

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

**SINTOMAS DE DEFICIÊNCIAS DE MACRONUTRIENTES EM  
MELANCIA**

**Leonardo Correia Costa  
Engenheiro Agrônomo**

**2015**

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

**SINTOMAS DE DEFICIÊNCIAS DE MACRONUTRIENTES EM  
MELANCIA**

**Leonardo Correia Costa**

**Orientador: Prof. Dr. Arthur Bernardes Cecílio Filho**

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

**2015**

C837s Costa, Leonardo Correia  
Sintomas de deficiências de macronutrientes em melancia /  
Leonardo Correia Costa. -- Jaboticabal, 2015  
ix, 37 p. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,  
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2015  
Orientador: Arthur Bernardes Cecílio Filho  
Banca examinadora: Leilson Costa Grangeiro, Juan Waldir  
Mendoza Cortez  
Bibliografia

1. *Citrullus lanatus*. 2. Desordem nutricional. 3. Nutrição mineral. I.  
Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.811:634.61

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



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**

CAMPUS DE JABOTICABAL

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO:** SINTOMAS DE DEFICIÊNCIAS DE MACRONUTRIENTES EM MELANCIA

**AUTOR:** LEONARDO CORREIA COSTA

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. ARTHUR BERNARDES CECILIO FILHO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE 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. LEILSON COSTA GRANGEIRO

Universidade Federal Rural do Semi-Árido / Mossoró/RN

Prof. Dr. JUAN WALDIR MENDOZA CORTEZ

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

Data da realização: 23 de fevereiro de 2015.

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

**Leonardo Correia Costa** – nascido em Junqueiro (AL), em 08 de novembro de 1983. Graduado em Agronomia pela Universidade Federal de Alagoas – Câmpus de Arapiraca, em 2012. Durante a graduação atuou na monitoria da disciplina de Química Geral, foi bolsista de pesquisa e extensão durante 24 meses e colaborador em projetos de pesquisa durante 12 meses, no PIBIP-AÇÃO, com bolsa cedida pela UFAL. Em março de 2013, ingressou no curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Ciência do Solo) na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, sendo bolsista da CAPES por 24 meses. Participou do projeto de extensão universitária "Programa Hortaliças UNESP" como auxiliar do coordenador do projeto, na coorientação de alunos do curso de agronomia, no desenvolvimento de atividades relativas ao cultivo de hortaliças, durante 1 ano. E desenvolveu o projeto de pesquisa com omissão de macronutrientes na cultura da melancia.

“O excelente mestre não é o que mais sabe, mas o que mais tem consciência do que não sabe, não é o que é viciado em ensinar, mas o mais hávido a aprender, não é o que declara os seus acertos, mas o que reconhece suas limitações.”

Augusto Cury

## DEDICO

Às pessoas mais importantes de minha vida:

Elita Vicente Costa (*in memoriam*), minha mãe, que nos amou e nos deu muito carinho, enfatizou a importância de estudar, de ter uma boa educação e um bom caráter. Sinto uma imensa falta.

Américo Correia, meu pai, homem de caráter, um exemplo de vida e que sempre apoiou-me em minhas decisões.

Leoneide, Cosmo, Quitéria e Maria das Graças, meus queridos irmãos, pela amizade e companheirismo;

Bernadete Correia, a minha tia e “segunda mãe”, pelo amor, carinho, paciência e apoio ao longo desta jornada.

Davi, Juan, Cicero Júnior, Vanessa, Raquel, Clesiane, Rosiane e Regiane, meus sobrinhos, pelos risadas e alegrias nos momentos de descontração.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a DEUS, por conceder-me a graça de viver e realizar meus desejos, por seu imenso amor e misericórdia.

A minha família, pelo apoio, carinho e confiança que sempre demonstraram por mim. Ao programa de pós-graduação em Agronomia (Ciência do Solo), pela oportunidade de ingressar no curso de mestrado.

Ao Prof. Dr. Arthur Bernardes Cecílio Filho, pela orientação durante o desenvolvimento dos trabalhos no mestrado, amizade, confiança, por nunca ter se negado a dividir seu tempo e sua atenção nos momentos que precisei.

Aos professores, Arthur Bernardes Cecílio Filho, Edson Luís Coutinho Mendes, Danilo Rozane, José Carlos Barbosa, Paulo Guilherme Salvador Wadt, Priscila Lupino Gratão e Renato de Mello Prado pelo conhecimento transferido durante as aulas ministradas no mestrado.

Aos membros da Banca de Qualificação: Hilário Júnior de Almeida, Renato de Melo Prado e aos membros da Banca de defesa: Juan Waldir Mendoza Cortez e Leílson Costa Grangeiro, pelas importantes correções e sugestões.

Aos colegas e amigos da UNESP, Valéria, Hilário, Victor, Antonio João, Natalia, Alexson, Renato, Higor, Flávio, Ricardo, Luciana, Débora, Tatiana, Eliza, Juliana, Rodrigo, Camila, Carolina e Rodolfo, pelo companheirismo, amizade e incentivo durante o curso.

Aos funcionários do Setor de Olericultura, Inauro, Claudio e Reinaldo, pela ajuda e ensinamentos básicos durante toda fase experimental, com os quais aprendi muito.

Aos meus amigos de graduação, Paulo Joséas, Wilton Santos, Marina Brito, Antonio Marcio, Douglas Alberto, André Luiz, Lennon Kledson, Klinger Nunes e Janaina Omena e dentre outros pela saudade dos momentos valiosos.

Ao Gilberto e todos do laboratório de sementes hortícolas do Departamento de Produção Vegetal por cederem espaço na câmara de germinação.

A CAPES pela concessão da bolsa durante a condução do curso.

A todos aqueles que, de forma direta ou indireta, contribuíram com a realização deste trabalho.

**A todos, os meus sinceros agradecimentos!**



## SUMÁRIO

	Página
RESUMO .....	ii
ABSTRACT .....	iii
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	3
2.1 Importâncias da cultura da melancia	3
2.2 Exigências nutricionais e faixa de suficiência da melancia por macronutriente	4
2.3 Avaliação do estado nutricional	5
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	11
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	14
4.1. Nitrogênio.....	14
4.2. Fósforo.....	17
4.3. Potássio.....	20
4.4. Cálcio.....	23
4.5. Magnésio.....	26
5. CONCLUSÕES .....	30
6. REFERÊNCIAS .....	31

## SINTOMAS DE DEFICIÊNCIAS DE MACRONUTRIENTES EM MELANCIA

**RESUMO** – A cultura da melancia é uma cucurbitácea de importância econômica e social no Brasil, porém, ainda apresenta manejo inadequado de corretivos e fertilizantes, o que pode desencadear desordens nutricionais. Assim, objetivou-se omitir os macronutrientes no início da frutificação descrever, retratar a evolução dos sintomas de deficiências em melancieira e determinar o teor foliar do macronutriente no órgão em que foi visualizado o sintoma causador da deficiência. O experimento foi instalado em casa de vegetação, na Universidade Estadual Paulista (UNESP), em Jaboticabal/SP. Foi empregado o sistema hidropônico “nutrient film technique”. Os tratamentos avaliados foram: solução nutritiva completa e omissões de cada um dos macronutrientes. Com a omissão de nutrientes em plantas em início da frutificação, os sintomas de deficiências N e Ca foram os primeiros a serem observados. A deficiência de N causa cessação do crescimento, inibição de hastes laterais, clorose generalizada e necrose em folhas velhas. Com a omissão de P, os sintomas de deficiência ocorrem inicialmente em folhas velhas, com áreas cloróticas e enrugadas, que posteriormente progridem para necrose. A deficiência de K causa sintomas de deficiência em folhas velhas, que começa com clorose marginal, progredindo para todo o limbo e posteriormente evoluindo para necrose. Com a deficiência de Ca, as folhas novas ficam deformadas, com clorose e necrose marginal, margens encurvadas para baixo, limbo foliar grosso, enrugado e com necrose nos meristemas. A omissão de Mg inicialmente provoca sintomas de deficiência em folhas velhas com clorose internerval, pontuações esbranquiçadas e necróticas com contorno irregulares, morte de tecidos, reticulado grosso e margens das folhas encurvada para cima. Os teores de N, P, K, Ca e Mg na folha e por ocasião de deficiência são 9,7; 1,4; 7,1; 1,8 e 1,8 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente.

**Palavras-chave:** *Citrullus lanatus*, desordem nutricional, nutrição mineral

## SYMPTOMS OF DEFICIENCIES MACRONUTRIENTS IN WATERMELON

**ABSTRACT** - The culture of watermelon is a cucurbit of economic and social importance in Brazil, however, still has inadequate management of lime and fertilizers, which can trigger nutritional disorders. Thus, the objective was to omit the macronutrients in the begin fruiting describe, portray the evolution of the symptoms of deficiencies in watermelon and determine the leaf macronutrient content of the organ in which it was displayed the causative symptom of deficiency. The experiment was conducted in a greenhouse at Universidade Estadual Paulista (UNESP), Jaboticabal /SP. We used the hydroponic system "nutrient film technique". The treatments were: complete nutrient solution and omissions of each of the macronutrient. With the omission of nutrients in plants in begin fruiting, symptoms of N and Ca deficiencies were the first to be observed. Nitrogen deficiency causes cessation of growth, inhibition of lateral branches, general chlorosis and necrosis in old leaves. With the omission of P deficiency symptoms initially occur in old leaves with chlorotic and wrinkled areas, which subsequently progress to necrosis. The K deficiency causes symptoms of deficiency in older leaves, which begins with marginal chlorosis, progressing to the entire limb and later evolving to necrosis. With Ca deficiency, the new leaves are deformed, with chlorosis and marginal necrosis, curved edges down, thick leaf blade, wrinkled and necrosis in meristems. The omission of Mg initially causes symptoms of deficiency in older leaves with internerval chlorosis, whitish necrotic points with irregular contour, tissue death, thick reticulated and edges of curved sheets up. The N, P, K, Ca and Mg in the leaf and on the occasion of deficiency are are 9.7; 1.4; 7.1; 1.8 to 1.8 g kg<sup>-1</sup>, respectively.

**Key words:** *Citrullus lanatus*, nutritional disorder, mineral nutrition

## 1 INTRODUÇÃO

A produção e a qualidade da melancia são bastante afetados pela nutrição mineral. O fornecimento inadequado, aquém do necessário, de um ou mais nutrientes pode ocasionar sintomas de deficiência nutricional em decorrência de distúrbios metabólicos, visto que, tais nutrientes desempenham funções essenciais no metabolismo da planta (HAWKESFORD et al., 2012).

Para verificar o estado nutricional das culturas existem várias técnicas que auxiliam no diagnóstico. Entre elas, a diagnose visual que pode ser uma ferramenta importante para avaliação do estado nutricional de plantas, auxiliando nas tomadas de decisões para correções das deficiências nutricionais existentes em campo (AYALA-SILVA; BEYL, 2005), o que tem despertado o interesse de pesquisadores, técnicos e produtores, pois pode ser realizado no campo a baixo custo e com rapidez no diagnóstico.

Por outro lado, os sintomas visíveis das deficiências nutricionais em plantas manifestam-se quando a deficiência encontra-se em um estágio avançado e o potencial produtivo da cultura já foi prejudicado. Além disso, os sintomas de deficiência nutricional em plantas, muitas vezes, são difíceis de avaliar visualmente, visto que os sintomas observados podem resultar em um diagnóstico pouco confiável, pois há possibilidade destes sintomas serem confundidos com ataques de pragas, injúrias provocadas por agentes patológicos ou por outros agentes abióticos (WIWART et al., 2009).

Todavia, quando as injúrias são provocadas pela deficiência nutricional os sintomas surgem em todas as plantas da gleba, nas duas folhas mais próximas das folhas velhas para as novas ou vice-versa. Para identificar a deficiência nutricional por meio da diagnose visual, pode-se utilizar fotografias e descrições detalhadas dos sintomas de cada nutriente na planta, desde o início da manifestação dos sintomas até o último estágio da deficiência (FONTES, 2001).

A localização dos sintomas de deficiência nutricional em plantas está relacionada com a função e a mobilidade do nutriente, de modo que, quando as plantas apresentam deficiência de nutrientes móveis os sintomas aparecem nos

órgãos mais velhos, enquanto na deficiência de nutrientes de mobilidade intermediária ou baixa os tecidos mais novos são inicialmente os primeiros a serem afetados. Contudo, a expressão das desordens nutricionais pode ter variações inter e intraespécie (HAWKESFORD et al., 2012).

Assim, além da diagnose visual é extremamente importante realizar a análise química foliar para determinação dos teores dos nutrientes para que o diagnóstico do estado nutricional possa ser realizado com maior precisão.

Estes procedimentos aliado à avaliação do crescimento da cultura, presença de um banco de dados com fotografias e descrições minuciosas dos sintomas das deficiências nutricionais e a experiência técnica garantem o sucesso nas tomadas das decisões. Mesmo em eventual inviabilidade da correção de deficiência para a cultura já instalada em campo, a diagnose do estado nutricional, ainda assim torna-se uma ferramenta importante, visto que, com base nesta diagnose pode-se rever o programa de fertilização para o próximo cultivo.

Apesar da importância de ter registros dos sintomas de deficiência nutricional são escassos os trabalhos com esta temática na cultura da melancia, sendo que os trabalhos existentes não contemplam os sintomas de todos os nutrientes nem a sequência da evolução dos sintomas. Além disso, não há trabalhos que associem o teor de nutriente com o aparecimento dos sintomas visuais de deficiência nutricional no início da frutificação da melancia. Em geral, as literaturas trazem a faixa de suficiência de nutrientes na folha.

Neste contexto, o trabalho foi realizado com o objetivo de descrever e retratar a evolução dos sintomas de deficiências em melancieira, e determinar o teor foliar do macronutriente no órgão em que foi visualizado o sintoma causador da deficiência.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Importância da cultura da melancia

A melancieira (*Citrullus lanatus*) é uma cultura pertencente à família das cucurbitáceas originária das regiões quentes da África e, atualmente, é cultivada em inúmeras regiões do globo terrestre, sendo considerada como uma espécie cosmopolita (FILGUEIRA, 2007).

Dentre as espécies da família das cucurbitáceas, a melancia nos últimos anos vem apresentando maior produção a nível mundial. No período de 2008 a 2013 a produção mundial de melancia aumentou 15,27% e a brasileira 8,43%. Em 2013 a produção mundial da melancia foi de 109.110.954 toneladas e no Brasil a produção de melancia foi de 2.163.501 toneladas, ocupando a quarta posição no 'ranking' dos maiores produtores desta cultura, ficando atrás apenas da China (72.943.838 t), Irã (3.947.057) e Turquia (3.887.324 t) (FAO, 2015).

No Brasil, a melancieira vem sendo cultivada em todo território nacional com destaque, em 2013, para a produção da Região Nordeste (603.015 t), seguida das Regiões Sul (567.537 t), Norte (346.187 t), Centro-Oeste (307.043 t) e Sudeste (216.169 t). Dentre os estados produtores, destacam-se o Rio Grande do Sul (433.355 t), Goiás (245.270 t), Bahia (212.248 t), Tocantins (199.237 t), São Paulo (174.940 t), Rio Grande do Norte (121.047 t) e Pará (117.410 t). Somando-se a produção de melancia das regiões Nordeste, Sul e Norte do Brasil, obtêm-se o equivalente a 70,11% da produção nacional. Porém, a produção paulista de melancia corresponde a 80,93% da região Sudeste e 8,08% da produção nacional (IBGE, 2015).

Com relação a exportação de melancia em 2013, o Brasil ocupa a décima posição (32.050 t), os três principais países que lideraram a comercialização deste produto no exterior foram o México (632.746 t), seguido pela Espanha (545.628 t) e Estados Unidos (215.575 t). Os principais importadores da melancia em 2013, foram Estados Unidos (590.970 t), Alemanha (315.698) e Canadá (215.809 t). A

nível mundial o montante comercializado na exportação da melancia foi de US\$ 1.378.567,00 e em importação foi de US\$ 1.212.984,00 (AGRIANUAL, 2015).

## 2.2 Exigência nutricional e faixa de suficiência da melancia por macronutriente

A exigência nutricional das culturas deve resultar na extração total do nutriente do meio de cultivo, obedecendo a necessidade da planta por nutriente em cada fase do desenvolvimento do vegetal, para que a demanda por nutriente seja atendida e alcance a máxima produção econômica (PRADO, 2008).

As quantidades de nutrientes absorvidos pelas plantas sofrem oscilações devido aos fatores intrínsecos (como cultivar, variedade e idade) e extrínsecos (fertilidade do solo, adubação, temperatura, umidade do solo e qualidade de água de irrigação) da espécie (FAQUIN; ANDRADE, 2004).

Para a cultura da melancia, os teores da Tabela 1 e 2, são considerados deficientes e suficientes, respectivamente.

Tabela 1. Teores ( $\text{g kg}^{-1}$ ) de macronutrientes na matéria seca foliar da melancia considerados deficientes segundo vários autores e padrões de amostragem.

Padrões de amostragens	N	P	K	Ca	Mg	S
Folha recém-madura incluindo o pecíolo, no início da floração <sup>(1)</sup>	< 25	3	27	10	2,5	2
Folha recém-madura incluindo o pecíolo, no início da frutificação <sup>(1)</sup>	< 20	3	23	10	2,5	2
Folha recém-madura incluindo o pecíolo, no período de colheita <sup>(1)</sup>	< 20	3	20	10	2,5	2

<sup>(1)</sup> Hochmuth et al. (2012);

Tabela 2. Teores (g kg<sup>-1</sup>) de macronutrientes na matéria seca foliar da melancia considerados adequados segundo vários autores e padrões de amostragem.

Padrões de amostragens	N	P	K	Ca	Mg	S
5ª folha a partir da ponta, excluindo o tufo apical, da metade até 2/3 do ciclo da planta: 15 plantas <sup>(1)</sup>	25 - 50	3 - 7	25 - 40	25 - 50	5 - 12	2 - 3
Folha recém-madura incluindo o pecíolo, no início da floração <sup>(2)</sup>	25-35	3-5	27-35	10-20	2,5-5	2-4
Folha recém-madura incluindo o pecíolo, no início da frutificação <sup>(2)</sup>	20-30	3-5	23-35	10-20	2,5-5	2-4
Folha recém-madura incluindo o pecíolo, no período de colheita <sup>(2)</sup>	20-30	3-5	20-30	10-20	2,5-5	2-4
5ª folha a partir da ponta; Início do florescimento aos frutos pequenos <sup>(3)</sup>	40-55	3-8	40-50	17-30	5-8	-
5ª folha a partir da ponta; Dos frutos pequenos até a colheita <sup>(3)</sup>	40-50	2,5-7	35-45	20-32	3-8	-
Folha recém-madura incluindo o pecíolo, no início da floração: 12 a 20 planta <sup>(4)</sup>	25-40	2,5-7	22,5-35	11-25	2,5-5	2-4
Folha recém-amadurecida <sup>(5)</sup>	36	4,8	27	13	5	1

<sup>(1)</sup> Raij et al. (1997); <sup>(2)</sup> Hochmuth et al. (2012); <sup>(3)</sup> Jones Jr. et al. (1991) citado por Medeiros et al. (2006); <sup>(4)</sup> SAAESD (2013); <sup>(5)</sup> IFA (2013);

### 2.3 Avaliação do estado nutricional

Quando o fornecimento dos fertilizantes é realizado de forma inadequada provoca distúrbios de ordem metabólica que se manifestam em sintomas visuais de desordem nutricional (TAIZ; ZIEGER, 2013).

Assim, para identificar a desordem nutricional por meio da avaliação do estado nutricional de plantas pode-se utilizar procedimentos de diagnose visual e/ou de análise química (FONTES, 2001). Para tanto, deve-se fazer amostragem



separada em plantas problema e em plantas consideradas normais (RAIJ et al., 1997). De modo geral, as folhas são consideradas os principais órgãos para realização da avaliação do estado nutricional, pois, nestes órgãos ocorrem inúmeras atividades metabólicas essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas e qualquer desbalanceamento nutricional os teores dos nutrientes nas folhas serão afetados (BATAGLIA; SANTOS, 2001).

A folha diagnóstica para avaliação do estado nutricional da melancieira é a quinta folha da melancieira a partir da ponta, excluindo o tufo apical, da metade até dois terços do ciclo (TRANI; RAIJ, 1997). Hochmuth et al. (2012) recomenda coletar como folha diagnóstica da melancieira, a folha recém-madura incluindo o pecíolo, no início da floração ou no início da frutificação.

Todavia, a diagnose nutricional pode ser realizada pela observação visual dos sintomas da desordem. Em plantas deficientes em N, o crescimento das plantas cessam rapidamente, no início observa-se clorose nas folhas mais velhas e as folhas mais novas de início podem não expressar nenhum sintoma, devido à mobilidade deste nutriente das folhas velhas para novas (TAIZ; ZEIGER, 2013). Também o pegamento e o desenvolvimento dos frutos de melancia são reduzidos (CASTELLANE; CORTEZ, 1995).

Na deficiência de N foram reduzidos a taxa fotossintética, a transpiração, a condutância estomática e o teor de clorofila evidenciando que a limitação na disponibilidade de N afeta o metabolismo primário (ZHU et al., 2014).

Porém, quando a deficiência de N desencadeia-se lentamente, as plantas podem apresentar caules finos e lenhosos, sendo que o aspecto lenhoso pode ocorrer pelo acúmulo de carboidratos, que não foram utilizados na síntese de aminoácidos ou em outros compostos nitrogenados (HAWKESFORD et al., 2012). A falta de utilização de carboidratos no metabolismo do N também pode levar a síntese de antocianina que confere coloração arroxeadada às folhas, pecíolos e caules de algumas espécies (TAIZ; ZEIGER, 2013). Além disso, em maracujazeiros deficientes em N ocorreu a queda prematura de folhas e frutos com coloração amarelo-claro e com aspecto translúcido (FREITAS et al., 2010).

Silva et al. (2011) verificaram que o fornecimento de 30% da quantidade de N recomendada para a cultura do pepino promoveu redução na velocidade do

crescimento, no número de folhas, diâmetro do caule e área foliar. Observaram, inicialmente, amarelecimento nas folhas mais velhas a partir da base, de forma gradativa, formando clorose em forma de V.

Com relação ao fósforo Vance, Urde-Stone e Allan (2003), relatam que aproximadamente 40% dos solos do mundo são deficientes em fósforo e os solos intemperizados da região tropical e subtropical são os mais susceptíveis à deficiência deste nutriente.

O fósforo é um nutriente que participa do fornecimento de energia, síntese de ácido nucléico, fotossíntese e glicose, na respiração, síntese e estabilidade de membrana, ativação e inativação de enzimas, sinalização e no metabolismo de carboidratos nas plantas (VANCE; URDE-STONE; ALLAN, 2003).

Em função dos inúmeros processos metabólicos ao qual o P participa é demandado de 3 a 5 g de P por quilograma de massa seca, durante o estágio vegetativo, para ótimo crescimento da planta (LAMBERS et al., 2010).

No entanto, quando as plantas são submetidas a omissão de P podem desenvolver mecanismos adaptativos, reduzindo o consumo de P e redistribuindo o P dos tecidos velhos para os tecidos jovens (SHEN et al., 2011).

Na deficiência de P, de modo geral, as plantas podem apresentar enrijecimento do limbo foliar, desaceleração no crescimento, intensificação da coloração verde escura nas folhas, manchas arroxeadas nas folhas novas que, posteriormente, evoluem para necrose (SOUZA; HOLANDA FILHO; FRANDSEN, 2005). De acordo com Belfort, Haag e Minami (1986), dez dias após o início da omissão de P no meloeiro, foi visualizada clorose nas folhas mais velhas, seguidas de manchas pardas no limbo foliar, evoluindo para necrose na folha toda, e com a persistência do sintoma de deficiência, as folhas mais velhas ficaram mais espessas, com formato de concha e com o ápice da folha voltado para baixo e com teor de 1,2 g kg<sup>-1</sup> de P nas folhas velhas, quando os sintomas de deficiência bem evidente, e 6,2 g kg<sup>-1</sup> de P, em folhas velhas de plantas cultivada sob solução nutritiva completa.

O potássio é um nutriente que desempenha função importante na regulação de abertura e fechamento dos estômatos, fotossíntese, trocas gasosas, ativação de enzimas e síntese de proteínas (HAWKESFORD et al., 2012).

Em virtude destas funções do K, Reddy e Zhao (2005) verificaram que a concentração de clorofila na folha diminuiu à medida que menor foi o teor de K na folha. A fotossíntese nas folhas de mudas de noqueira foi afetada sob baixo fornecimento de K, e a maior contribuição na redução da fotossíntese foi atribuído à menor resistência do mesófilo e à baixa fixação de CO<sub>2</sub> (JIN et al., 2011). Com a limitação da fixação de CO<sub>2</sub>, o fluxo de elétrons para O<sub>2</sub> é intensificado promovendo a degradação da clorofila e o aumento da concentração espécies reativas de oxigênio causando danos nas membranas celulares (WANG et al. 2012). Assim, Cao, Su e Fang (2006) verificaram que o fornecimento inadequado de K acelera o processo de senescência das folhas.

As plantas com deficiência de K reduzem também a assimilação de N devido à baixa atividade do nitrato redutase e diminuem o teor de proteínas como consequência do aumento da sua degradação desencadeada pela maior atividade da protease e peptidase resultando no acúmulo de aminoácidos livres (WANG et al., 2012). A citrulina é considerada como a melhor precursora para formação da putrescina (PRADO, 2008). Crocomo e Basso (1974) relatam que os aminoácidos ornitina, citrulina e arginina, acumulados pela redução da síntese de proteína, são descarboxilados e com isso o teor do composto nitrogenado, putrescina, é aumentado e que em altas concentrações este composto torna-se tóxico às plantas.

Com deficiência de K, as plantas de melancia apresentam inicialmente crescimento lento, e caso a insuficiência no fornecimento do nutriente persista, surgem nas margens das folhas mais velhas clorose, que posteriormente evoluem para necrose e com coloração pardo-escura. Os frutos desenvolvem-se de forma irregular, com redução no teor de sólidos solúveis, menor coloração interna, aroma e sabor, além disso, as plantas tornam-se mais susceptíveis as pragas e doenças (CASTELLANE; CORTEZ, 1995).

Na cultura do melão, aos 14 dias após a omissão de K, Belfort, Haag e Minami (1986) verificaram os sintomas de bronzeamento dos bordos das folhas mais velhas, seguida de pequenas manchas distribuídas no limbo foliar e com a evolução da deficiência ocorreu o aumento nas quedas das folhas.

O cálcio é um nutriente que participa da síntese das paredes celulares, da lamela média e divisão celular exercendo funções em vários processos celulares,

como no controle da transcrição e na liberação de sinais químicos importantes para sobrevivência das plantas (TAIZ; ZEIGER, 2013). Segundo Daher e Geitmann (2011), o cálcio tem função no controle da taxa e da direção do crescimento.

A deficiência de Ca afeta o desenvolvimento radicular ocasionando prejuízo na absorção de nutrientes pelas plantas, além de causar clorose, redução e torção das folhas mais novas, já que este nutriente não se redistribui nas plantas. Pode causar necrose nas margens foliares, e em condições severas de deficiência os meristemas apicais morrem e promovem menor vingamento de frutos (CASTELLANE; CORTEZ, 1995).

Belfort, Haag e Minami (1986) verificaram na cultura do melão que, após 18 dias da omissão de Ca da solução nutritiva, os sintomas de deficiência apareceram na forma de clorose nas margens do limbo das folhas mais novas, com a evolução da deficiência essas folhas ficaram deformadas, retorcidas e necrosadas levando a morte do órgão afetado.

O magnésio desempenha função importante na ativação de enzimas envolvidas na respiração, fotossíntese e síntese de DNA e RNA, além de fazer parte da molécula da clorofila (TAIZ; ZEIGER, 2013). Também exerce função primordial na exportação de fotoassimilados de órgãos fontes para órgãos drenos através do floema (HERMANS et al., 2004). Em plantas deficientes em Mg, a concentração de açúcares não redutores e amido é aumentada causando perdas no metabolismo de carboidratos e prejudicando o transporte no floema (TEWARI; KUMAR; SHARMA, 2006).

Os sintomas de deficiência, clorose e necrose nos tecidos foliares, são aumentados na presença de radiação solar, devido a produção de espécies reativas de oxigênio (CAKMAK; KIRKBY, 2008).

As plantas de melancia com deficiência de Mg apresentam inicialmente clorose nas margens das folhas mais velhas, e com a persistência o sintoma avançou em direção dos espaços entre as nervuras das folhas. O desenvolvimento dos frutos e a produção são prejudicados apenas em condições bastante severas de deficiência (CASTELLANE; CORTEZ, 1995).

Na cultura do pepino, Silva et al. (2011) verificaram que os sintomas de deficiência de Mg apareceram na planta após 9 dias da omissão total de magnésio

da solução recomendada para cultura. Os sintomas manifestaram-se inicialmente com a clorose internerval a partir do ápice da folha e manchas marrons. Ao persistir os sintomas surgiram necroses nas margens das folhas velhas, onde estes sintomas inicialmente foram mais evidentes.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de 6 março a 10 de maio de 2014, em hidroponia, no sistema *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, SP, situada a 21°15'22" Sul e 48°18'58" Oeste, com altitude de 575 metros.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, com seis tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram: solução nutritiva completa (SNC) e as omissões de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio.

Cada unidade experimental continha quatro plantas, em canal de PVC, com 2,5 m de comprimento e 0,20 m de diâmetro, cortado ao meio no sentido longitudinal, e um reservatório de 100 L, com bomba submersa marca Chosen, modelo Power Head CX-300, com vazão de 1000 L h<sup>-1</sup>. O canal foi coberto com Tetrapak® para evitar incidência de radiação na solução nutritiva. O bombeamento das soluções nutritivas às plantas era controlado por um temporizador, e ocorria de 6 às 18h, sem interrupção.

No dia 6 de março de 2014, foi realizada a semeadura da melancia 'Crimson Sweet', em caixas Gerbox®, e levadas para câmara de germinação a 25°C. Após cinco dias, com radícula de aproximadamente 0,5 cm, as plântulas foram repicadas para espuma fenólica e levadas para a casa de vegetação para crescimento inicial das mudas, onde foi mantido a umidade da espuma fenólica através do acionamento um sistema de irrigação por microaspersão. Antes da repicagem das plântulas para espuma fenólica foi realizada a lavagem da espuma em água corrente, por 10 minutos, para eliminação de resíduos. A placa de espuma fenólica continha 54 células, cada uma com dimensões de 5 x 5 x 3 cm.

No dia 16 de março, quando as plântulas apresentavam as duas folhas cotiledonares completamente expandidas, foram levadas para os canais de crescimento inicial, sistema hidropônico 'nutrient film technique' NFT, com recirculação da solução nutritiva, cujos canais hidropônicos de PVC tinham 5 cm de

diâmetro. Dezesesseis dias após, quando as mudas apresentavam quatro folhas definitivas totalmente expandidas, foram transplantadas para os canais hidropônicos, com diâmetro de 20 cm.

Tanto nos canais de crescimento inicial quanto nos canais de cultivo definitivo, as plantas receberam solução nutritiva proposta por Hoagland e Arnon (1950). As concentrações de nutrientes na solução nutritiva completa foram: 14 de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>; 196 de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>; 31 de P; 234,6 de K; 200 de Ca; 46 de S; 64 de Mg; 5 de Fe; 0,5 de Mn; 0,5 de B; 0,02 de Cu; 0,05 de Zn e 0,01 de Mo em mg L<sup>-1</sup>. Os fertilizantes utilizados foram: nitrato de potássio, nitrato de cálcio, nitrato de amônio, cloreto de cálcio, cloreto de potássio, monoamônio fosfato, fosfato monobásico de potássio, sulfato de magnésio, e sulfato de potássio, acetato de cálcio, acetato de potássio, ácido nítrico, ácido sulfúrico, sulfato de cobre, sulfato de manganês, sulfato de zinco, ácido bórico, ferro quelatizado por EDDHMA e molibdato de amônio.

No dia 13 de abril, foram aplicados os tratamentos quando as plantas estavam em início de frutificação, quando já havia transcorridos 38 dias após a semeadura. Devido a água de abastecimento da hidroponia conter 19 mg L<sup>-1</sup> de cálcio, foi utilizada água deionizada no tratamento com omissão desse nutriente. No dia 24 de abril realizou-se a omissão de K na solução nutritiva, que antes contava com 10% da concentração de k da solução completa.

O pH e a condutividade elétrica (CE) das soluções nutritivas foram monitoradas a cada dois dias, com peagômetro e condutivímetro (ambos digitais e portáteis). O pH das soluções nutritivas foram mantidos entre 6,0 e 6,5 com a utilização de ácido nítrico (omissão de S) e ácido sulfúrico (omissão de N, P, K, Ca e Mg) para baixar o pH e de hidróxido de sódio para aumentar o pH. A CE das soluções nutritivas foram mantidas entre 1,8 a 2,2 dS m<sup>-1</sup> com adição de solução nutritiva estoque de mesma concentração e água. A solução estoque foi armazenada em reservatórios de polietileno com capacidade de 1000 L. A cada 15 dias, as soluções nutritivas dos tratamentos foram renovadas.

O espaçamento adotado foi de 1,1 m entre canais de cultivo e 0,50 m entre plantas no canal. Inicialmente, todas as hastes das plantas cresceram sobre o solo. Quando a haste principal da planta atingiu cerca de 1,5 m foi conduzida no sentido vertical, utilizando fita plástica. Não se fez desbrotas das hastes laterais, visando

obter maior área foliar possível para aumentar a demanda pelo nutriente e a possibilidade de ocorrer os sintomas de deficiência nutricional.

Os sintomas de deficiência dos macronutrientes foram descritos e registrados em fotografias, assim como também foram determinados os teores do nutriente omitido no momento da visualização da deficiência. Em plantas cultivadas na solução nutritiva completa (tratamento controle) foi avaliado o estado nutricional na quinta folha da ponta para a base, excluindo o tufo apical (TRANI; RAIJ, 1997), aos 60 dias após a semeadura, quando estava iniciando-se a frutificação. Os teores de nutrientes foram determinados conforme métodos descritos por Bataglia et al. (1983).

Ao final do experimento, foi realizada a coleta de uma planta por unidade experimental e verificado o acúmulo de massa seca.



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Nitrogênio

O sintoma visual de deficiência de N foi observado aos 7 dias após a omissão (DAO) do N na solução nutritiva, quando a planta contava com 45 dias do ciclo e alta demanda de N. O surgimento dos sintomas de deficiência de N coincidiu com a época de maior demanda por este nutriente, semelhante ao observado para as melancias 'Shadow' e 'Crimson Sweet' que, de acordo com Grangeiro e Cecílio filho (2005) ocorre entre 42 a 56 dias após o transplante e com Almeida et al. (2012) entre 24 e 44 dias após a emergência, respectivamente. Ambos os períodos são caracterizados pelo início da frutificação e grande acúmulo de matéria seca nas partes vegetativas e nos frutos.

A deficiência de N foi caracterizada pela cessação do crescimento e clorose nas folhas velhas, situadas até o quarto nó, da base para ápice da planta, das três hastes principais. As demais folhas apresentaram cor verde considerada normal quando comparado às plantas da solução completa (Figura 1).

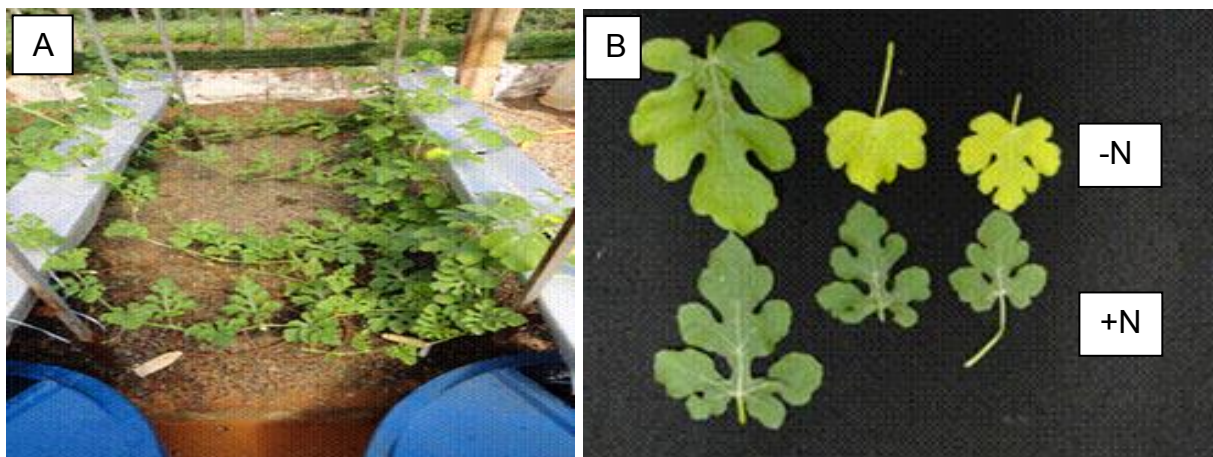


Figura 1. Planta de melancia 'Crimson Sweet' sob omissão de nitrogênio (canal lado direito) apresentando cessação do crescimento e início de clorose (A) e folhas velhas, da mesma posição, em plantas nutridas e carentes em nitrogênio (B).

A cessação do crescimento e clorose generalizada nas folhas velhas após omissão de nitrogênio também foi observado em feijão Caupi por Miranda et al. (2010), quatro dias após a omissão de N, e em pepino, por Ji-Yong et al. (2012).

A clorose em folhas velhas deficientes em N ocorre devido à degradação de proteínas nos estromas para liberação de compostos nitrogenados, entre eles os aminoácidos (FELLER; ANDERS; DEMIREVSKA, 2008), que leva a perda da integridade do cloroplasto devido a desestruturação da grana e lamela do estroma (BONDADA; SYVERTSEN, 2003).

No início da visualização da clorose nas folhas velhas, os teores de N nas folhas velhas, intermediárias e novas foram de 9,7; 31 e 37,5 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente, caracterizando forte redistribuição de N para partes mais jovens da planta. Este fenômeno ocorre devido a capacidade do N de folhas velhas ser redistribuído para as folhas novas e para órgãos em crescimento que tenha alta demanda deste nutriente que, como consequência, as folhas velhas são as primeiras a apresentarem os sintomas de deficiência deste nutriente (HAWKESFORD et al., 2012). Por outro lado, na mesma época e em folhas da mesma posição de plantas de solução nutritiva completa o teor de N de obtido foram 44,5; 55,6 e 59,5 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente.

O teor de N da folha diagnóstica no tratamento com solução nutritiva completa foi de 49,5 g kg<sup>-1</sup>. Este teor de N encontra-se dentro da faixa de 25 a 50 g kg<sup>-1</sup>, considerada adequada por Trani e Raij (1997) para a cultura da melancia.

Transcorrido 15 DAO de N, a clorose foi observada em folhas localizadas até o sexto nó da haste principal, da base para o ápice da planta. Nas hastes laterais foi observado amarelecimento das folhas mais velhas situadas até quarto nó. Com a permanência da deficiência de N foi observado que a clorose avançou da base para o ápice da planta.

Quando havia decorrido 18 DAO de N, houve interrupção na emissão de brotações (hastes laterais) na haste principal após o nono nó foliar, enquanto nas hastes secundárias e terciárias não houve formação de hastes laterais. A clorose expandiu-se na planta atingindo folhas até o décimo nó da haste principal. Novas folhas da haste principal e de hastes laterais apresentaram tamanho menor do que

as respectivas folhas de plantas cultivadas em solução nutritiva. Jong et al. (2014) verificaram que *Arabidopsis thaliana*, quando supridas com baixa dose de N, houve redução da ramificação laterais em razão do direcionamento da auxina para o crescimento da haste principal.

Aos 23 DAO de N, foi observado que todas as folhas da planta estavam completamente amarelecidas. Neste momento também foi observado internódios curtos nas hastes principal, entre a primeira e a sexta folha partindo do ápice para a base. Nas hastes laterais, internódios curtos foram observados a partir da quarta folha.

Com a permanência da omissão de N os sintomas foram avançando da base para o ápice da planta, se intensificando ao longo do tempo e acelerando o processo de senescência das folhas. A concentração da maioria dos aminoácidos no exsudato do floema, segundo Caputo e Barneix (1997) é proporcional a concentração deste na folha. Deste modo, pode-se concluir que a concentração de aminoácido nas folhas de melancia sob omissão de N, tenha-se reduzido e com isso limitado a formação de compostos proteicos. Possivelmente, pelo fato do N ser um nutriente utilizado pelas plantas para sintetizar aminoácidos e ácidos nucleicos muito demandados no metabolismo da planta (AFROUSHEH et al., 2010). Deste modo, pode-se inferir que a concentração de aminoácido nas folhas de melancia sob omissão de N tenha reduzido e com isso limitado a formação de compostos proteicos.

Para Crafts-Brandner, Hölzer e Feller (1998), a senescência foliar está relacionada com a redução de proteínas solúveis, que paralelamente também diminui a quantidade da Rubisco presente no tecido foliar, sob fornecimento limitado de N. Em plantas sob deficiência de N ocorre a redução da quantidade e na atividade da Rubisco (BONDADA; SYVERTSEN, 2005).

Também foi observado forte redução na velocidade do crescimento das plantas de melancia com deficiência de N (Figura 2). Nesta época, a haste principal de plantas deficientes em N tinha comprimento médio de 2,24 m, enquanto plantas cultivadas com solução nutritiva completa foi de 3,97 m. A matéria seca de hastes e folhas (hastes + folhas) foi de 21,5 g por planta<sup>-1</sup> para planta deficiente em N e de 107,1 g por planta<sup>-1</sup> plantas cultivadas com solução nutritiva completa.

Em decorrência da omissão de N na cultura do algodão, Mendes (1959) também observou internódios curtos e pequeno desenvolvimento do caule.

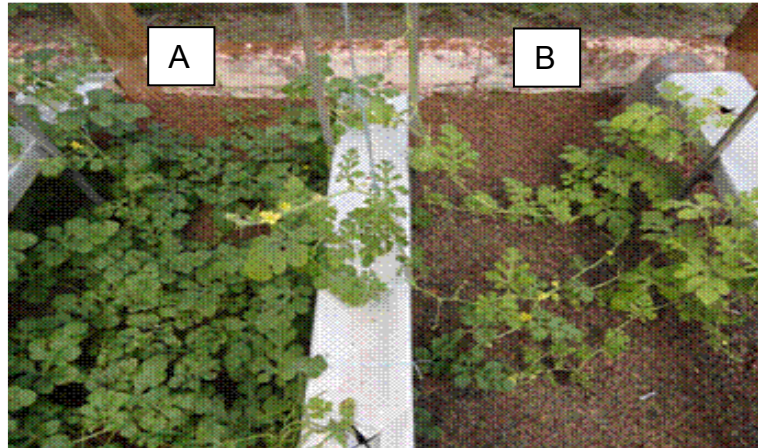


Figura 2. Plantas de melancia 'Crimson Sweet' nutridas com solução nutritiva completa (A) e com deficiência de nitrogênio (B).

#### 4.2 Fósforo

O sintoma inicial da deficiência de P na melancia surgiu 15 dias após a omissão do nutriente, quando as plantas estavam com 53 dias do ciclo. De acordo com Grangeiro e Cecílio Filho (2005), a melancia apresenta alta demanda de P. Conforme estes autores, entre 45 e 60 dias após o transplante, a melancia acumulou 46% do total de P absorvido.

A deficiência de P foi caracterizado por clorose uniforme nas folhas mais velhas, situadas até o quarto nó, da base para ápice das três principais hastes da planta (Figura 3).

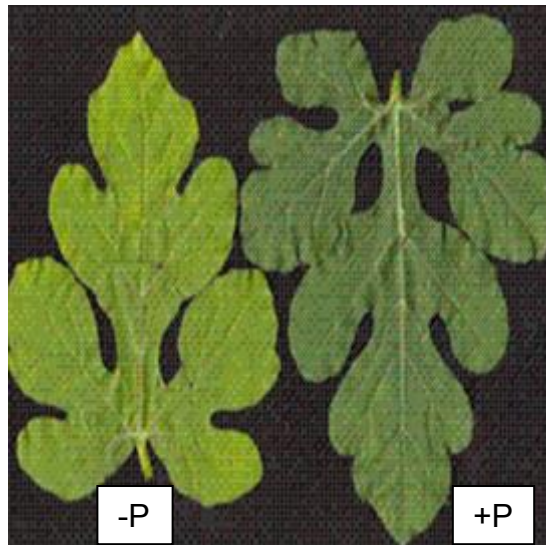


Figura 3. Folhas velhas de planta de melancia 'Crimson Sweet' com omissão de fósforo (clorose) e de plantas nutridas em fósforo (verde escuro).

Sintomas semelhantes de deficiência de P foram observados por Miranda et al. (2010), em feijão caupi, e por Silva (2013), na cultura do pimentão.

No início da visualização do sintoma de deficiência de P, os teores deste nutriente nas folhas velhas, intermediárias e novas eram de 1,4; 2,0 e 3,2 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente, enquanto nas respectivas folhas de plantas cultivadas com solução nutritiva completa eram 6,9; 6,7 e 5,7 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Comparando os teores das folhas de plantas deficientes e suficientes em P, percebeu-se que houve redistribuição de P das folhas velhas para as folhas mais novas. Isto ocorreu devido à alta mobilidade do P no floema, levando à planta submetida a deficiência deste nutriente redistribuí-lo para atender a demanda de tecidos novos e em crescimento (HAWKESFORD et al., 2012).

Na folha diagnóstica das plantas cultivadas com solução nutritiva completa o teor médio de P foi 6,7 g kg<sup>-1</sup>, considerado dentro da faixa de teores adequados para a cultura da melancia por Trani e Rajj (1997) de 3 a 7 g kg<sup>-1</sup>. Somente o teor de P na folha nova da planta cultivada em solução nutritiva com omissão de P situou-se na faixa de teores adequados, embora as folhas intermediárias tivessem o teor aquém da faixa, não apresentaram sintomas de deficiência. Em decorrência da visualização dos sintomas ser a última etapa dentre uma sequência de distúrbios metabólicos ocorridos em plantas sob deficiência nutricional, certamente ocorreram eventos a

nível celular. Conforme Lim, Kim e Nam (2007), inicialmente ocorrem alterações nos cloroplastos, mas o núcleo e as mitocôndrias celulares permanecem intactos, sem ser notada a deficiência, e somente após a ocorrência da desintegração das membranas plasmática e do vacúolo, os sintomas tornam-se visíveis.

Quando havia decorridos 27 DAO de P, foi visualizada clorose em todas as folhas entre o primeiro e nono nó foliar, da base para ápice da haste principal, com amarelecimento mais intenso até a quinta folha basal. Nas folhas intermediárias da haste principal, entre o décimo e décimo sétimo nó foliar, foram observadas manchas cloróticas distribuídas no limbo foliar, porém mais concentradas nas margens, com algumas pontuações necróticas. Esses sintomas se intensificaram das margens para o centro das folhas. Nas hastes secundária e terciária foi observado leve perda da cor verde nas folhas mais velhas (até a sexta folha) e as folhas intermediárias entre o décimo primeiro e décimo quinto nó foliar, do ápice para a base, apresentaram clorose iniciando na margem para o centro foliar. Nas hastes laterais as folhas entre o primeiro e o quarto nó foliar, da base para o ápice, foi visualizado algumas manchas cloróticas, sendo mais concentrada nas margens das folhas. Também foi observado que não houve paralisação do crescimento da melanciaira com a deficiência de P.

O amarelecimento das folhas deficientes em P pode ser explicado em função da decomposição de clorofilas, que ocorrem devido à diminuição da eficiência do sistema fotossintético, causado pela redução na síntese de ATP e da regeneração da Rubisco (LIN et al., 2009), da capacidade de captura de fótons e sua utilização no fotossistema II (XU; WENG; YANG, 2007), situação essa que causa alterações estruturais nas membranas dos cloroplastos (FAN et al., 2014).

As plantas deficientes em P apresentaram haste principal com 3,52 m, enquanto plantas em solução nutritiva completa tinham 3,97 m. Quanto ao acúmulo de matéria seca em hastes e folhas (hastes + folhas), a diferença entre as duas situações foi de cerca de 25 cm, sendo constatadas 82,82 e 107,08 g planta<sup>-1</sup> para as plantas com omissão de P e de solução nutritiva completa, respectivamente.

Possivelmente, a pequena diferença no comprimento da planta e acúmulo de matéria seca de hastes mais folhas esteja relacionado ao fato das plantas terem baixa demanda por este nutriente quando comparado com N e K por exemplo, e ter

desenvolvido durante a evolução da espécie, mecanismos eficientes de armazenamento, de utilização e de reciclagem de fósforo inorgânico interno, reduzindo o consumo de P e redistribuindo o P dos tecidos velhos para os tecidos jovens. Resultado semelhante foi observado por Silva Júnior et al. (1995), que não constataram paralisação do crescimento do pepino, após a omissão de P da solução nutritiva.

### 4.3 Potássio

O sintoma visual de deficiência de K foi observado quando foram decorridos 17 DAO do nutriente e 55 dias do ciclo, quando a melancia apresenta alta demanda de por este nutriente que, de acordo com Grangeiro e Cecílio Filho (2005), ocorre entre 45 a 60 dias após o transplante.

Inicialmente, o sintoma de deficiência de K caracterizou-se por leve clorose nas margens das folhas mais velhas (Figura 4) situadas até o sexto nó foliar, da base para o ápice das três hastes principais da planta.



Figura 4. Folhas velhas de planta de melancia 'Crimson Sweet' com clorose na margem (folha à esquerda) em comparação à folha de mesma posição, sem sintoma, de plantas nutridas em potássio (folha à direita).

Sintomas semelhantes de deficiência de K também foram descritos por Wiwart et al. (2009), em feijão-fava, tremoço amarelo e ervilha.

Possivelmente, a clorose nas folhas velhas da melancia no presente trabalho tenha ocorrido em decorrência da drástica redução da clorofila nestes tecidos, conforme também relatado por Reddy e Zhao (2005), o que pode ser motivado pela deficiência de K que afeta negativamente a translocação de fotoassimilados de fontes para drenos. Resultando do acúmulo de carboidratos nas folhas (ZHAO; OOSTERHUIS; BEDNARZ, 2001). Para Jin et al. (2011), a maior influência da deficiência de K sobre a fotossíntese pode ser atribuído a redução da condutância do mesófilo e a menor capacidade de fixação de CO<sub>2</sub>.

Aos 17 DAO de K, quando visualizada a deficiência, os teores de K nas folhas velhas, intermediárias e novas foram de 7,1; 9,4 e 13,4 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente, enquanto nas folhas de mesma posição de plantas cultivadas com solução nutritiva completa foram maiores apresentando-se com 22,4; 25,2 e 23,5 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente.

Na folha diagnóstica o teor de K foi de 19,3 g kg<sup>-1</sup> que, de acordo com Trani e Raij (1997), encontra-se abaixo da faixa de K considerada adequada para melancia, que é de 25 a 40 g kg<sup>-1</sup>. Porém, nestas plantas não foi visualizado sintoma de deficiência nutricional. Almeida et al. (2012) constataram que o teor de K na melancia 'Crimson Sweet' variou de 19,8 g kg<sup>-1</sup>, aos 24 dias após a emergência (DAE) a 16,1 g kg<sup>-1</sup>, aos 64 DAE. Silva et al. (2013) também verificaram teores abaixo da faixa adequada citada por Trani e Raij (1997). Para a melancia 'Quetzale', teores foliares de 21,5 e 21,7 g kg<sup>-1</sup> de K proporcionaram produtividades de 28,8 e 31,6 t ha<sup>-1</sup>, enquanto para 'Leopard' teor de 18,8 g kg<sup>-1</sup> de K proporcionou produtividade de 26,4 t ha<sup>-1</sup> e com 34,8 g kg<sup>-1</sup> de K, 29,2 t ha<sup>-1</sup> de frutos.

Transcorridos 22 DAO de K, foi observado que os sintomas de deficiência visualizados inicialmente ficaram mais acentuados, principalmente nas folhas compreendidas entre o primeiro e sexto nó foliar, da base para o ápice, evoluindo de clorose leve marginal para clorose mais severa espalhada por toda a folha. Na haste principal foi visualizado clorose marginal leve nas folhas compreendidas entre o sexto e o vigésimo terceiro nó foliar, do ápice para base da planta. Nas hastes



laterais, iniciou-se a clorose marginal nas folhas situadas até o quarto nó da base da haste. Nas demais folhas, nenhum sintoma foi observado.

Com a permanência da omissão de K na solução nutritiva, os sintomas de deficiência foram se espalhando e se intensificando da base para o ápice da planta. Deste modo, muitos processos metabólicos foram prejudicados, pois, de acordo com Fageria et al. (2001), e Hawkesford et al. (2012), o K na planta desempenha funções imprescindíveis para ativação enzimática, formação de carboidratos, ácidos nucleicos e proteínas, osmoregulação das células e fotossíntese.

Quando haviam decorridos 25 DAO de K, foi observado que as folhas mais próximas da base da haste principal, situadas até o quarto nó foliar, apresentaram pequenas áreas de tecidos necrosados, sendo mais intensa nas margens das folhas. Houve coalescência de pequenas necroses que formaram manchas necróticas maiores. Ainda nas folhas da haste principal compreendidas entre o quinto e a vigésimo terceiro nó foliar, da base para o ápice, foi observada clorose distribuída por toda folha e necrose nos tecidos localizados na margem foliar (Figura 5). Apenas os tecidos próximos à nervura central, apresentavam cor verde. Folhas compreendidas entre o vigésimo quarto e trigésimo nó foliar, da base para o ápice caulinar, apresentaram clorose marginal, enquanto folhas de ordem superior não tinham sintoma de deficiência nutricional. Nessa época, todas as folhas de hastes laterais apresentavam clorose marginal, caracterizando a escassez de K para atender a demanda de folhas jovens. As folhas mais velhas destas hastes laterais, entre o primeiro e quarto nó foliar, apresentaram pequenas áreas de tecidos necrosados



Figura 5. Folhas velhas de planta de melancia 'Crimson Sweet' com necrose na margem.

De acordo com Jin et al. (2011), em plantas sob deficiência de K, a baixa concentração de CO<sub>2</sub> nos cloroplastos pode levar a desativação da enzima rubisco, (WENG et al., 2007) possivelmente pela inibição do ciclo de redução fotossintética do carbono (Ciclo de Calvin) afetando o aparato fotossintético. Com a limitação da fixação de CO<sub>2</sub>, o fluxo de elétrons para O<sub>2</sub> é intensificado promovendo o acúmulo de espécies reativas de oxigênio (ERO) nos cloroplastos, que são altamente danosas às membranas, causando a degradação da clorofila e desencadeando o processo de clorose e necrose nas folhas (CAKMAK, 2005).

Os tecidos necrosados são decorrentes do acúmulo de putrescina, poliamina que em altas concentrações causa desequilíbrios celulares e necrose de tecidos vegetais (RUIZ; MOYANO; NAVIA, 2004; PATHAK; SILVA; WANI, 2014), que é resultante da baixa disponibilidade de K e síntese de proteínas (HAWKESFORD et al., 2012).

O K, assim como o P, não foi um nutriente que paralisou o crescimento da planta. Contudo, foi constatado diminuição do tamanho da haste e acúmulo de matéria seca. Plantas com deficiência de K tinham 3,02 m de haste principal, enquanto hastes de plantas em solução nutritiva completa mediam 3,97 m. Quanto ao acúmulo de matéria seca de hastes e folhas (hastes + folhas), verificou-se maior diferença entre plantas deficientes (67,4 g planta<sup>-1</sup>) e com suficiência de K (107,08 g planta<sup>-1</sup>). Esse fato pode ser explicado pela necrose das margens foliares, impedindo o crescimento e acúmulo de matéria seca neste órgão da planta.

#### **4.4 Cálcio**

O sintoma visual de deficiência de Ca foi observado aos 12 DAO do nutriente quando haviam transcorridos 50 dias do ciclo que, de acordo com Grangeiro e Cecílio Filho (2005), é quando a melancia apresenta a maior demanda, entre 45 e 60 após o transplântio. Inicialmente os sintomas foram caracterizados pela deformação e clorose das margens nas folhas novas, localizadas até a quarta folha a partir do ápice das hastes principais e laterais (Figura 6).



Figura 6. Folhas novas de planta de melancia ‘Crimson Sweet’ deformadas e com clorose causadas por deficiência de cálcio.

Sintoma semelhante foi observado por Alarcón et al. (1999) na cultura do melão, Miranda et al. (2010), aos 3 DAO de Ca, na cultura do feijão caupi, e Silva (2013) na cultura do pimentão, aos 17 DAO de Ca.

O teor do nutriente presente nas folhas novas com sintoma de deficiência de Ca foi  $1,8 \text{ g kg}^{-1}$ , enquanto nas mesmas folhas de plantas com solução nutritiva completa foi  $11,2 \text{ g kg}^{-1}$ . Hawkesford et al. (2012) relatam que o Ca é nutriente de pouca mobilidade na planta e limitada redistribuição via floema. Por isso, planta cultivada em meio com escassez de Ca têm o aparecimento do sintoma de deficiência nas partes mais jovens da planta, pois o Ca presente nos tecidos de órgãos velhos da planta não consegue ser redistribuído para atender a demanda de tecidos novos.

O teor de Ca na folha diagnóstica da melancia cultivadas em solução nutritiva completa foi  $8,5 \text{ g kg}^{-1}$ . Este teor está abaixo da faixa de Ca foliar considerada adequada por Trani e Raij (1997), que é de 25 a  $50 \text{ g kg}^{-1}$ . Porém, nestas plantas não foi visualizado sintoma de deficiência nutricional.

Aos 17 DAO de Ca, foi observada necrose do meristema da haste principal, quatro dias depois, as folhas mais novas das hastes principais, até a décima segunda folha a partir da ponta da haste, apresentaram-se encarquilhadas e com as margens encurvadas para baixo (Figura 7). O limbo foliar mostrava-se áspero, ondulado e com intensificação da necrose dos tecidos. Nas folhas velhas e intermediárias das hastes principais não foi observado sintoma de deficiência.



Figura 7. Folhas novas de planta de melancia ‘Crimson Sweet’ apresentando-se encarquilhadas por deficiência de cálcio.

Os sintomas de folhas novas encarquilhadas nas margens, onduladas, lesões necróticas e necroses dos meristemas na deficiência de Ca também foi observado em lírio por Chang e Miller (2003), em beterraba por Alves et al. (2008) e em feijão caupi por Miranda et al. (2010).

A necrose dos tecidos de órgãos novos pode ser explicada pela maior ação da poligalacturonase em plantas deficientes em Ca (SERRANO et al., 2002; WEHR; MENZEIS; BLAMEY, 2004), que degrada pectatos de cálcio responsáveis pela estabilidade de membranas e paredes celulares (HAWKESFORD et al., 2012).

Quando haviam decorridos 23 DAO de Ca, foi observado que os quatro internódios próximos ao ápice caulinar apresentavam-se curtos em relação aos de plantas em solução nutritiva completa. Neste momento, a haste principal de plantas deficientes media 3,03 m, enquanto de plantas nutridas em Ca media 3,97 m. A quantidade de matéria seca de hastes e folhas (hastes + folhas), 11 dias após a visualização do sintoma de deficiência, foi de 91,51 e 107,08 g planta<sup>-1</sup> para plantas deficientes e suficientes em Ca.

Em plantas deficientes em Ca não houve formação de frutos, possivelmente devido a má formação do grão de pólen ou desenvolvimento inadequado do tubo polínico (DAHER; GEITMANN, 2011; ZHOU et al., 2013).

#### **4.5 Magnésio**

O sintoma visual de deficiência de Mg na cultura da melancia foi observado aos 16 DAO do nutriente quando haviam transcorridos 54 dias do ciclo da planta que, de acordo com Grangeiro e Cecílio Filho (2005), a melancia apresenta a maior demanda de Mg entre 45 e 60 dias após o transplante, similar ao P, K e Ca.

Inicialmente, o sintoma inicial da deficiência de Mg foi caracterizada por clorose internerval, nas folhas velhas da haste (Figura 8), localizadas até o quinto nó foliar, da base para o ápice caulinar.

Sintomas similares foram observados por Silva (2013) na cultura do pimentão e por Freitas et al. (2011) em maracujazeiro-doce aos 25 e 23 dias após a omissão de Mg, respectivamente.

Com a evolução dos sintomas foi observada clorose entre as nervuras do limbo foliar, pontuações esbranquiçadas com contorno irregular, pontuações necróticas com aspecto de “ferrugem”, sendo mais intenso nas margens foliares. A partir da coalescência e morte dos tecidos as margens das folhas ficaram encurvadas para cima. Na haste principal, as folhas entre o sétimo e o décimo segundo nó, do ápice para base apresentaram manchas cloróticas distribuídas por todo limbo foliar. As folhas novas dos meristemas nas três hastes principais e laterais não apresentaram nenhum sintoma de deficiência nutricional.

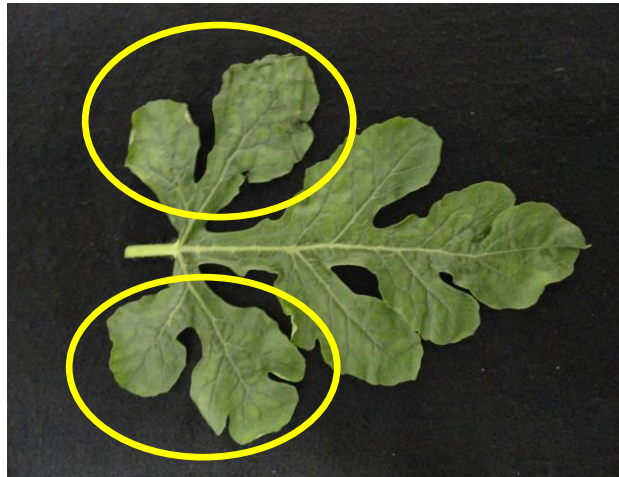


Figura 8. Folhas velhas de planta de melancia 'Crimson Sweet' com início de clorose internerval causada por deficiência de magnésio.

Os sintomas de deficiência de Mg ocorreram inicialmente nas folhas mais velhas devido à sua alta mobilidade no floema (HAWKESFORD et al., 2012). O surgimento da clorose nas folhas está relacionado com a decomposição da clorofila. Hermans e Verbruggen (2005) verificaram que em *Arabidopsis thaliana* sob deficiência de magnésio a concentração de clorofila reduziu-se drasticamente, possivelmente, pelo Mg ser o átomo central da molécula da clorofila e participar das estruturas da membrana do tilacóide e no empilhamento da grana (HAWKESFORD et al., 2012; TAIZ; ZIEGER, 2013). De acordo com Prado (2008), cerca de 20% de Mg total foliar está no cloroplasto, que compõem, aproximadamente, 5% de todo o volume celular de uma folha madura.

Hermans et al. (2005) verificaram que, na deficiência de Mg em beterraba, amido foi acumulado nas folhas devido à contínua produção de sacarose e o transporte inadequado via floema para os órgãos drenos. O acúmulo de amido foi maior entre as nervuras das folhas, onde posteriormente surgiram as cloroses internervais (HERMANS; VERBRUGGEN, 2005). Isto pode explicar o aparecimento de clorose internerval nas folhas com deficiência de Mg aos 16 dias após a aplicação do tratamento com omissão deste nutriente.

Quando haviam decorridos 16 DAO de Mg, os teores de Mg nas folhas velhas, intermediárias e novas foram 1,8; 0,9 e 1,3 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente, enquanto nas mesmas folhas, porém de plantas cultivadas com solução nutritiva

completa foram 6,6; 6,2 e 3,1 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente. O teor de Mg na folha diagnóstica da melancia com tratamento de solução nutritiva completa foi 3,5 g kg<sup>-1</sup>, que é inferior à faixa de 5 a 12 g kg<sup>-1</sup>, relatada por Trani e Raij (1997), como adequada à cultura da melancia. Porém, nestas plantas não foi visualizado sintoma de deficiência nutricional.

Após 18 DAO de Mg, nas folhas entre o primeiro e décimo sexto nó foliar, das hastes principais, foi observada clorose internerval com evolução para tecidos esbranquiçados e tecidos necrosados. As pontuações esbranquiçadas e necróticas apresentaram contorno irregular, sendo a necrose mais intensa nas margens das folhas. Com a evolução da deficiência houve coalescência de pequenas necroses, e formaram manchas necróticas maiores, seguido da morte dos tecidos das margens das folhas, que ficaram curvados para cima (Figura 9). As folhas velhas da haste secundária e terciária situadas entre o primeiro e o sexto nó foliar apresentaram manchas necróticas, sendo mais intensas na margem das folhas, manchas cloróticas e acinzentadas nas folhas situadas entre o sétimo e décimo primeiro nó foliar. As folhas novas das hastes das três hastes principais e laterais não apresentaram sintomas de desordem nutricional.



Figura 9. Evolução da clorose internerval na planta de melancia ‘Crimson Sweet’: da esquerda para a direita tem-se folhas velha, intermediária e nova, de maior para menor intensidade da deficiência de magnésio.

Com a permanência da omissão de Mg, os sintomas de deficiência nas folhas foram se intensificando e gradativamente avançando da base em direção ao ápice das plantas afetando o seu desenvolvimento.

A deficiência de Mg limita o fluxo de energia luminosa e fixação do carbono, promove a redução da concentração de oxigênio nas células que aumenta a formação de espécies reativas de oxigênio (ERO), os quais em altas concentrações causam lesões nos cloroplastos (CAKMAK; KIRKBY, 2008), que possivelmente levaram a morte dos tecidos foliares da melancia. Assim, de acordo com Hawkesford et al. (2012), plantas deficientes em Mg têm diminuição na capacidade fotossintética e a produção de ERO excede a capacidade de desintoxicação das enzimas levando à clorose e posterior necrose das folhas devido à fotoxidação dos pigmentos dos cloroplastos.

Transcorridos 25 DAO de Mg, foi observado que nas folhas, situadas entre o primeiro e o vigésimo terceiro nó foliar na haste principal, entre o primeiro e o décimo nó foliar na haste secundária e terciária, do primeiro ao quarto nó foliar na haste lateral, partindo da base para o ápice, necroses por todo o limbo foliar, exceto nas nervuras que permaneceram com a coloração verde (reticulado grosso).

A deficiência de Mg, assim como observado para P e K, não causou paralisação do crescimento da melancia, mas o afetou negativamente. Aos 25 DAO de Mg, o comprimento da haste principal da melancia foi de 3,42 m, enquanto da planta em solução completa foi de 3,97 m. Por outro lado, ao contrário P e semelhante ao K devido causar acentuada necrose de tecidos foliares internervais e marginais, o acúmulo de matéria seca de hastes e folhas (hastes + folhas) de plantas deficientes em Mg foi reduzido em 42% em relação à matéria seca de hastes e folhas (hastes + folhas) de plantas cultivadas em solução nutritiva completa,  $107,08 \text{ g planta}^{-1}$ .



## 5 CONCLUSÕES

Com a omissão de nutrientes em plantas em início da frutificação, os sintomas de deficiências N e Ca foram os primeiros a serem observados.

A deficiência de N causa cessação do crescimento, inibição de hastes laterais, clorose generalizada e necrose em folhas velhas.

Com a omissão de P, os sintomas de deficiência ocorrem inicialmente em folhas velhas, com áreas cloróticas e enrugadas, que posteriormente progridem para necrose.

A deficiência de K causa sintomas de deficiência em folhas velhas, que começa com clorose marginal, progredindo para todo o limbo e posteriormente evoluindo para necrose.

Com a deficiência de Ca, as folhas novas ficam deformadas, com clorose, necrose marginal, margens encurvadas para baixo, limbo foliar grosso, enrugado e com necrose nos meristemas.

A omissão de Mg inicialmente provoca sintomas de deficiência em folhas velhas, com clorose internerval, pontuações esbranquiçadas e necróticas com contorno irregulares, morte de tecidos, reticulado grosso e margens das folhas encurvada para cima.

Os teores de N, P, K, Ca e Mg na folha e por ocasião de deficiência são 9,7; 1,4; 7,1; 1,8 e 1,8 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente.

## 6 REFERÊNCIAS

- AFROUSHEH, M.; M. ARDALAN, M.; HOKMABADI, H.; AFROUSHEH, M. Nutrient deficiency disorders in *Pistacia vera* seedling rootstock in relation to eco-physiological, biochemical characteristics and uptake pattern of nutrientes. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 124, n. 2, p. 141–148, 2010.
- AGRIANUAL 2014: **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2014. 516p.
- ALARCÓN, A. L.; MADRID, R.; EGEA, C.; GUILLÉN, I. Calcium deficiency provoked by the application of different forms and concentrations of  $\text{Ca}^{2+}$  to soil-less cultivated muskmelons. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 81, p.89-102, 1999.
- ALVES, A. U.; PRADO, R. M.; GONDIM, A. R. O.; FONCECA, I. M. CECÍLIO FILHO, A. B.; Desenvolvimento e estado nutricional da beterraba em função da omissão de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 2, p. 292-295, 2008.
- ALMEIDA, E. I. B.; CORRÊA, M. C. M.; NÓBREGA, G. N.; PINHEIRO, E. A. R.; LIMA, F. F. Crescimento e marcha de absorção de macronutrientes para a cultivar de melancia Crimson Sweet. **Revista Agroambiental**, Barreiras, v. 6, n. 3, p. 205-214, 2012.
- AYALA-SILVA, T.; BEYL, C. A. Changes in spectral reflectance of wheat leaves in response to specific macronutrient deficiency. **Advances in Space Research**, Oxford, v. 35, n. 2, p. 305–317, 2005.
- BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: IAC, 1983. 48p. (Boletim técnico, 78).
- BATAGLIA, O. C.; SANTOS, W. R. **Estado nutricional de plantas perenes: avaliação e Monitoramento**. Campinas, 2001. 5p. (Informações agronômicas, 96).
- BELFORT, C. C.; HAAG, H. P.; MINAMI, K. Nutrição mineral de hortaliças LXXII: Diagnóstico das carências de macronutrientes e de boro em melão (*Cucumis melo* L.). **Anais da ESALQ**, Piracicaba, v. 43, n. 2, p. 365-377, 1986.
- BONDADA, B. R.; SYVERTSEN, J. P. Leaf chlorophyll, net gas exchange and chloroplast ultrastructure in citrus leaves of different nitrogen status. **Tree Physiology**, Oxford, v. 23, n. 8, p. 553–559, 2003.
- CAKMAK, I. The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Weinheim, v. 168, n. 4, p. 521–530, 2005.

CAKMAK, I.; KIRKBY, E. A. Role of magnesium in carbon partitioning and alleviating photooxidative damage. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 133, n. 4, p. 692–704, 2008.

CAPUTO, C.; BARNEIX, A. J. Export of amino acids to the phloem in relation to N supply in wheat. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 101, n. 4, p. 853-860, 1997.

CAO, S.; SU, L.; FANG, Y. Evidence for involvement of jasmonic acid in the induction of leaf senescence by potassium deficiency in *Arabidopsis*. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 84, n. 2, p. 328-333, 2006.

CASTELLANE, P. D.; CORTEZ, G. E. P. **Cultura da melancia**. Jaboticabal: Funep, 1995. 64 p.

CHANG, YC; MILLER, W. B. Growth and calcium partitioning in *Lilium* ‘Star Gazer’ in relation to leaf calcium deficiency. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 128, n. 6, p. 788-796, 2003.

CRAFTS-BRANDER, S. J.; HÖLZER, R.; FELLER, U. Influence of nitrogen on senescence and the amounts of RNA and proteins in wheat leaves. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 102, n. 2, p. 192-200, 1998.

CROCOMO, O. J.; BASSO, L. C. Accumulation of putrescine and related amino acids in potassium deficient sesamum. **Phytochemistry**, New York, v. 13, p. 2659-2665, 1974.

DAHER, F. B.; GEITMANN, A. Actin is involved in pollen tube tropism through redefining the spatial targeting of secretory vesicles. **Traffic**, Copenhagen, v. 12, n. 11, p. 1537–1551, 2011.

FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P.; DA COSTA, J. G. C. Potassium-use efficiency in common bean genotypes. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 24, n. 12, p. 1937–1945, 2001.

FAN, J.; CUI, Y.; WAN, M.; WANG, W.; LI, Y. Lipid accumulation and biosynthesis genes response of the oleaginous *Chlorella pyrenoidosa* under three nutrition stressors. **Biotechnology for Biofuels**, London, v. 7, n. 1, p. 1-14, 2014.

FAO. Food and Agriculture Organization. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>> Acesso em 16 mar. 2015.

FAQUI, V.; ANDRADE, A. T. **Nutrição mineral e diagnose do estado nutricional das hortaliças**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004. 88p.

FELLER, U. ANDERS, I.; DEMIREVSKA, K. Degradation of rubisco and other chloroplast proteins under abiotic stress. **General and Applied Plant Physiology**, Sofia, v. 34, n. esp., p. 5-18, 2008.

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

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3 ed. rev. e ampl. 421p. 2007.

FREITAS, M. S. M.; MONNERRAT, P. H.; CARVALHO, A, J. C.; VASCONCELOS, M. A. S. Sintomas visuais de deficiência de macronutrientes e boro em maracujazeiro-doce. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 4, p. 1329-1341, 2011.

GRANGEIRO, L. C.; CECÍLIO FILHO, A. B. Acúmulo de e exportação de nutrientes pela melancia sem sementes, híbrido Shadow. **Revista de Ciências Agrárias**, Recife, v. 33, n. 1, p. 60-74, 2005.

HAWKESFORD, M.; HORST, W.; KICHEY T.; LAMBERS, H.; SCHJOERRING, J.; MØLLER, I. S.; WHITE, P. Functions of macronutrients: potassium. In: MARSCHNER, H. (ed). **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 3 ed. Amsterdam, 2012, cap. 6, p. 178-189.

HERMANS, C.; BOURGIS, F.; FAUCHER, M.; STRASSER, R. J.; DELROT, S.; VERBRUGGER, N. Magnesium deficiency in sugar beets alters sugar partitioning and phloem loading in young mature leaves. **Planta**, Berlin, v. 220, n. 4, p. 541–549, 2005.

HERMANS, C.; JOHNSON, G. N.; STRASSER, R. J.; VERBRUGGEN, N. Physiological characterisation of magnesium deficiency in sugar beet: acclimation to low magnesium differentially affects photosystems I and II. **Planta**, Berlin, v. 220, n. 2, p. 344–355, 2004.

HERMANS, C.; VERBRUGGER, N. Physiological characterization of Mg deficiency in *Arabidopsis thaliana*. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 56, n. 418, p. 418, p. 2153–2161, 2005.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. L. **The water culture methods for growing plants without soil**. Berkeley: University of California, 1950. 32 p. (Circular 347).

HOCHMUTH. G.; MAYNARD, D.; VAVRINA, C.; HANLON, E.; SIMONNE, E. **Plant tissue analysis and interpretation for vegetable crop in florida**. IFAS–Extension: University of florida, 2012. 48p.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=1612&z=p&o=18>>. Acesso em 16 mar. 2015.

IFA - International Fertilizer Association. Word fertilizer user manual. Watermelon. Germany: IFA, 2013. 3p. Disponível em: <<http://www.fertilizer.org/ifa/HomePage/LIBRARY/Our-selection2/World-Fertilizer-Use-Manual/by-type-of-crops>> Acessado em: 06/06/2013.

JIN, S. H.; HUANG, J. Q.; LI, X. Q.; ZHENG, B. S.; WU, J. S.; WANG, Z. J.; LIU, G. H.; CHEN, M. Effects of potassium supply on limitations of photosynthesis by mesophyll diffusion conductance in *Carya cathayensis*. **Tree Physiology**, Oxford, v. 31, n. 10, p. 1142-1151, 2011.

JI-YONG, S.; XIAO-BO, Z.; JIE-WEN, Z.; KAI-LIANG, W.; ZHENG-WEI, C.; XIAO-WEI, H.; DE-TAO, Z.; HOLMES, M. Nondestructive diagnostics of nitrogen deficiency by cucumber leaf chlorophyll distribution map based on near infrared hyperspectral imaging. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 138, n. 5, p. 190–197, 2012.

JONG, M.; GEORGE, G.; ONGARO, V.; WILLIAMSON, L.; WILLETTES, B.; LJUNG, K.; MCCULLOCH, H. LEYSER, O. Auxin and strigolactone signaling are required for modulation of Arabidopsis shoot branching by nitrogen supply. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 166, n. 1, p. 384-395, 2014.

LAMBERS, H.; BRUNDRETT, M. C.; RAVEN, J. A.; HOPPER, S. D. Plant mineral nutrition in ancient landscapes: high plant species diversity on infertile soils is linked to functional diversity for nutritional strategies. **Plant and Soil**, The Hague, v. 334, n. 1/2, p. 11–31, 2010.

LIM, P. O., KIM, H. J. AND NAM, H. G. Leaf senescence. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 58, p. 115–136, 2007.

LIN, ZH.; CHEN, LS.; CHEN, RB.; ZHANG, FZ.; JIANG, HX.; TANG, N. CO<sub>2</sub> assimilation, ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase, carbohydrates and photosynthetic electron transport probed by the JIP-test, of tea leaves in response to phosphorus supply. **Plant Biology**, Stuttgart, v. 9, n. esp., p. 1-12, 2009.

MENDES, H. C. Nutrição do algodoeiro. I. Sintomas de deficiências minerais em plantas vegetando em soluções nutritivas. **Bragantia**, Campinas, v. 18, n. 30, p. 467-481, 1959.

MEDEIROS, R. D.; FERREIRA, G. B.; COSTA, M. C. G.; ALVES, A. B. Nutrição mineral, correção do solo e adubação da melancia em Roraima. Circular Técnica 03, Embrapa: Boa vista. p.11, 2006.

MIRANDA, R. S.; SUDÉRIO, F. B.; SOUZA, A. F.; GOMES FILHO, E. Deficiência nutricional em plântulas de feijão-de-corda decorrente da omissão de macro e micronutrientes. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 41, n. 3, p. 326-333, 2010.

PATHAK, M. R.; SILVA, J. A. T.; WANI, S. H. Polyamines in abiotic stress tolerance through transgenic approaches. **GM Crops & Food: Biotechnology in Agriculture and the Food Chain**, Bethesda, v. 5, n. 2, p. 87-96, 2014.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. 1.ed. São Paulo: Editora UNESP, 2008. 407p.

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

REDDY, K. R.; ZHAO, D. Interactive effects of elevated CO<sub>2</sub> and potassium deficiency on photosynthesis, growth, and biomass partitioning of cotton. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 94, n. 2/3, p. 201–213, 2005.

RUIZ, R.; MOYANO, S.; NAVIA, T. Acumulación de compuestos nitrogenados en relación al problema de baya blanda en uva de mesa. **Agricultura Técnica**, Santiago, v. 64, n. 4, p. 426-430. 2004.

SAAESD - Southern Association of Agricultural Experiment Station Directors. Southern Cooperative Series Bulletin: **Reference sufficiency ranges for plant analysis in the southern region of the United States**. 2013. 134p. Disponível em: < <http://www.ncagr.gov/agronomi/saaesd/scsb394.pdf> >. Acesso em: 03 set. 2013.

SHEN, J.; YUAN, L.; ZHANG, J.; LI, H.; BAI, Z.; CHEN, X.; ZHANG, W.; ZHANG, F. Phosphorus dynamics: from soil to plant. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 156, n. 3, p. 997-1005, 2011.

SERRANO, M.; AMORÓS, A. PRETEL, M.T.; MARTÍNEZ-MADRID, M. C.; MADRID, R.; ROMOJARO, F. Effect of calcium deficiency on melon (*Cucumis melo* L.) texture and glassiness incidence during ripening. **Food Science and Technology International**, London, v. 8, n. 3, p. 147–154, 2002.

SILVA, A. Z. Sintomas de deficiência de macronutrientes em pimentão. 2013. 53 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2013.

SILVA, G. F.; FONTES, P. C. R.; LIMA, L. P. F.; ARAÚJO, T. O.; SILVA, L. F. Aspectos morfoanatômicos de plantas de pepino (*Cucumis sativus* L) sob omissão de nutrientes. **Revista Verde**, Pombal, v. 6, n. 2, p. 13-20, 2011.

SILVA, M. V. T.; NOGUEIRA, F. P.; CHAVES, S. W. P.; SANTOS, L. R. OLIVEIRA, F. L.; SOUZA, M. H. C. Relação entre dos teores de nutrientes na folha e produtividade da melancia na região de Mossoró-RN. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, Campina Grande, v. 9, n. 4, p. 114-119, 2013.

SOUSA, F. F.; HOLANDA FILHO, Z. F.; FRANDSEN. **Cuidados com a nutrição da melancia em Rondônia**. Porto Velho: Embrapa, 2005. 6p. (Comunicado Técnico, 301).

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

TEWARI, R. K.; KUMAR, P.; SHARMA, P. N. Magnesium deficiency induced oxidative stress and antioxidant responses in mulberry plants. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 108, n. 1, p. 7–14, 2006.

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. p. 157-164. (Boletim técnico, 100).

VANCE, C. P.; UHDE-STONE, C.; ALLAN, D. L. Phosphorus acquisition and use: critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. **New Phytologist**, Cambridge, v. 157, n. 3, p. 423-447, 2003.

WANG, N.; HUA, H.; ENEJI, A. E.; LI, Z.; DUAN, L.; TIAN, X. Genotypic variations in photosynthetic and physiological adjustment to potassium deficiency in cotton (*Gossypium hirsutum*). **Journal of Photochemistry and Photobiology**, Lausanne, v. 110, n. 2, p. 1–8, 2012.

WENG, XY.; ZHENG, CJ.; XU, HX.; SUN, JY. Characteristics of photosynthesis and functions of the water–water cycle in rice (*Oryza sativa*) leaves in response to potassium deficiency. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 131, n. 4, p. 614–621, 2007.

WEHR, J. B.; MENZIES, N. W.; BLAMEY, F. P. C. Inhibition of cell-wall autolysis and pectin degradation by cations. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v. 42, n. 6, p. 485–492, 2004.

WIWART, M.; FORDÓNSKI, G.; ZUR-GOLAZEWSKA, K.; SUCHOWILSKA, E. Early diagnostics of macronutrient deficiencies in three legume species by color image analysis. **Computers and Electronics in Agriculture**, New York, v. 65, n. 1, p. 125–132, 2009.

XU, H. X.; WENG, X. Y.; YANG, Y. Effect of phosphorus deficiency on the photosynthetic characteristics of rice plants. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 54, n. 6, p. 741-748, 2007.

ZHAO, D.; OOSTERHUIS, D. M.; BERNARZ, C. W. Influence of potassium on photosynthesis, chlorophyll content, and chloroplast ultrastructure of cotton plants. **Photosynthetica**, Prague, v. 39, n. 1, p. 103-109, 2001.

ZHOU, L.; LAN, W.; JIANG, Y.; FANG, W.; LUAN, S. A Calcium-Dependent protein kinase interacts with and activates a calcium channel to regulate pollen tube growth. **Molecular Plant**, Berkeley, v. 7, n. 2, p. 369-376, 2013.

ZHU, Y.; FAN, X.; HOU, X.; WU, J.; WANG, T. Effect of different levels of nitrogen deficiency on switchgrass seedling growth. **The Crop Journal**, Beijing, v. 2, n. 4, p. 223-234, 2014.