taxa de crescimento até a paralisação do mesmo, o que é justificado pela demanda do N em muitos componentes da célula vegetal, incluindo aminoácidos e ácidos nucleicos necessários para a divisão e para a multiplicação celular, processos intimamente relacionados com o crescimento da planta, conforme relatado por (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Flores et al. (2012), ao avaliarem a omissão de N em pimenteira (*Capsicum frutescens*), plantas do mesmo gênero do pimentão, observaram menores diâmetro do caule, altura, área foliar e número de folhas.

4.2 – Fósforo

Aos 21 dias após a omissão do P na solução nutritiva, foi observado sintoma de deficiência de P no pimentão, enquanto Fernandes e Haag (1972) verificaram os sintomas após 25 dias da omissão, e Bianco (2012) verificou sintomas em couve-flor aos 19 dias após a omissão do nutriente na solução nutritiva.

O sintoma inicial foi caracterizado por folhas da parte mais jovem da planta com cor verde mais escura do que folhas mais velhas. Epstein e Bloom (2006), Malavolta (2006) e Pinto et al. (2006), afirmaram que as folhas mais velhas de plantas com deficiência de P apresentam-se verde-escuras ou azul-esverdeadas.

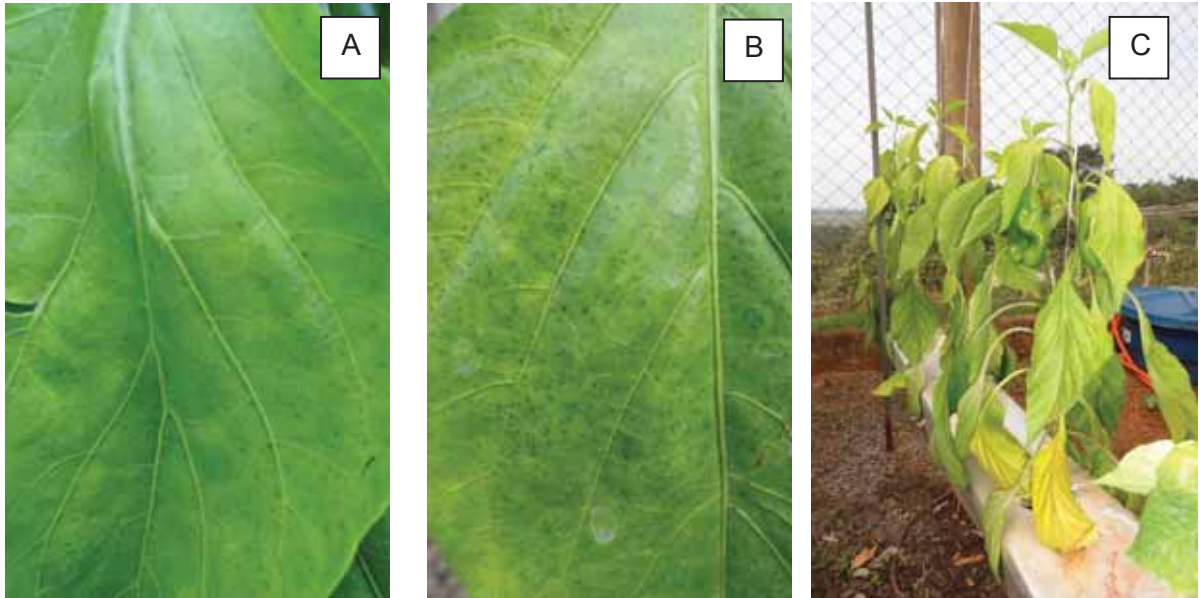


Figura 2. Início do aparecimento de pontuações negras em folhas cloróticas devido a omissão de N na solução nutritiva (A), aumento do número de pontuações (B) e senescência de folhas (C).

Nas folhas do terço superior, o teor de P foi de $0,7 \text{ g kg}^{-1}$, enquanto nas mesmas folhas de plantas cultivadas com solução nutritiva era de $4,7 \text{ g kg}^{-1}$. O tratamento com solução completa apresentou teor dentro da faixa de teores adequados para o pimentão, segundo Mills e Jones (1996), de $2,2$ a 7 g kg^{-1} ; de $2,5 \text{ g kg}^{-1}$ por Malavolta et al. (1997); de $3,5$ a 10 g kg^{-1} por Reuter e Robison (1997), e de 3 a 7 g kg^{-1} por Trani e Raij (1997). De acordo com Swiader e Morse (1982), folhas de pimentão com $2,8 \text{ g kg}^{-1}$ de P relacionaram-se com as mais altas produtividades, em condições de campo.

Aos 32 dias após a visualização da deficiência, folhas mais velhas passaram a ter cor verde-escura e tons purpúreos nas nervuras. Epstein e Bloom. (2006) descreveram que a deficiência de P pode causar a visualização de pigmentos vermelhos, purpúreos e marrons nas folhas, especialmente ao longo das nervuras.

Pinto et al. (2006) relataram a possibilidade de bronzeamento das partes inferiores de pimenteiras. A pigmentação arroxeada pode ser devido ao acúmulo de antocianina nos vacúolos (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

Quinze dias após a visualização dos sintomas iniciais da deficiência de P, 36 dias após a omissão de P na solução nutritiva, as folhas mais velhas começaram a apresentar amarelecimento (Figura 3), que posteriormente evoluíram para manchas necróticas, começando nas pontas e seguindo em direção à base das folhas. O desverdecimento, pode ser decorrente de moderada decomposição de clorofilas e redistribuição de P para folhas novas. A clorose nas folhas velhas também foi relatada por Fernandes e Haag (1972), porém no ápice do limbo de folhas velhas, com a porção basal verde-escura. Bianco (2012) constatou que o sintoma inicial da deficiência de P, em couve-flor, foi a perda progressiva do tom verde, seguido de amarelecimento homogêneo do limbo foliar, em ambas as faces do limbo de folhas mais velhas da planta.

O sintoma de enrolamento da folha velha clorótica de plantas de pimentão com a face adaxial para dentro, relatado por Fernandes e Haag (1972), não foi observado neste estudo. Pinto et al. (2006) relataram que a evolução da deficiência de P em pimentas causou clorose marginal, em folhas velhas.

Folhas novas da planta do pimentão, embora tenham apresentado menor intensidade da cor verde, não se apresentaram amareladas, caracterização que concorda com o relatado por Fernandes e Haag (1972). Baghour et al. (2001) verificaram que a deficiência de P ocasionou senescência das folhas mais velhas, mantendo as mais jovens saudáveis, presumivelmente devido à redistribuição do nutriente.

Também foi observada abscisão foliar, fato também reportado por Pinto et al. (2006), em pimenteiras deficientes em P.

Possivelmente, a drástica alteração da concentração de P na solução nutritiva, de presente para ausente, desencadeou sinais na planta para diminuir ou cessar o crescimento da parte aérea, conforme Bielecki (1973) e Martinez et al. (1993). Segundo esses autores, em deficiência de P no meio de cultivo, há retenção do nutriente nas raízes e menor translocação para a parte aérea, e verificaram que o

crescimento radicular da planta de pimentão foi mantido em detrimento da parte aérea, aumentando a relação raiz/parte aérea.



Figura 3.Clorose na folha velha do pimentão, aos 36 dias após a omissão do P na solução nutritiva.

Como a omissão de P na solução nutritiva foi mantida, deve ter havido redistribuição de P da parte velha para jovem da planta, a fim de manter a atividade metabólica, especialmente a atividade enzimática e o desenvolvimento da planta. Como consequência, os teores de P em folhas mais velhas diminuíram consideravelmente, levando a uma sequência de eventos que, visualmente, foi marcada pela cor amarela. O amarelecimento pode ser explicado pela decomposição de clorofilas, pois Conroy et al. (1986) observaram que a deficiência de P provocou alterações estruturais na membrana tilacoide do cloroplasto, o que diminuiu a capacidade de captura de fótons e sua utilização no fotossistema II. Essa disfunção do sistema fotossintético pode ser o motivo inicial de eventos que levaram à ineficiência da clorofila e sua decomposição em folhas velhas. A eficiência fotossintética por unidade de clorofila é muito menor em plantas deficientes em P (LAUER et al.,1989).

Em outras culturas olerícolas, há relatos de comportamento muito semelhante. Bottrill et al. (1970) em espinafre, observaram que a deficiência de P atuou negativamente sobre a fotossíntese, tanto em quantidade de CO₂ por unidade de matéria fresca, quanto por unidade de clorofila. Baghour et al. (2001) verificaram, como um dos principais efeitos da deficiência do P em pimentas, a diminuição da eficiência fotossintética. Em consonância ao relatado pelos autores, Peñalosa et al. (1989), avaliando concentrações de P (0,2; 0,5; 2,0 e 4,0 mmol L⁻¹) na solução nutritiva no tomateiro, observaram menores relações clorofila a /clorofila b e percentagem de clorofila a em relação ao total, nos tratamentos com 0,2 e 0,5 mmol L⁻¹ de P.

A deficiência de P causou severo abortamento de flores, amarelecimento de pedúnculos e cálices, antes da queda das flores (Figura 4), entrenós curtos e folhas com aspecto quebradiço. Não foi observado abortamento dos frutos já fixados.

Fernandes e Haag (1972) mencionam a queda de flores em decorrência da evolução da carência em P. Fontes e Monnerat (1984) citaram a queda acentuada do número de flores como o sintoma marcante da deficiência de P em pimentão. Mengel e Kirkby (1987) relataram alteração na formação de botões florais e sementes.

A alta mobilidade do P na planta favorece a rápida redistribuição do nutriente não metabolizado, localizado no vacúolo dessas folhas, para os órgãos mais novos, cujo crescimento cessa quando acaba a reserva (MALAVOLTA et al., 1997). A paralisação do crescimento foi constatada aos 41 dias após a omissão do P. Flores et al. (2012) observaram que a omissão de P provocou prejuízo no crescimento de pimentas e estas ficaram raquíticas.

Embora acumulado pela planta de pimentão em menor quantidade dentre os macronutrientes (CHARLO et al., 2012), o P tem função estrutural e está envolvido no processo energético da planta (MALAVOLTA, 2006), afetando vários processos metabólicos, como síntese de ácidos nucleicos, transferência de energia, ativação e desativação de enzimas, entre outros (VANCE et al., 2003). Em razão de ter função na absorção de nutrientes, sua deficiência na planta causa redução na absorção de outros nutrientes, conforme observado em pimentas por Flores et al. (2012). Em

tomateiro, Gunes et al. (1998) constataram que o conteúdo de P correlacionou-se positivamente com os teores de N, K, Ca e Mg.

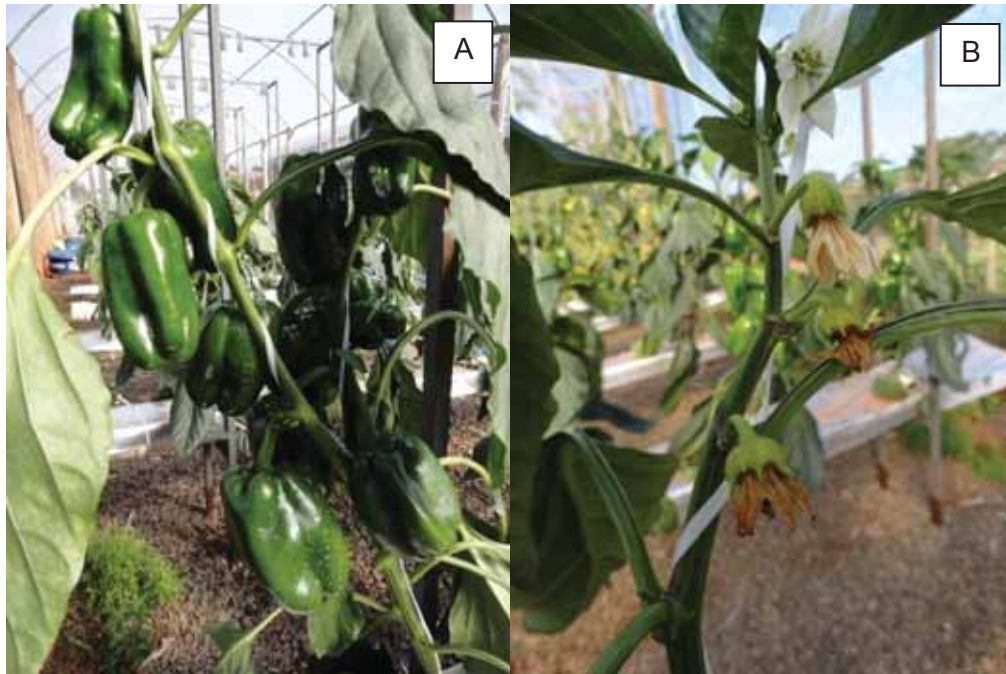


Figura 4. Fixação de frutos em planta com solução nutritiva completa (A) e ausência de fixação após a omissão de P na solução nutritiva, que pode ser constatado pelo amarelecimento dos pedicelos das flores (B).

A pequena quantidade na planta de pimentão e, paradoxalmente, os grandes efeitos fisiológicos que realiza, faz do fósforo um elemento estratégico para obtenção de elevada produtividade e qualidade de frutos.

4.3 – Potássio

Os sintomas de deficiência do K surgiram aos 24 dias após a omissão do nutriente na solução nutritiva, seis dias a mais do que o tempo relatado por Fernandes e Haag (1972). Bianco (2012) verificou sintomas na couve-flor aos 28 dias após a omissão do nutriente na solução nutritiva. Assim como estes autores, o sintoma de deficiência de K foi observado após o de P.

Inicialmente, foi observado clorose marginal das folhas do terço superior da planta, ou seja, nas mais novas (Figura 5). Esse sintoma concorda com o descrito

por Fernandes e Haag (1972), embora estes autores tenham relatado que, previamente à clorose, foi constatada a presença de adensamento de folhas na porção superior da planta, devido à formação de internódios curtos. A clorose em folhas da região intermediária da planta de pimentão e que depois atingiu as folhas mais novas, também foi observada por Fontes (2001) e Pinto et al. (2006).

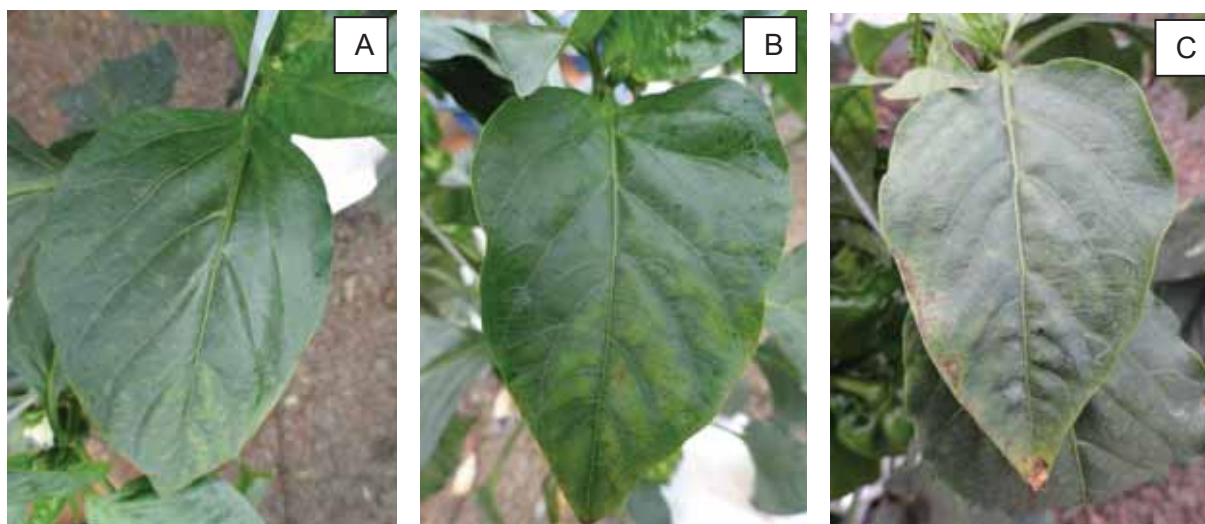


Figura 5. Evolução do sintoma de deficiência de potássio em folha do terço superior da planta de pimentão, após a omissão do nutriente na solução nutritiva: A – Início da clorose na margem e parte apical da folha; B – aumento da clorose em direção à nervura central; C – necrose de tecidos localizados na margem das folhas em função da omissão de potássio na solução nutritiva.

Posteriormente à clorose, houve necrose de parte do tecido foliar clorótico das regiões do ápice e bordos das folhas (Figura 5), o que concorda com Fernandes e Haag (1972), Fontes (2001) e Meurer (2006). Pinto et al. (2006) destacaram também a presença de pontuações necróticas entre as nervuras.

Em razão de ser importante ativador enzimático, a deficiência de K causa menor síntese de proteínas e acúmulo de compostos nitrogenados solúveis, como, por exemplo, putrescina, N-carbamilputrescina e agmatina, sendo a putrescina fitotóxica e provocando a necrose do tecido foliar (FAQUIN, 2005). Outra

possibilidade é a necrose decorrente de acúmulo de N-NH_4^+ (DIBB; THOMPSON, 1985), que devido ao baixo teor de K tem-se baixa atividade enzimática e pequena síntese de proteínas, atingindo níveis tóxicos. De acordo com Xu et al. (2002), o metabolismo do N requer adequadas quantidades de K no citoplasma.

Por outro lado, a localização na planta onde foram observados os sintomas iniciais, que concorda com o relatado por Fernandes e Haag (1972), Fontes (2001), e Pinto et al. (2006), diverge do constatado por Flores et al. (2012), em pimenta *Capsicum frutescens*, e Viegas et al. (2013), em *Piper hispidinervum*, os quais relataram o aparecimento de clorose nas margens das folhas mais velhas, expandindo-se em direção à nervura central, podendo atingir toda a lâmina foliar. Semelhança de sintoma constatado por estes autores e observado neste trabalho foi a necrose, principalmente nos ápices foliares, como evento subsequente à clorose.

A omissão de K na solução nutritiva reduziu rapidamente o teor deste nutriente na planta, encontrando-se $26,1 \text{ g kg}^{-1}$ na matéria seca de folhas com o sintoma de deficiência inicial, em relação ao teor de $69,4 \text{ g kg}^{-1}$ de K em folhas de mesma posição na planta, porém cultivadas em solução completa. O teor de K observado em folhas deficientes é inferior aos intervalos de teores considerados adequados, para pimentão, por Reuter e Robison (1997), e Trani e Raij (1997), de 40 a 60 g kg^{-1} de K, e por Mills e Jones (1996), de 35 a 45 g kg^{-1} de K. Contudo, situa-se quase no limite, mas acima do teor de 25 g kg^{-1} de K, considerado como adequado por Malavolta et al. (1997).

Folhas encurvadas, caules delgados e fracos, queda das folhas basais e paralisação do crescimento também foram evidenciados com a deficiência do K, induzidos pela omissão de K na solução nutritiva, o que concorda com relatos de Fontes (2001) e Pinto et al. (2006) sobre plantas de pimentão baixas e com menos folhas. Embora não constitua de compostos na planta, de acordo com Fontes et al. (2005) e Marcussi (2005), o K é o nutriente acumulado em maior quantidade na planta, cuja demanda é incrementada no período de frutificação.

4.4 – Cálcio

Aos 17 dias após a omissão de Ca na solução nutritiva, foi possível observar sintomas de deficiência do nutriente. Portanto mais cedo que o observado por Fernandes e Haag (1972) que visualizaram os primeiros sintomas da deficiência de Ca aos 22 dias.

A deficiência de Ca no meio foi mais rapidamente externada pelas plantas do que para P (21 dias) e K (24 dias), e mais demorada do que para N (11 dias). Baboulène et al. (2007) avaliaram o efeito da deficiência de Ca sobre o crescimento de tomateiro, espécie da mesma família do pimentão. Constataram redução significativa no crescimento em até 70% da obtida com solução nutritiva completa, após cinco dias de indução à deficiência.

O sintoma, primeiramente, foi observado nos frutos em crescimento e é conhecido como podridão estilar, podridão apical ou fundo preto.

A omissão do Ca foi a que ocasionou maior dano ao fruto. Inicialmente, verificou-se o aparecimento de uma mancha na superfície do fruto, em região oposta à inserção do pedúnculo. A mancha destacava-se por ser um pouco mais escura que os tecidos da epiderme do fruto, dando a impressão de tecido encharcado. A evolução da desordem fisiológica foi caracterizada por morte do tecido, retratando manchas marrom-claras. Posteriormente, ocorreu paralisação do crescimento do fruto, apodrecimento do tecido necrosado e aceleração do amadurecimento (Figura 6).

Taylor e Loscascio (2004) relacionam a podridão apical com a deficiência de Ca, mas também citam como fatores indutores a alta salinidade, e a alta concentração de Mg^{2+} , NH_4^+ , e/ou de K^+ . Para Kowalska e Wodzimirz (2012), o conteúdo de Ca em frutos de pimentão depende de fatores ambientais e de cultivo, incluindo intensidade de luz, temperatura, umidade, condições da planta, forma da adubação nitrogenada e da presença de outros nutrientes minerais. Entretanto, no presente estudo, somente foi observada a desordem podridão apical no tratamento com a omissão de Ca na solução nutritiva.

A podridão apical ou estilar, assim como outros sintomas de carência nutricional, é a exteriorização de uma sequência de eventos que ocorrem em nível

molecular e celular, que se iniciou há dias. Entretanto, ao contrário de muitos sintomas, como clorose, nanismo, manchas, nos quais não há morte de tecidos, uma vez desencadeado o processo da podridão apical, não há mais como revertê-lo, devendo-se agir preventivamente. Geralmente, ocorre nas primeiras semanas após a antese (FONTES, 2003).

O percentual de Ca no fruto varia segundo alguns autores, conforme a cultivar, clima, sistema de cultivo e comprimento do período de colheita, mas sempre com grande percentual do total alocado na parte aérea. Muller et al. (1979) observaram participação dos frutos somente com 6% do total de Ca acumulado pela planta, enquanto Silva et al. (2001) constataram cerca de 20%, Fontes et al. (2005), 19% e Charlo et al. (2012) cerca de 11%.



Figura 6. Evolução da podridão apical em frutos de pimentão, em plantas cultivadas em solução nutritiva com omissão de cálcio.

A carência de Ca na planta de pimentão também causou anormalidades visíveis nas regiões apicais dos ramos. As folhas das regiões meristemáticas apresentaram-se com clorose, encarquilhamento e redução no crescimento de folhas e internódios, conferindo ao topo da planta aspecto enfezado (Figura 7).

Os sintomas concordam com Fernandes e Haag (1972), e parcialmente com os relatados por Flores et al. (2012), em plantas de *Capsicum frutescens*, e Viegas et al. (2013), em plantas de *Piper hispidinervum*. Em comum, foram observadas deformações nas folhas novas e redução drástica no crescimento e número de folhas (FLORES et al., 2012; VIEGAS et al., 2013). Entretanto, não foram observadas pontas das folhas com manchas necróticas entre as nervuras (FLORES et al., 2012) e morte das brotações (FLORES et al., 2012; VIEGAS et al., 2013), os quais são sintomas característicos da desordem conhecida por “tipburn”. Também não foi observado amarelecimento das folhas velhas, conforme constataram Fernandes e Haag (1972).



Figura 7. Clorose em folhas novas e enfezamento da planta de pimentão, em função da omissão de cálcio na solução nutritiva.

No momento de visualização dos sintomas de deficiência de Ca nos frutos, o teor de Ca na folha de diagnose do estado nutricional era de $9,6 \text{ g kg}^{-1}$.

Quando da visualização da deficiência nas folhas novas da planta, portanto, do terço superior, o teor de Ca nessas folhas deficientes era $7,1 \text{ g kg}^{-1}$, enquanto em

folhas correspondentes, porém, de plantas cultivadas em solução nutritiva completa, o teor era de 17,2 g kg⁻¹ de Ca. Nessas plantas, o teor de Ca, mesmo em folhas da parte superior da planta, encontrava-se dentro das faixas de teores adequados, citados por Mills e Jones (1996), de 13 a 28 g kg⁻¹; por Reuter e Robison (1997), de 10 a 25 g kg⁻¹ e Trani e Raij (1997), de 10 a 35 g kg⁻¹. Contudo, abaixo do citado por Malavolta et al. (1997), 25 g kg⁻¹. Já o teor em folha deficiente estava fora do intervalo adequado, apresentado pelos autores.

Vale ressaltar que, mesmo plantas com adequado teor de Ca na folha diagnóstica podem apresentar frutos com podridão. Isto ocorre porque a insolubilidade dos compostos de Ca na planta e sua localização nas células justificam a falta de redistribuição do nutriente em condições de deficiência na planta (VITTI et al., 2006). Por isso, em partes em franco crescimento, como a região meristemática, folhas novas e frutos jovens são severamente afetados. Do total de Ca na planta de pimentão, 39,2% encontram-se localizados nas folhas, e 30,4%, nas hastes (CHARLO et al., 2012).

4.5 Magnésio

Aos 34 dias após a omissão de Mg na solução nutritiva, foram observados os sintomas iniciais de deficiência do nutriente. Fernandes e Haag (1972) observaram sintomas aos 25 dias após a omissão, enquanto Bianco (2012) em couve-flor observou sintomas aos 22 dias após a omissão do nutriente na solução nutritiva.

Inicialmente, em folhas do terço médio de plantas de pimentão, foram constatadas clorose internerval e superfície adaxial áspera. A clorose, com o decorrer do tempo, aumentou em intensidade nas folhas do terço médio da planta e foi observada clorose também em folhas do terço superior (Figura 8).

O sintoma de clorose deve à diminuição do pigmento clorofila (BOTTRILL et al., 1970) que deve ter causado a rápida desestruturação do cloroplasto. Muitas enzimas do metabolismo do ácido carboxílico requerem o Mg como ativador. Em folhas deficientes de Mg, os cloroplastos desenvolvem grandes grãos de amido. A grana tem seu tamanho reduzido, fica irregular, vacuolizada e, às vezes, ocorre a lise da membrana dos cloroplastos (CHATERJEE; BUDE, 2004).

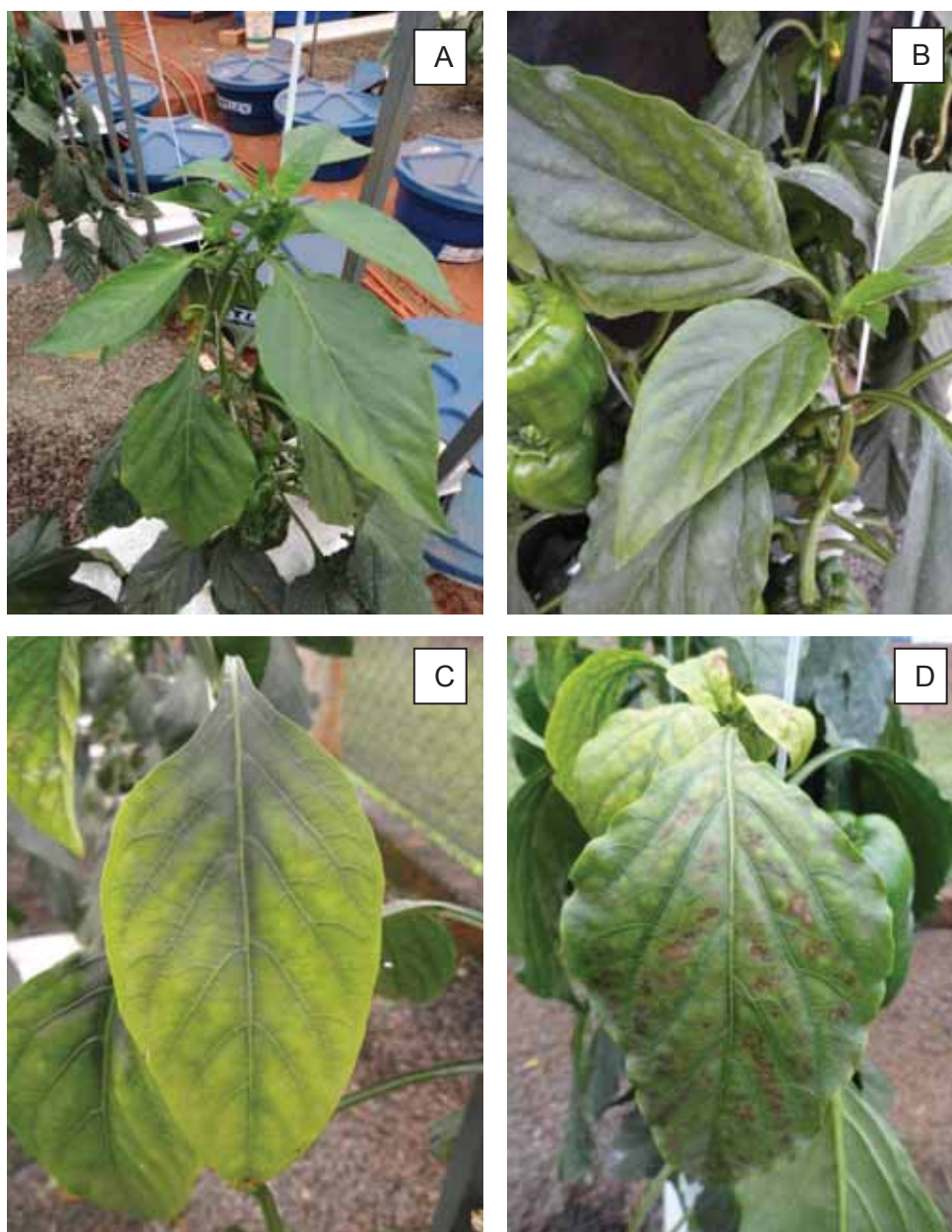


Figura 8. Clorose internerval em folhas da porção mediana (A) e superior (B e C) da planta de pimentão, e evolução da clorose para necrose (D), em função da omissão de magnésio na solução nutritiva.

Embora o sintoma seja o mesmo descrito por Riga e Anza (2003), estes autores citaram o surgimento da clorose em folhas velhas. Porém, o observado no presente trabalho quanto à localização inicial da deficiência e à descrição de parte dos sintomas concorda com os relatos de Fernandes e Haag (1972), Silva (2001) e

Pinto et al. (2006). Não foi constatado o enrolamento das folhas cloróticas citado por esses autores.

Com a evolução dos sintomas de carência em Mg, observou-se estreitamento do limbo foliar e surgimento de pontos necróticos nas margens das folhas mais velhas. Sintomas semelhantes foram descritos por Flores et al. (2012), ao enfatizarem que a deficiência de Mg reduziu o índice de clorofila em plantas de pimenta.

Não foram observados sintomas de deficiência do Mg em frutos, mas seguramente, em razão de diminuir a fotossíntese, teria comprometido a produção de frutos, caso tivesse sido avaliada. Por ter função estrutural na clorofila e enzimática em reações fosforilativas (MALAVOLTA et al., 1997), que influenciam diretamente nos processos de fotossíntese, respiração, síntese de compostos orgânicos, entre outros, a maior quantidade de Mg na planta está presente nas folhas. Do total de Mg acumulado pela planta, cerca de 40% estão nas folhas (CHARLO et al., 2012). Fontes et al. (2005) observaram 72% do Mg presente em folhas e hastes, enquanto nos frutos, somente 18%.

O teor de Mg nas folhas do terço médio, quando da visualização da deficiência, foi de $1,1 \text{ g kg}^{-1}$, valor este inferior aos teores considerados adequados por Mills e Jones (1996), que é de 2,5 a 12 g kg^{-1} ; de $7,5 \text{ g kg}^{-1}$ por Malavolta et al. (1997); de 3 e 10 g kg^{-1} por Reuter e Robison (1997), e de 3 a 12 g kg^{-1} por Trani e Raij (1997). Em folhas situadas na mesma posição na planta, porém cultivadas em solução nutritiva completa, o teor de Mg foi de $5,6 \text{ g kg}^{-1}$.

4.6 – Enxofre

O sintoma de deficiência em S foi o último a ser visualizado. Caracterizado por leve clorose no terço superior da planta, foi observado aos 40 dias após a omissão de S na solução nutritiva, mais precisamente nas folhas mais nova (Figura 9).

Ainda que o sintoma na folha tenha sido percebido tardiamente, foi observado também menor altura das plantas do que em plantas cultivadas em solução nutritiva completa, o que também foi reportado por Pinto et al. (2006).

Conforme Malavolta (2006), o sintoma da deficiência de S deve-se ao fato do mesmo ter pouca mobilidade na planta, quase não sendo redistribuído a partir de folhas mais velhas para as novas. O sintoma de carência de S observado concorda com o descrito para plantas em geral, por Yamada (2007), que descreveu o aparecimento de sintoma inicialmente nas folhas mais novas, devido ao S ser pouco móvel no floema.



Figura 9.Clorose em folhas da porção superior da planta de pimentão, em função da omissão de enxofre na solução nutritiva.

Na época de visualização do sintoma, o teor de S foi de $0,6 \text{ g kg}^{-1}$ de S, muito abaixo do teor considerado adequado por Malavolta et al. (1997), de 4 g kg^{-1} . Em folhas de posição semelhante, mas de plantas cultivadas em solução nutritiva completa, o teor foi de $6,2 \text{ g kg}^{-1}$.

5 – CONCLUSÕES

O sintoma da deficiência de nitrogênio inicia-se aos 11 dias após a omissão, com clorose uniforme no limbo foliar de folhas velhas, com $27,6 \text{ g kg}^{-1}$ de N, seguido por abortamento de flores, redução na emissão de folhas e flores, cessação do crescimento e pontos negros nas folhas velhas antes da senescência foliar.

O sintoma da deficiência de fósforo inicia-se aos 21 dias após a omissão, com leve clorose uniforme no limbo foliar de folha nova, $0,7 \text{ g kg}^{-1}$ de P, com cor verde escura na folha velha; presença de tons purpúreos nas nervuras; acentua-se o amarelecimento de folhas velhas e surgem tecidos necrosados, abortamento de flores, redução na emissão de folhas e flores e cessação do crescimento.

O sintoma da deficiência de potássio inicia-se aos 24 dias após a omissão, com clorose das margens do limbo foliar de folhas novas, $26,1 \text{ g kg}^{-1}$ de K, seguida de necrose desse tecido e redução na emissão de folhas.

O sintoma da deficiência de cálcio inicia-se aos 17 dias após a omissão, com clorose foliar, $7,1 \text{ g kg}^{-1}$ de Ca, e encarquilhamento de folhas novas, diminuição na emissão de novas folhas, podridão apical em frutos em franco crescimento.

O sintoma da deficiência de magnésio inicia-se aos 35 dias após a omissão, com clorose internerval em folhas do terço médio e superior da planta, $1,1 \text{ g kg}^{-1}$ de Mg, que evolui para necrose, e superfície adaxial do limbo foliar áspera.

O sintoma da deficiência de enxofre inicia-se aos 40 dias após a omissão, com clorose uniforme no limbo foliar de folhas novas, com $0,6 \text{ g kg}^{-1}$ de S.

6 – REFERÊNCIAS

ALI, A. M., KELLY, W. C. The effects of inter fruit competition on the size of sweet pepper (*Capsicum annuum*L.) fruits. **Journal of Horticulture Science**, Bangalore, v.52, p. 69–76,1992.

AMINIFARD, M.H.; AROIEE, H. N.; AZIZI, M.; KHAYYAT, M. Effect of nitrogen fertilizer on vegetative and reproductive growth of pepper plant sunder field on condition. **Journal of Plant Nutrition**, Londres, v.35, n.2, p.235-242, jan, 2012.

ARAM, K.; RANGARAJAN, A. Compost for nitrogen fertility management of Bell pepper in a Drip-irrigated Plasticulture System. **Hort Science**, v.40, n.3, p. 577-58, 2005.

ARAÚJO, J. S.; ANDRADE, A. P. de; RAMALHO, C. I; AZEVEDO, C. V. de. Características de frutos de pimentão cultivado em ambiente protegido sob doses de nitrogênio via fertirrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13,p.152-157, 2009.

BABOULÈNE, L.; SILVESTRE, J.; PINELLI, E.; MORARD, P: Effect of Ca deficiency on growth and leaf acid soluble proteins of tomato. **Journal of Plant Nutrition**, Londres, v. 30, n. 4, p. 497-515, 2007.

BAGHOUR, M.; SANCHEZ, E.; RUIZ, J.M.; ROMERO, L. Metabolism and efficiency of phosphorus utilization during senescence in pepper plants: response to nitrogenous and potassium fertilization. **Journal of Plant Nutrition**, Londres, v.24, n.11, p.1731-1743, 2001.

BASELA, O.; MAHADEEN, A. Effect of fertilizers on growth, yield components, quality and certain nutrient contents in broccoli (*Brassica oleracea*). **International Journal of Agriculture and Biology**, Pakistan, v. 10, p. 627–632, 2008.

BIANCO, M.S. **Estado nutricional de couve-flor 'Verona' submetida à omissão de macronutrientes**. 2012. 44 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2012.

BIELESKI, R.L. Phosphate pools, phosphate transport, and phosphate availability. **Annual Review of Plant Physiology**, New Zealand, v. 24, p. 225-252, june, 1973.

BOTTRILL, D. E., POSSINGHAM, J. V. K.;RIEDEMANN, P. E. The effect of nutrient deficiencies on photosynthesis and respiration in spinach. **Plant and Soil**, v.32, p. 424-38, 1970.

CAMACHO, R E. S. Nutricion mineral de plantas y el uso de fertilizantes. Fertilizantes: Características y manejo. **Centro de Investigaciones Agronómicas - CIA**. Costa Rica.p 1-16, 2003.

CAMPOS, V. C.; OLIVEIRA, A. P. de.; CAVALCANTE, L. F.; PRAZERES, S. da S. Rendimento do pimentão submetido ao nitrogênio aplicado via água de irrigação em ambiente protegido. **Revista de Biologia e Ciências da terra**, Paraíba, v. 8, n. 2, 2008.

CASTELLANE, P.D; ARAÚJO, J.A.C. **Cultivo sem solo**: Hidroponia. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 43 p.

CHAPMAN, S.C., BARRETO, H.J. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. **Agronomy Journal**, Madison, v.89, n.4, p.557-562, 1997.

CHARLO, H.C.O; OLIVEIRA S.F; VARGAS, P.F; CASTOLDI, R; BARBOSA, J.C; BRAZ, L.T. Accumulation of nutrients in sweet peppers cultivated in coconut fiber. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v.30, n.1, p.125-131, jan-mar, 2012.

CHARTZOULAKIS, K.; KLAPKI, G. Response of two green house pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. **Scientia Horticulturae**, v.86, p.247-260, 2000.

CHATTERJEE, C.; BUDE, B.K. Nutrient deficiency disorders in vegetables and their management. In: MUKERJI, K.G. Fruit and vegetables diseases. Boston: Kluwer Academic Publishers, p.145-163. 2004.

CONROY, J.P.; SMILLIE, R.M.; KUPPERS, M.; BEVEGE, D.I., BARLOW, E.W. Chlorophyll a fluorescence and photosynthetic and growth responses of pinus radiata to phosphorus deficiency, drought stress, and high CO₂. **Plant Physiology**, v.81, p.423-429, 1986.

CRESPO-RUIZ, M.; GOYAL, M.R.; BÁEZ, C.C.; RIVERA, L.E. Nutrient uptake and growth characteristics of nitrogen fertigated sweet peppers under drip irrigation and plastic mulch. **Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico**. Puerto Rico, v. 4, p. 575-584, 1988.

DIBB, P.W.; THOMPSON Jr., R. Interaction of potassium with others nutrientes. In. MUNSON, R.D. Potassium Agriculture. Madison: American Agronomy, p.515-533, 1985.

EMBRAPA. **Irrigação na cultura do pimentão**. Brasília: Embrapa: Hortaliças, 2012. 20 p. (Embrapa-Hortaliças. Circular Técnica).

EPAGRI. Orientações técnicas para a produção pimentão em Santa Catarina Florianópolis, 2002. 42 p. (Epagri. Sistemas de Produção, 40).

EPSTEIN, E; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas**: princípios e perspectivas. 2. Ed. Londrina: Ed. Plantas, 2006. p. 42-65.

FAO. Organização das Nações Unidas para alimentação e a Agricultura. <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>, site visitado em 2013.

FAQUIN, V. **Diagnose do estado nutricional das plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. 77 p.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras:UFLA/FAEPE, 2005. 183p.

FERNANDES, P. D.; HAAG, H. P. Nutrição mineral de hortaliças. XXI. Efeito da omissão dos macronutrientes no crescimento e na composição química do pimentão (*Capsicum annuum* L., var. Avelar). Anais... Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, v.29, p. 223-23. 1972.

FLORES, R. A.; ALMEIDA, B. F de.; POLITI, L. S.; PRADO, R. M.; BARBOSA, J. C. Crescimento e desordem nutricional em pimenteira malagueta cultivada em soluções nutritivas suprimidas de macronutrientes. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.7, n.1, p.104-110, 2012.

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

FONTES, P.C.R. Podridão apical do tomate, queima dos bordos das folhas em alface e depressão amarga dos frutos em maçã: deficiência de Ca? **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 2, p. 144, abril/junho 2003.

FONTES P.C.R.; DIAS E. N; GRAÇA R. N. Acúmulo de nutrientes e método para estimar doses de nitrogênio e de potássio na fertirrigação do pimentão. **Horticultura Brasileira**, v. 23, p. 275-280, 2005.

FONTES, P.C.R. Diagnóstico do estado nutricional das plantas. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 3ªed., p. 89-106, 2006.

FONTES, P.C.R.; MONNERAT, P.H. Nutrição mineral e adubação das culturas de pimentão e pimenta. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.10, p.25-31, 1984.

GAVILLAN, M.U. **Análisis y diagnósticos nutricional em cultivos sin suelo**. Mundi Ed. Mundi Prensa – Madri. 2004. p.49-76.

GUNES, A., ALPASLAN, M.; INAL, A. Critical nutrient concentration and antagonistic and synergistic relationships among the nutrients of NFT- grown Young tomato plants. **Journal of Plant Nutrition**, Londres, v.21, n.10, p. 2035-2047, 1998.

HO, L.C., WHITE, P.J. A cellular hypothesis for the induction of blossom – end rot in tomato fruit. **Annals of Botany**, England, v. 95, p. 571-581, 2005.

JORGENSEN, S. S. **Metodologia utilizada para análises químicas de rotina: guia analítico**. Piracicaba: CENA, 1977. 24 p.

KADIR, A. S. Fruit Quality at Harvest of “Jonathan” Apple Treated with Foliarly - Applied Calcium Chloride. **Journal of plant nutrition**, vol. 27, n. 11, p. 1991–2006, 2004.

KOWALSKA, I. K; WLODZIMIERZ, S. Effect of nitrogen form, type of polyethylene film covering the tunnel and stage of fruit development on calcium content in sweet pepper fruits. **Acta Scientiarum Polonorum., Hortorum Cultus Journal**. Poland, v.11, n.3, p. 91-100. 2012.

LAUER, M.J.; BLEVINS, D.G.; SIERZPUTOWSKAGRACZ, H. P nuclear magnetic resonance determination of phosphate compartmentation in leaves of reproductive soybeans (*Glycine max L.*) affected by phosphate nutrition. **Plant Physiology**, Maryland, v.89, n.4, p.1331- 1336, 1989.

LEHNINGER, A. L. **Princípios de bioquímica**. 4ed: São Paulo. Sarvier, 2006.

LOCASCIO, S.J.; STALL, W.M. Bell pepper yield as influenced by plants spacing and row arrangement. *J. Am. Soc. Hortic.Sci.*, v.119, p.899-902, 1994.

LÚCIO A. D; COUTO M. R. M; LOPES, S. J; STORCK, L. Transformação box-cox em experimentos com pimentão em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.29, n.1, p. 38-42, 2011.

LUZ, P.H.de C.; OTTO, R.; VITT, G. C.; QUINTIN, T. A.; ALTRAN, W.S.; ILKEDA, R. Otimização da aplicação de corretivos agrícolas e fertilizantes. **Informações Agronômicas International plant nutrition Institute**, IPNI, Turkey, n.126, p. 27, 2010.

MAGALHÃES, J. R. **Diagnose de desordens nutricionais em hortaliças**. Brasília: EMBRAPA-DPU, 1988. 64p. (Documentos, 1).

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2 ed. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 281p.

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

MARCUSSI, F.F.N.; VILLAS BÔAS, R.L. Análise de crescimento e curva de acúmulo de nutrientes de um híbrido de pimentão sob condições de ambiente protegido e fertirrigação In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNESP, 12. 2000, São José do Rio Preto. **Resumos...** São José do Rio Preto: Editora UNESP, 2000. p.176.

MARCUSSI, F.F.N.; GODOY, L.J.G. de; VILLA BOAS, R.L. Fertirrigação nitrogenada e potássica na cultura d pimentão baseada no acúmulo de N e P pela planta. **Irriga**, Botucatu, v.9, n.1, p. 41-51, janeiro-abril, 2004.

MARCUSSI, Francisco F. N.. Uso da fertirrigação e teores de macronutrientes em planta de pimentão. **Eng. Agríc.**, vol.25, n.3, pp. 642-650. 2005.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higherplants**. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.

MARTINEZ, H.E.P.; NOVAIS, R.F.; SACRAMENTO, L.V.S.; RODRIGUES, L.A. Comportamento de variedades de soja cultivadas sob diferentes níveis de fósforo. II. Translocação do fósforo absorvido e eficiência nutricional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 17, p. 239-244, 1993.

MELO, A. S. de.; BRITO.; DANTAS, D. M.; SILVA JUNIOR, D. da.; FERNANDES, P.D.; BONFIM, L.V. Produção e qualidade do pimentão amarelo sob níveis de potássio em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.4, n.1, p.17-21, jan.-mar. 2009.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 4. ed. Bern: International Potash Institute, 1987. 685 p.

MEURER, E.J. Potássio. In: FERNANDES, M.S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa. 2006. p. 281-298.

MILLS, H. A.; JONES JUNIOR, J. B. **Plant analysis handbook II**. 2nd ed. Athens: Micro-Macro, 1996. 422 p.

MOLINA, E. Nutricion y fertilizacion del pejibaye para palmito. Institute de la potassa y el fosforo-INPOFOS, Canada, n.38. 8 p. enero 2000.

MÜLLER, J.J.V.; MIURA, L.A.B.; MACHADO, M.O.; ISHIY, T. **Noções para o cultivo da alface em Santa Catarina**. Boletim Técnico, Série Olerícolas, 1. Florianópolis; EMPASC, 1979.

PEÑALOSA, J. M.; SARRO, M. J.; REVILLA, E.; CADAHÍA, C. Influence of phosphorus supply on tomato plant nutrition. **Journal of Plant Nutrition**, v.12, n.5, p.647-657, 1989.

PINTO, C. M. F.; LIMA, P. C. de.; SALGADO, L. T.; CALIMAN, F. R. B. Nutrição mineral e adubação para pimenta. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte, v.27, n.235, p.50-57, nov/dez. 2006.

RAMOS, M.J.M.; MONNERART, P.H.; CARVALHO, A. J. C. de.; PINTO, J. A. E de A.; SILVA, J. A. da. Sintomas visuais de deficiência de macronutrientes e de boro em abacaxizeiro 'Imperial'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 31, n. 1, p. 252-256, Março 2009.

REUTER, D.J.; ROBINSON, J.B. **Plant analysis: a interpretation manual**. 2.ed. Callingwood, CSIRO, 1997. 572 p.

RIGA, P; ANZA, M. Efeito da deficiência de magnésio em parâmetros de crescimento: Implicações para determinação de valor crítico de magnésio. **Journal of Plant Nutrition**. v. 26, n. 8, p. 1581–1593, 2003.

RODRIGUES, L.R.F. **Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido**. Jaboticabal: Funep, 2002 762 p.

SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1974. 56 p.

SILVA. M. A. G. da,; BOARETTO, A. E.; GIMENES, FERNANDES, H.; SCIVITTARO, W. B. Efeito do cloreto de potássio na salinidade de um solo cultivado com pimentão, *Capsicum annuum* L., em ambiente protegido. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 5, p. 1085-1089, 2001.

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

SHRIVASTAVA, A. K. Effect of fertilizer levels and spacing on flowering, fruit set and yield of sweet pepper (*Capsicum annuum* var. *grossum* L.) cv. Hybrid Bharat. **Advances in Plant Science**, n.9, p 171–175. 1996.

SWIADER, J.M. ; MORSE, R.D. Phosphorus solution concentration for production of tomate, pepper and egg plant in mine soils. J. Am. **Soc. Hortic. Sci.**,v.107, p.1149-1153, 1982.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3.ed.Porto Alegre, Artmed, 2004.720p.

TAYLOR, D.; LOCASCIO, S. J: Blossom – End Rot: A Calcium Deficiency, Journal of Plant Nutrition, 27:1, 123-139. 2004.

TRANI, P.E.; RAIJ, B. van. **Hortaliças**. In: Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Eds). 2. Ed.rev. Campinas: IAC. 1997.

TUMBARE, A. D., NIIKAM, D. Effect of planting and fertigation on grow than dyield of Green chili (*Capsicum annuum*). **Indian Journal of Agriculture Sciences**, v.74, p.242–245, 2004.

VANCE, C. P.; UHDE-STONE, C.; ALLEN, D.L. Phosphorus acquisition and use: Critical adaptation by plants for securing a non renewable recourse. **New Phytologist**, Lancaster,v.157, n.3, p.423-447, march, 2003.

VIEGAS, I de J. M.; SOUSA, G. O.; SILVA, A. F.; CARVALHO, J. G. de.; LIMA, M. M. Composição mineral e sintomas visuais de deficiências de nutrientes em plantas de pimenta-longa (*Piper hispidinervum*). **Acta Amazônica**. v.43 , n.1, p. 43-50, 2013.

VITTI, G. C. **Avaliação e interpretação do enxofre no solo e na planta**. Jaboticabal: FUNEP, 1989. 37 p.

VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, Magnésio, Enxofre. In Nutrição mineral de plantas. Editor Manlio Silvestre – Vicososa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. P.300-323. 2006.

XU, G.; WOLF, S.; KAFKAFI, U. Ammonium on potassium interaction in sweet pepper. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.25, n. 4, p. 719-734, 2002.

YAMADA, T.; ROBERTS L. T. Potássio na Agricultura Brasileira. Associação Brasileira para pesquisa da Potassa e do Fosfato. Piracicaba - SP, 2005. YAMADA et al. Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira. Ed Livroceres.1 ed. 2007.722 p.