



CARACTERIZAÇÃO DOS SINTOMAS DE DEFICIÊNCIAS DE N, P, K, Ca e Mg EM MELANCIA

Leonardo Correia Costa⁽¹⁾, Victor Manuel Vergara Carmona⁽²⁾, Arthur Bernardes Cecílio Filho⁽³⁾, Camila Seno Nascimento⁽⁴⁾, Carolina Seno Nascimento⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Pós-graduando Programa Agronomia (Ciência do Solo), Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" – UNESP - Câmpus de Jaboticabal, Via de acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, 14.884-900 Jaboticabal-SP; E-mail: leonardocorreia08@gmail.com; ⁽²⁾ Pós-graduando Programa Agronomia (Produção Vegetal) da UNESP - Câmpus de Jaboticabal; ⁽³⁾ Professor, Doutor, UNESP - Câmpus de Jaboticabal, Depto. de Produção Vegetal. ⁽⁴⁾ Graduanda em Agronomia pela UNESP - Câmpus de Jaboticabal.

RESUMO: O fornecimento aquém do necessário causa desordem fisiológica, que afeta negativamente a produtividade da cultura e a qualidade da hortaliça colhida. Assim, objetivou-se descrever a evolução dos sintomas de deficiências de N, P, K, Ca e Mg em melancieira. O experimento foi conduzido em hidroponia, no sistema 'nutrient film technique', na UNESP, Câmpus Jaboticabal. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, com seis tratamentos (solução nutritiva completa e as omissões de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio) e três repetições. A omissão de nutrientes foi realizada no início da frutificação. Os sintomas de deficiências N e Ca foram os primeiros a serem observados. A deficiência de N causou cessação do crescimento, inibição de hastes laterais, clorose generalizada e necrose em folhas velhas. Com a omissão de P, os sintomas de deficiência ocorreram inicialmente em folhas velhas, com áreas cloróticas e enrugadas, que posteriormente progrediram para necrose. A deficiência de K causou sintomas de deficiência em folhas velhas, que começou com clorose marginal, progredindo para todo o limbo e posteriormente evoluindo para necrose. Com a deficiência de Ca, as folhas novas ficaram deformadas, com clorose, necrose marginal, margens encurvadas para baixo, limbo foliar grosso, enrugado e com necrose nos meristemas. A omissão de Mg inicialmente provocou 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.

Termos de indexação: *Citrullus lanatus*, desordem nutricional, nutrição mineral

INTRODUÇÃO

Como o nutriente desempenha funções específicas no metabolismo da planta, o fornecimento aquém do necessário causa desordem fisiológica, que afeta negativamente a produtividade da cultura e a qualidade da hortaliça colhida.

Existem possibilidades de se avaliar o estado nutricional das culturas, devendo ser preferidas

aquelas realizadas precocemente e que possibilitem ações para correção de eventual deficiência ainda no mesmo cultivo. É o caso da diagnose foliar.

Contudo, em hortaliças, o ciclo cultural é muito curto e, na maioria dos casos, a amostragem para avaliação do estado nutricional pelo método de diagnose foliar é realizada entre a metade e dois terços do ciclo, como é o caso da melancia (Trani & Raji, 1997). Soma-se à este, o tempo demandado para envio da amostra ao laboratório, seu processamento e determinação dos teores de nutrientes, e retorno da informação ao produtor, que juntos dificilmente proporcionam tempo para a correção da deficiência, se necessária. A criação de um banco de dados com fotografias e descrições minuciosas dos sintomas das deficiências nutricionais específicos para cada espécie podem contribuir para sucesso na avaliação do técnico ou produtor. Embora haja na literatura descrição dos sintomas de deficiência de nutrientes, a expressão das desordens nutricionais pode ter variações inter e intraespécie (Hawkesford et al., 2012). Outra questão é que os sintomas de deficiência nutricional em plantas também podem ser confundidos com sintomas desencadeados por estressores bióticos ou abióticos (Wiwart et al., 2009).

Na cultura da melancia, os trabalhos existentes não contemplam os sintomas de todos os nutrientes nem a descrição da evolução dos sintomas.

Neste contexto, o trabalho foi realizado com o objetivo de descrever a evolução dos sintomas de deficiências de N, P, K, Ca e Mg em melancieira.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido entre março e maio de 2014, em hidroponia, no sistema 'nutrient film technique' (NFT), na UNESP, Câmpus Jaboticabal.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, com seis tratamentos (solução nutritiva completa (SNC) e as omissões de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio) e três repetições. Cada unidade experimental continha quatro plantas, em canal de PVC, com 2,0 m de comprimento e 0,20 m de diâmetro, cortado ao meio no sentido longitudinal, e um reservatório de 100 L.



O canal foi coberto com Tetrapak® para evitar incidência de radiação na solução nutritiva.

As mudas de melancia 'Crimson Sweet' foram formadas em espuma fenólica, com dimensões de 5 x 5 x 3 cm, lavada previamente em água corrente, por 10 minutos. Dez dias após, quando as plântulas apresentavam duas folhas cotiledonares expandidas, foram levadas para os canais de crescimento inicial, sistema hidropônico NFT, com recirculação da solução nutritiva.

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

Tanto nos canais de crescimento inicial e final, as plantas receberam solução nutritiva proposta por Hoagland & Arnon (1950).

No dia 13 de abril, quando as plantas estavam em início de frutificação, foram aplicados os tratamentos. Devido a água de abastecimento da hidroponia conter 19 mg L⁻¹ 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. O pH das soluções nutritivas foi mantido entre 6,0 e 6,5 com a utilização de ácido sulfúrico 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⁻¹ com adição de solução nutritiva estoque de mesma concentração e água. A cada 15 dias, as soluções nutritivas dos tratamentos foram renovadas.

Os sintomas de deficiência dos macronutrientes foram descritos desde do início da visualização da deficiência.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sintoma visual de deficiência de N foi observado 7 dias após a omissão (DAO) do N na solução nutritiva. 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.

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

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 et al., 2008), que leva à perda da integridade do cloroplasto devido à desestruturação da grana e lamela do estroma (Bondada & Syvertsen, 2003).

Após 18 dias da omissão de N, houve interrupção na emissão de brotações na haste principal após o nono nó foliar, enquanto nas hastes secundárias e terciárias não houve formação de hastes laterais. Com a permanência da omissão de N, houve senescência foliar, possivelmente pela carência de N na planta reduzir a síntese de aminoácidos e ácidos nucleicos muito demandados no metabolismo da planta (Afrousheh et al., 2010), além de redução na quantidade e na atividade da Rubisco (Bondada & Syvertsen, 2003).

O sintoma inicial da deficiência de P na melancia surgiu 15 dias após a omissão do nutriente. A deficiência de P foi caracterizada por clorose uniforme nas folhas mais velhas, situadas até o quarto nó, da base para o ápice das três principais hastes da planta. 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.

Aos 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-se 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.

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 et al., 2007), situação essa que causa alterações estruturais nas membranas dos cloroplastos (Fan et al., 2014).

O sintoma visual de deficiência de K foi observado quando foram decorridos 17 DAO do nutriente. Inicialmente, o sintoma de deficiência de K



caracterizou-se por leve clorose nas margens das folhas mais velhas situadas até o sexto nó foliar, da base para o ápice das três hastes principais da planta. Possivelmente, a clorose nas folhas velhas da melancia ocorreu devido à drástica redução da clorofila nestes tecidos (Reddy & Zhao, 2005).

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 visualizada 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.

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 Hawkesford et al. (2012), o K na planta desempenha funções imprescindíveis para ativação enzimática, síntese de carboidratos, ácidos nucleicos e proteínas, osmoregulação das células e fotossíntese.

Aos 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. Apenas os tecidos próximos à nervura central, apresentaram 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.

O sintoma visual de deficiência de Ca foi observado 12 DAO do nutriente. 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.

Hawkesford et al. (2012) relataram 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 tem 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.

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. O limbo foliar mostrou-se áspero, ondulado e com intensificação da necrose dos tecidos. A necrose dos tecidos de órgãos novos pode ser explicada pela maior ação da poligalacturonase em plantas deficientes em Ca (Serrano et al., 2002), que degrada pectatos de cálcio responsáveis pela estabilidade de membranas e paredes celulares (Hawkesford et al., 2012).

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 (Zhou et al., 2013).

O sintoma visual de deficiência de Mg na cultura da melancia foi observado aos 16 DAO do nutriente. Inicialmente, o sintoma inicial da deficiência de Mg foi caracterizada por clorose internerval, nas folhas velhas da haste, localizadas até o quinto nó foliar, da base para o ápice caulinar.

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.

Os sintomas de deficiência de Mg ocorreram inicialmente nas folhas mais velhas devido à sua alta mobilidade no floema (Hawkesford et al., 2012) e a clorose foliar está relacionada com a decomposição da clorofila.

Aos 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. 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.

Com a permanência da omissão de Mg, os sintomas deficiência nas folhas foram se intensificando e gradativamente avançado 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, que aumenta a formação de espécies reativas de oxigênio (ERO), as quais em altas concentrações causam lesões nos cloroplastos (Cakmak & Kirkby, 2008). Com 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).

CONCLUSÕES

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

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

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

4. 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.

5. 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.

6. 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.

REFERÊNCIAS

AFROUSHEH, M.; M. ARDALAN, M.; HOKMABADI, H. et al. Nutrient deficiency disorders in *Pistacia vera* seedling rootstock in relation to eco-physiological, biochemical characteristics and uptake pattern of nutrientes. *Scientia Horticulturae*, 124:141–148, 2010.

BONDADA, B. R. & SYVERTSEN, J. P. Leaf chlorophyll, net gas exchange and chloroplast ultrastructure in citrus

leaves of different nitrogen status. *Tree Physiology*, 23: 553–559, 2003.

CAKMAK, I. & KIRKBY, E. A. Role of magnesium in carbon partitioning and alleviating photooxidative damage. *Physiologia Plantarum*, 133:692–704, 2008.

FAN, J.; CUI, Y.; WAN, M. et al. Lipid accumulation and biosynthesis genes response of the oleaginous *Chlorella pyrenoidosa* under three nutrition stressors. *Biotechnology for Biofuels*, 7:1-14, 2014.

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

HAWKESFORD, M.; HORST, W.; KICHEY T. et al. Functions of macronutrients: potassium. In: MARSCHNER, H. ed. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 3 ed. Amsterdam, 2012, p.178-189.

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

LIN, ZH.; CHEN, LS.; CHEN, RB. et al. CO₂ 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*, 9:1-12, 2009.

REDDY, K. R. & ZHAO, D. Interactive effects of elevated CO₂ and potassium deficiency on photosynthesis, growth, and biomass partitioning of cotton. *Field Crops Research*, 94:201–213, 2005.

SERRANO, M.; AMORÓS, A. PRETEL, M.T. et al. Effect of calcium deficiency on melon (*Cucumis melo* L.) texture and glassiness incidence during ripening. *Food Science and Technology International*, 8:147–154, 2002.

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).

WIWART, M.; FORDÓNSKI, G.; ZUR-GOLAZEWSKA, K. et al. Early diagnostics of macronutrient deficiencies in three legume species by color image analysis. *Computers and Electronics in Agriculture*, 65:125–132, 2009.

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

ZHOU, L.; LAN, W.; JIANG, Y. et al. Calcium-Dependent protein kinase interacts with and activates a calcium channel to regulate pollen tube growth. *Molecular Plant*, 7: 369-376, 2013.