

## CRESCIMENTO DE *Physalis ixocarpa* L., CULTIVADA EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE POTÁSSIO E FERRO

*Bruno Paulo Moschini*<sup>1</sup>, *Nicole Colombari Cheng*<sup>1</sup>, *Diêgo Faustolo Alves Bispo*<sup>2</sup>, *Jefferson Luiz Antunes Santos*<sup>3</sup>, *Carlos Enrrik Pedrosa*<sup>4</sup>, *Pedro Maranhã Peche*<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), Universidade de São Paulo (USP). Avenida Pádua Dias, 11, CP 9, 13418-900, Piracicaba, São Paulo, Brasil. bruno\_moschini@hotmail.com; nicoleccheng@hotmail.com.

<sup>2</sup>Universidade Federal de Lavras (UFLA). Campus Universitário, CP 3037, 37200-000, Lavras, Minas Gerais, Brasil. diegofaustolo@gmail.com; pedmpeche@hotmail.com.

<sup>3</sup>Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM). Av. Vereador João Narciso, 1380, CP 301, 38610-000, Unaí, Minas Gerais, Brasil. jeffersonambiental@hotmail.com.

<sup>4</sup>Centro Universitário UNA. Av. Secretário Divino Padrão, 1411, 35702-075, Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil. carlosenrrik@yahoo.com.br.

O cultivo da fisalis (*Physalis ixocarpa* L.) apresenta grande potencial econômico e está sendo incorporado aos plantios do grupo de pequenas frutas no Brasil. Entretanto, existem pouco estudos sobre as necessidades nutricionais relacionados a essa cultura. Objetivou-se avaliar o desenvolvimento vegetativo e sintomas de deficiência e/ou toxicidade nutricional da fisalis em diferentes concentrações de K e Fe, em solução nutritiva. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em delineamento experimental inteiramente casualizado com sete tratamentos e seis repetições. Os tratamentos consistiram na solução nutritiva de Hoagland e Arnon completa (controle) e as soluções nutritivas com concentrações de 50, 150 e 200% de K e 50, 150 e 200% de Fe. Avaliou-se o diâmetro caulinar, altura das plantas, número de folhas emitidas, valor SPAD e a produção de massa seca da parte aérea (PA), raízes (R) e total (PA+R), bem como a relação R/PA. O Fe limitou o crescimento e o desenvolvimento das plantas, quando não fornecido de forma adequada. As concentrações de K não ocasionaram efeito sobre o crescimento da fisalis.

**Palavras-chave:** Deficiência nutricional, diagnose visual, fruta exótica, pequenos frutos, solução nutritiva.

**Plant growth of *Physalis ixocarpa* L. cultivated with different concentrations of potassium and iron.** The cultivation of fisalis (*Physalis ixocarpa* L.) presents great economic potential and has being incorporated into the farmings of the small fruit group in Brazil. However, there are few studies on nutritional needs related to this crop. The objective of this study was to evaluate the vegetative development and symptoms of nutritional deficiency and/or toxicity of fisalis in different concentrations of K and Fe in nutrient solution. The experiment was conducted in a greenhouse, in a completely randomized experimental design with seven treatments and six replicates. The treatments consisted of the nutrient solution of Hoagland e Arnon complete (control) and nutrient solutions with concentrations of 50, 150 and 200% K and 50, 150 and 200% Fe. The stem diameter, plant height, number of leaves emitted, SPAD value and dry mass production in shoot (PA), root (R) and total (PA + R) were evaluated, as well as the R/S ratio. Fe has limited the growth and development of plants when not properly supplied. Concentrations of K had no effect on the growth of fisalis.

**Key words:** Nutritional deficiency, visual diagnosis, exotic fruit, small fruits, nutritive solution.

## Introdução

A *Physalis* é uma planta da família das solanáceas e do gênero *Physalis*, compreendendo mais de cem espécies conhecidas. Os centros de origem e diversificação se encontram na região dos Andes, principalmente na Colômbia, Peru e Equador, possuindo variedades cultivadas na América, Europa e Ásia (Rufato et al., 2012). Entre elas, podem ser citadas a *P. angulata* L., *P. peruviana*, *P. pubescens*, *P. primorosa*, *P. ixocarpa* e *P. philadelphia* (Thomé e Osaki, 2010).

O gênero *Physalis* é muito difundido no mercado internacional pelo seu sabor, valor nutricional (Vitaminas A e C, fósforo, ferro, flavonóides, alcalóides, fitoesteróides, carotenóides, compostos bioativos, entre outros), características medicinais e nutracêuticos (Salgado e Arana, 2013; Mamedov et al., 2017; Mokhtar; Swailam; Embaby, 2018). No Brasil, o cultivo é recente e pouco difundido, porém a cultura tem se tornado uma ótima alternativa de cultivo, especialmente pelo seu alto valor comercial e produtivo (Muniz et al., 2014; Ponce et al., 2016).

Com o mercado em expansão, são necessários novos estudos para desenvolver tecnologias mais rentáveis, bem como caracterizar a sua fenologia, em condições específicas de clima, solo e manejo (Muniz et al., 2015). Dessa forma, estudos sobre a nutrição da *Physalis* spp. são escassos, existindo poucas variáveis para a recomendação de adubação, a qual é realizada com base em dados de pesquisa obtidos de outras regiões ou na demanda nutricional da cultura do tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.), por se tratar de uma planta da mesma família (Ianciekiewicz et al., 2013).

As recomendações baseadas em outras regiões podem gerar resultados insatisfatórios e inconclusivos em termos nutricionais, resultando em menor qualidade de frutos e menores produtividades (Pereira, 2008). Portanto, é importante quantificar suas exigências nutricionais, associadas às fases do crescimento, de modo que se determine o momento mais adequado para iniciar o cultivo, a adubação e os tratamentos culturais para obtenção de melhores produtividades (Moschini et al., 2017).

O estudo sobre o crescimento e desenvolvimento vegetal é de suma importância para o manejo da *Physalis* e para a observação da sua adaptação às condições de clima e solo de cada região em que for cultivada, como também para avaliar a capacidade produtiva da

planta levando em consideração diversas variáveis, como a nutrição mineral das plantas.

Analisar o crescimento e o desenvolvimento das plantas está baseado no fato de que cerca de 90% da massa seca acumulada pelas plantas ao longo do seu crescimento resulta da atividade fotossintética (Benincasa, 2003). Assim, entende-se que o estudo da massa das culturas e algumas variáveis de crescimento são importantes ferramentas para se quantificar o crescimento das plantas (Bryson & Mills, 2015).

A avaliação do estado nutricional é uma outra ferramenta relevante para conhecer o manejo nutricional adequado das culturas. Dentre as formas de avaliação do estado nutricional destaca-se a diagnose visual (Malavolta; Vitti; Oliveira, 1997). Por meio da diagnose visual, é possível caracterizar sintomas que, geralmente, são mais visíveis nas folhas. Os sintomas podem caracterizar deficiência ou toxicidade de determinado nutriente, os quais podem diferir entre as espécies. Para se caracterizar esses sintomas com mais segurança e sem a interação com outros fatores, o cultivo em solução nutritiva é uma opção viável (Faquin, 2002; Barroso et al., 2005).

Não existem informações na literatura que caracterizem o aparecimento de deficiência ou toxicidade nutricional para o cultivo da *Physalis*, bem como descrições da evolução dos sintomas, principalmente com potássio (K) e ferro (Fe). Acredita-se que o aprimoramento do manejo cultural, com respeito aos aspectos nutricionais da *Physalis* cultivada em regiões tropicais, possa permitir avanços na produtividade dessa frutífera.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o desenvolvimento vegetativo e sintomas de deficiência e/ou toxicidade nutricional da *Physalis ixocarpa* L. em diferentes concentrações de K e Fe em solução nutritiva.

## Material e Métodos

O experimento foi realizado em casa de vegetação no Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA) no município de Lavras - MG (21°13'34" S, 44°58'45" W, 943 m de altitude). O clima do local é classificado como mesotérmico com estação seca de inverno e verão chuvoso (Cwb), segundo a classificação de Köppen (1948).

As plantas de *Physalis* foram propagadas por sementes e germinadas em bandeja de poliestireno expandido de 128 células, preenchida com substrato de vermiculita da marca Plantmax®, em condições de telado com sombrite de 50%. Quando as plantas atingiram em média 7,8 cm de altura e 0,2 cm de diâmetro caulinar, as mesmas foram colocadas em adaptação à solução nutritiva em casa de vegetação, com solução de Hoagland & Arnon (1950) a 25%. Durante o período de adaptação, a força iônica da solução nutritiva foi aumentada gradativamente até atingir 100%. As soluções foram renovadas semanalmente.

Após 30 dias, as plantas foram individualizadas em vasos com capacidade para cinco litros, e então estabelecidos os tratamentos. Os vasos foram pintados, em sua superfície externa, com tinta alumínio e foram colocadas tampas de isopor com um pequeno orifício ao centro, para a fixação das plantas. As plantas foram tutoradas com o auxílio de fitilhos, evitando-se acamamento, devido ao hábito de crescimento ramificado da cultura.

O delineamento experimental foi em blocos inteiramente casualizados, com sete tratamentos e seis repetições. Os tratamentos consistiram na solução nutritiva de Hoagland & Arnon (1950) completa (controle) e as soluções nutritivas com concentrações de 50, 150 e 200% de K e 50, 150 e 200% de Fe. As unidades experimentais foram constituídas em uma planta por vaso.

As soluções estoque dos nutrientes foram preparadas com reagentes (p.a.) e água destilada. As soluções nutritivas foram preparadas com água deionizada e, durante o intervalo de renovação das soluções, o volume dos vasos foi completado, sempre que necessário, com água deionizada.

Durante todo o experimento, o desenvolvimento das plantas foram caracterizados visualmente e os sintomas de deficiência ou toxicidade de K e Fe fotografados. Foram realizadas duas avaliações no tempo, aos 20 e 40 dias após a individualização das plantas nos vasos com os respectivos tratamentos, com a finalidade de avaliar caracteres de crescimento vegetal, tais como diâmetro caulinar, altura das plantas, número de folhas emitidas e a unidade SPAD (Soil Plant Analysis Development), esse último com cinco medições em cada folha, em três folhas por planta.

Em ambos os períodos de avaliação, as plantas foram colhidas, lavadas em água deionizada e subdivididas em parte aérea (PA) e raízes (R). Todo o material foi acondicionado em saco de papel e seco em estufa com ventilação forçada de ar, a 65°C, até massa constante (Jones Junior et al., 1991). Em seguida, foi mensurada a produção de massa seca (MS) da PA, R e total (PA+R), bem como a relação R/PA, segundo metodologia proposta por Magalhães (1979).

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e havendo significância pelo teste F, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O fator tempo não foi incorporado ao modelo estatístico, uma vez que o objetivo do trabalho foi o de avaliar o desenvolvimento e o surgimento dos sintomas de deficiências e/ou toxicidade, e não acompanhar a progressão dos sintomas ao longo do tempo. Para a realização da análise estatística, foi utilizado o programa computacional SISVAR (Ferreira, 2008).

## Resultados e Discussão

### Crescimento das plantas avaliadas

O diâmetro caulinar, crescimento em altura e o número de folhas diferiram entre as concentrações de K e Fe na solução nutritiva, indicando que esses nutrientes podem ser limitantes no desenvolvimento vegetativo da *Physalis*. Para os valores SPAD (Soil Plant Analysis Development) não foi possível observar diferenças a partir da análise de variância, em ambas as avaliações realizadas (Figura 1).

Analisando o diâmetro caulinar nas diferentes concentrações de K e Fe, observou-se que ocorreram diferenças apenas na segunda avaliação realizada. As plantas cultivadas em solução nutritiva com concentração de 150% de K e Fe foram as que apresentaram os maiores diâmetros caulinares, representando valores de 79 e 43% superior ao tratamento com solução completa, respectivamente.

Na avaliação dos caracteres de crescimento, a menor altura foi verificada para a concentração de 200% de Fe. Estes valores foram 30 e 10% inferior ao tratamento com solução completa na primeira e segunda avaliação, respectivamente. Em relação ao número de folhas na primeira avaliação, os maiores

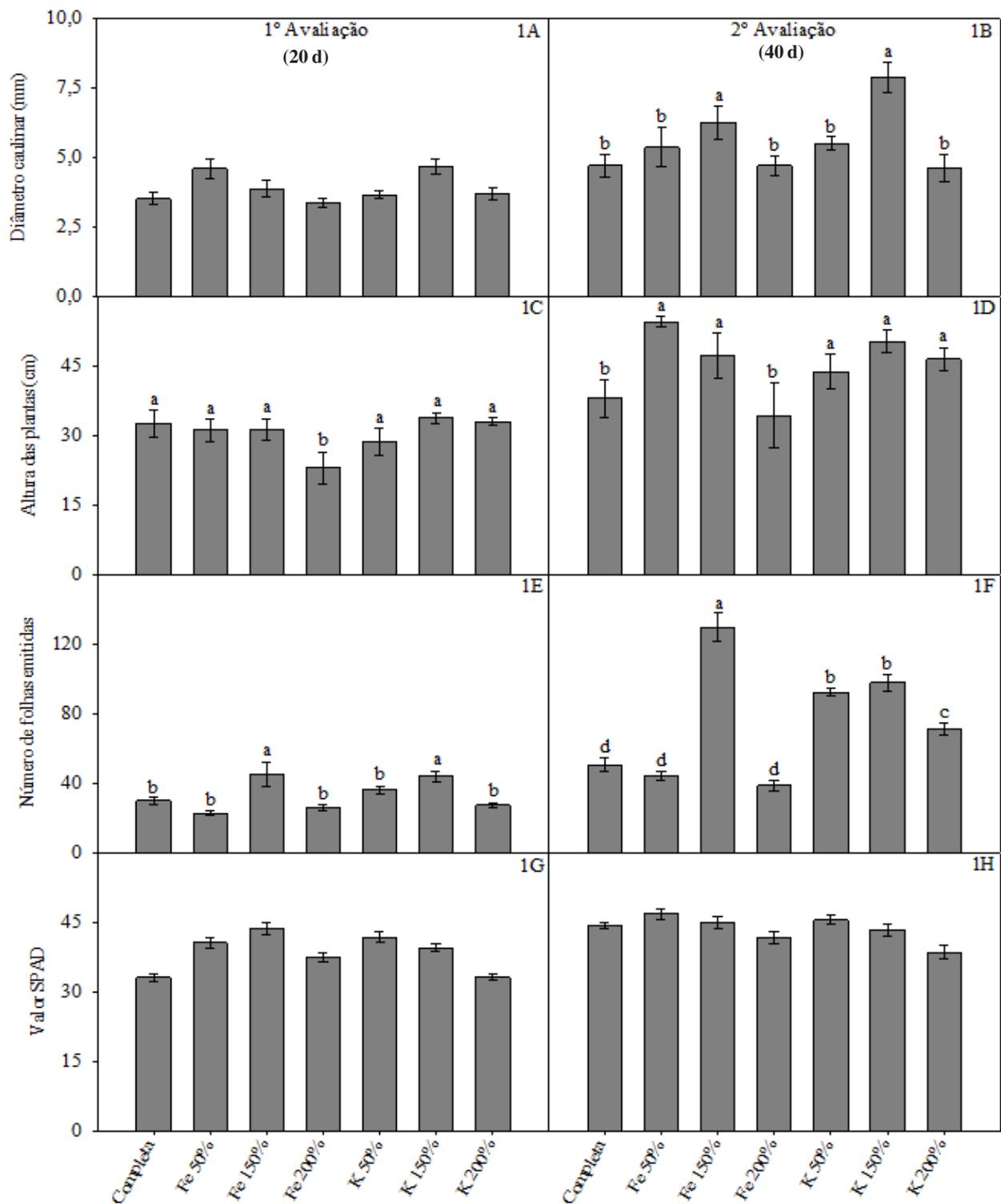


Figura 1. Média do diâmetro caulinar (mm) (1A, 1B), altura das plantas (cm) (1C, 1D), número de folhas emitidas (1E, 1F) e valor SPAD (Soil Plant Analysis Development) (1G, 1H) de plantas de *Ficus* cultivadas em solução nutritiva em diferentes concentrações de K e Fe em duas avaliações.

valores foram para as plantas cultivadas em concentração de 150% de K e Fe, o qual foi superior ao tratamento com solução completa. Na avaliação seguinte, o maior número de folhas foi obtido através do cultivo em concentração de 150% de Fe, seguido das concentrações de 150, 50 e 200% de K.

O diâmetro caulinar é uma característica importante em análises de crescimento não destrutivo e, quando as plantas foram cultivadas em solução nutritiva com concentração de 150% de K e Fe, sua taxa de crescimento foi maior nesses tratamentos, possivelmente, devido às funções desses nutrientes nas plantas. Estudando o crescimento e a diagnose de deficiências nutricionais em *fisalis*, Moschini et al. (2017) verificaram que na omissão de Fe foi possível observar menores valores em relação ao diâmetro caulinar.

Outro nutriente que é indispensável para a cultura da *fisalis* é o K que está associado à formação e o tamanho dos frutos (Fischer e Miranda, 2012). Num estudo avaliando a deficiência induzida de K em mudas de lulo (*Solanum quitoense*), Machado et al. (2016) aferiram que a omissão de K na solução nutritiva resultou em diminuição nos valores de altura, número de folhas, diâmetro caulinar e área foliar desta espécie.

A altura da planta é outro atributo morfológico de importância para analisar o crescimento e o desenvolvimento vegetal, e o excesso de um determinado nutriente no meio de cultivo pode suspender o crescimento, como pode ser observado para as plantas cultivadas em solução nutritiva com concentração de 200% de Fe.

Na literatura não há informações a respeito da toxicidade desse nutriente sobre as plantas de *fisalis*. Entretanto, o excesso de Fe no morangueiro (*Fragaria* spp.) provoca uma diminuição na atividade da enzima quelato de ferro redutase (QF-R), que age como um mecanismo de defesa contra a toxicidade desse nutriente. Apesar da planta conseguir controlar a entrada excessiva de Fe, pode ocorrer consequências morfológicas, como a limitação do crescimento e o bronzeamento das folhas (Martins, 2017).

O Fe em níveis adequados no meio de cultivo é extremamente importante para a *fisalis*, pois os níveis desse nutriente na composição mineral dos frutos são muito elevados (Mamedov et al., 2017; Mokhtar et al., 2018).

O número de folhas foi maior nas plantas cultivadas com 150% de Fe em ambas as avaliações, e em concentração de 50 e 150% de K na segunda avaliação. O maior crescimento das plantas em relação ao número de folhas pode estar associado ao fato de que o Fe é um nutriente essencial às plantas e, a sua ausência e/ou toxicidade pode limitar a produção de biomassa e a qualidade dos produtos vegetais, pois altera o aparato fotossintético e promove sua remodelação (Briat et al., 2015).

Enquanto o K na planta relaciona-se com a regulação do potencial osmótico e turgor das células vegetais e na ativação de enzimas associadas à fotossíntese e a respiração, sendo indispensável seu suprimento às plantas por acarretar redução do crescimento vegetal (Fageria, 2015).

A concentração de clorofila correlaciona-se positivamente com a concentração de N na planta e, consequentemente, com a produtividade das culturas. Dessa forma, a falta de resposta para os valores SPAD (Soil Plant Analysis Development) neste estudo é justificada pela concentração de N na solução nutritiva, que foi igual para todos os tratamentos. Porém, os dados contradizem com a literatura em relação ao Fe, pois esse nutriente atua no mecanismo de formação da clorofila, e em casos de deficiência, a concentração de clorofila pode ser reduzida (Bashir et al., 2015) e, consequentemente, o valor SPAD (Soil Plant Analysis Development) pode ser afetado.

É possível verificar que o K e o Fe são nutrientes que podem limitar o crescimento da *fisalis*. Portanto, esse fato ressalta a importância da prática do uso desses nutrientes durante a adubação, pois a sua ausência pode comprometer o ciclo de produção (vegetativo e/ou reprodutivo) da cultura.

### **Produção de biomassa das plantas**

Os dados de produção de massa seca e a relação R/PA estão apresentados na Figura 2. A partir da análise de variância foi possível observar diferenças entre os tratamentos na produção de massa seca total. Apesar da grande variação da relação R/PA entre os tratamentos, não houve diferença significativa entre os valores obtidos nas duas avaliações realizadas.

A massa seca é um importante atributo de crescimento, pois determina o aumento da massa acumulada na formação de um órgão ou da planta toda,

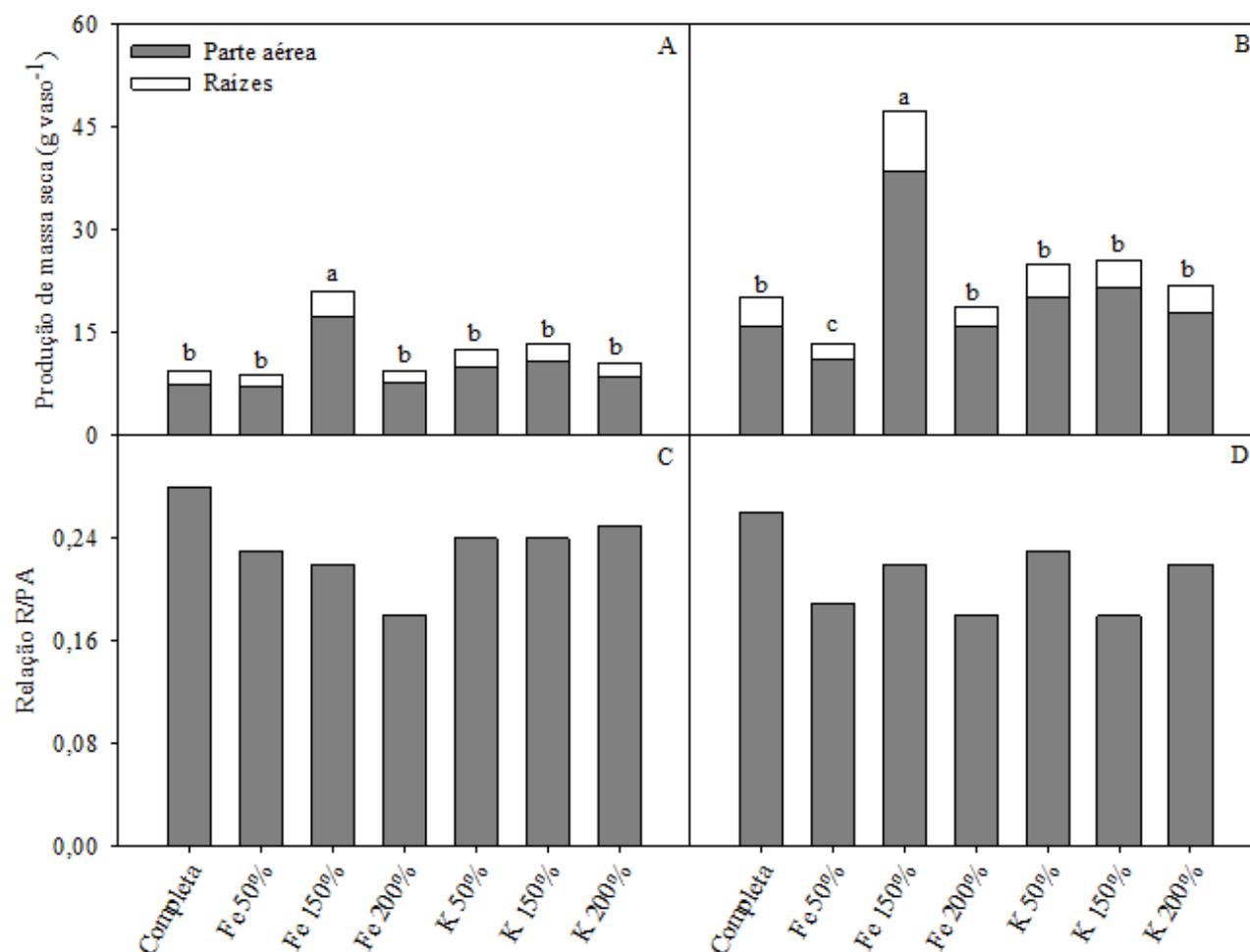


Figura 2. Média da produção de massa seca da parte aérea e raízes (g vaso<sup>-1</sup>) (A, B) e relação R/PA (C, D) de plantas de *Ficus* cultivadas em solução nutritiva em diferentes concentrações de K e Fe em duas avaliações.

sem levar em consideração o conteúdo em água. Assim, os maiores valores médios de massa seca total foram obtidos pelas plantas cultivadas com 150% de Fe, em ambas as avaliações, enquanto os menores valores médios foram atribuídos às plantas cultivadas em concentração de 50% de Fe na segunda avaliação, representando um valor 34% inferior ao tratamento com solução completa.

Os dados de massa seca total das plantas de *Ficus*, em ambas as avaliações apresentaram padrões de respostas similares com os dados de número de folhas. Com isso, o número de folhas pode ter sido a variável que mais influenciou na produção de biomassa nas plantas.

O menor crescimento observado para concentração de 50% de Fe foi semelhante aos

resultados de Lee et al. (2016). Os quais constataram que morangueiros cultivados sem Fe, apresentam menor produção de biomassa. Isso está associado a desequilíbrios nutricionais e/ou estresse oxidativo. Esses resultados são reforçados por Martins (2017), que ao estudar a dinâmica do Fe em morangueiro, verificou sintomas de clorose férrica e diminuição da produção de biomassa, na ausência deste micronutriente.

Resultados com Fe na cultura do morangueiro mostram que sua aplicação é necessária para aumentar o rendimento e qualidade dos frutos, além de influenciar o crescimento das plantas (Hosseini e Bahadori, 2017; Mozafari et al., 2017).

Embora a massa seca das plantas nas diversas concentrações de K não tenha diferido entre si, o K

parece ser um nutriente indispensável para o bom rendimento de frutos da *fisalis*. Martinez et al. (2008) cultivando *fisalis* em vasos de 25 kg preenchidos com areia lavada, observaram que o rendimento (número e peso fresco dos frutos) foi consideravelmente menor pela omissão de K no meio de cultivo.

Em um estudo avaliando a fertilização mineral e orgânica em duas espécies de *fisalis*, foi possível observar que o aumento da produção de frutos foi maior nas plantas com fertilização orgânica, devido a disponibilidade de nutrientes de forma equilibrada, disponibilizando quantidades suficientes de K de forma gradativa, suprindo satisfatoriamente a demanda da planta (Ariati et al., 2017). Além de ser um nutriente indispensável para o rendimento dos frutos, a composição mineral dos frutos da *fisalis* também é muito rica em K (Musunguzi et al., 2007), comprovando a sua importância.

Fica evidente que as concentrações de Fe na solução nutritiva foram as que mais limitaram a produção de biomassa nesta espécie. O Fe é um nutriente essencial e a sua ausência prejudica o desenvolvimento vegetal (Briat et al., 2015). Esta essencialidade está ligada ao processo fotossintético, biossíntese da clorofila, respiração e a diversas enzimas que participam de reações de oxi-redução no metabolismo vegetal (Jeong & Connolly, 2009).

Através da relação R/PA é possível analisar o crescimento do sistema radicular em relação ao crescimento da parte aérea. Porém, para que essa relação possa ser estimada, o sistema radicular deve ser considerado como um importante componente da planta (Magalhães, 1979). Os valores da relação R/PA variaram entre 0,18 a 0,28 e 0,15 a 0,26, respectivamente na primeira e segunda avaliação, sendo que não foi observada diferença significativa entre os tratamentos.

### Diagnose do estado nutricional

A diagnose visual consiste em comparar visualmente o aspecto (coloração, forma, tamanho) de uma amostra com um padrão. Na maioria das vezes o órgão de comparação é as folhas, pois é aquele que melhor reflete o estado nutricional da planta. Como nas folhas ocorrem os principais processos metabólicos, as mesmas são os órgãos das plantas mais sensíveis às variações nutricionais (Faquin, 2002).

Com o intuito de avaliar o estado nutricional por meio da diagnose visual foi fotografada todas as plantas ao final do período experimental (40 dias), porém apenas as plantas cultivadas em solução com concentração de 50% de Fe apresentaram sintomas de deficiência nutricional. Dessa forma, foi observado redução do porte vegetal tanto da parte aérea (Figuras 1 e 2) quanto do sistema radicular (Figura 3), em relação ao tratamento com solução completa. Verificou-se um tom mais amarelado sobre a superfície das folhas mais novas, com clorose internerval, formando um reticulado fino.

Embora os valores SPAD (Soil Plant Analysis Development) não tenham apresentado diferenças significativas (Figura 1G e 1H), é provável que o amarelecimento das folhas pode estar associado ao mecanismo de formação da clorofila (Bashir et al., 2015). Esses mesmos sintomas foram observados por



Figura 3. Sintomatologia da deficiência nutricional na parte aérea e sistema radicular da planta de *fisalis* cultivadas em solução nutritivas completa e com concentração de 50% de Fe.

Souza et al. (2015) em amoreira-preta e por Moschini et al. (2017) em fisalis.

Os sintomas de deficiência são manifestações exteriores de eventos bioquímicos, que ocorrem em nível molecular e celular, nos tecidos vegetais (Silva et al., 2009). A manifestação de sintomas visíveis devido à falta de um nutriente é singular para cada nutriente. E o motivo pelo qual o sintoma é típico, deve-se ao fato de que um dado nutriente exerce sempre as mesmas funções em qualquer espécie de planta.

De acordo com Raij (1991) e Faquin (2002), o transporte de Fe se dá pela corrente transpiratória e no exsudado do xilema, predominantemente na forma de quelado do ácido cítrico. Na planta em desenvolvimento e na adulta, entretanto, não ocorre a redistribuição do Fe e, como consequência, a lâmina foliar amarelece, enquanto as nervuras podem permanecer verdes durante algum tempo, destacando-se como um reticulado fino, como observado nesse estudo. E com a evolução da deficiência ou em casos extremos, as folhas podem sofrer um branqueamento.

Para as demais concentrações de K e Fe não foi possível observar diferenças visuais entre as plantas cultivadas, embora os parâmetros de crescimento e a produção de biomassa tenham se diferenciado.

### Conclusões

1. O cultivo de fisalis em solução nutritiva com concentração de 50% de Fe produziu alterações no crescimento e diminuição da produção de biomassa, traduzidas como sintomas de deficiência nutricional.

2. O crescimento da fisalis foram maiores nas plantas cultivadas em solução com concentração de 150% de Fe.

3. As concentrações de K não ocasionaram efeito sobre a altura das plantas, valor SPAD, produção de biomassa seca e relação R/PA.

### Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) por financiarem

as bolsas de pesquisa aos autores; e ao Departamento de Ciência do Solo (DCS) da Universidade Federal de Lavras (UFLA) pela oportunidade de desenvolver esse estudo.

### Literatura Citada

- ARIATI, A. A. et al. 2017. Mineral and organic fertilizer in two *Physalis* species. *African Journal of Agricultural Research* 12(2):104-110.
- BARROSO, D.G. et al. 2005. Diagnóstico de deficiências de macronutrientes em mudas de teca. *Revista Árvore (Brasil)* 29(5):671-679.
- BASHIR, H. et al. 2015. Cloroplastos e fotossistemas: impacto do cádmio e deficiência de ferro. *Photosynthetica* 53(3):321-335.
- BRIAT, J. F.; DUBOS, C.; GAYMARD, F. 2015. Iron nutrition, biomass production, and plant product quality. *Trends in Plant Science* 20(1):33-40.
- BRYSON, G. M.; MILLS, H. A. 2015. *Plant analysis handbook IV: A practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide*. Athens, Micro Macro Publishing.
- BENINCASA, M. M. P. 2003. *Análise de crescimento de plantas: noções básicas*. Jaboticabal, SP, FUNEP. 41p.
- FAGERIA, N. K. 2015. Potassium. In: Barker, A.V.; Pilbeam, D. J. *Handbook of plant nutrition*. 2 ed. Boca Raton, CRC Press. pp.127-164.
- FAQUIN, V. 2002. *Diagnose do estado nutricional das plantas*. Lavras, MG, UFLA/FAEPE. 77p.
- FERREIRA, D. F. 2008. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Científica Symposium* 6(2):36-41.
- FISCHER, G.; MIRANDA, D. 2012. Uchuva (*Physalis peruviana* L.). In: Fischer, G. *Manual para o cultivo de árvores frutíferas nos trópicos*. Bogotá, CO, Produmedios. pp.851-873.
- HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. L. 1950. *The water culture methods for growing plants without soil*. Berkeley, California Agriculture Experiment Station. 32p.
- HOSSEINI, Y.; BAHADORI, M. 2017. Efeito da fonte, quantidade e método de aplicação de

- ferro na quantidade, qualidade e taxa de rentabilidade do morango (*Fragaria × ananassa Duch*, cv. Selva). Revista de Ciência e Tecnologia de Cultura de Efeito Estufa (Brasil) 7(28):149-160.
- IANCKIEVICZL, A. et al. 2013. Produção e desenvolvimento da cultura de *Physalis* L. submetida a diferentes níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva. Ciência Rural (Brasil) 43(3):438-444.
- JEONG, J.; CONNOLLY, E. L. 2009. Iron uptake mechanisms in plants: Functions of the FRO family of ferric reductases. Plant Science 176(6):709-714.
- JONES JUNIOR, J. B.; WOLF, B.; MILLS, H. A. 1991. Plant analysis handbook: A practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide. Athens, Micro Macro Publishing. 213p.
- LEE, S. R.; OH, M. M.; PARK, S. A. 2016. Ferric-chelate reductase activity is a limiting factor in iron uptake in spinach and kale roots. Horticulture Environmental Biotechnology 57(5):462-469.
- KÖPPEN, W. 1948. Climatology: a study of the climates of the earth. Mexico City, Fondo de Cultura Economica. 233p.
- MACHADO, L. M. et al. 2016. Deficiência induzida de nitrogênio, fósforo e potássio em mudas de lulo. Scientia Agraria Paranaensis 15(1):76-81.
- MAGALHÃES, A. C. N. 1979. Análise quantitativa do crescimento. In: Ferri, M.G. Fisiologia vegetal. 1ed. São Paulo, SP, USP. pp.331-350.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. 1997. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba, SP, POTAFOS. 319p.
- MAMEDOV, M. I.; ENGALYCHEV, M. R.; JOSS, A. E. 2017. Morpho-biological properties and biochemical composition of physalis (*Physalis pubescens* L.) fruits in a temperate climate. Vegetable Crops of Russia 2(35):76-80.
- MARTÍNEZ, F. E. et al. 2008. Efecto de la deficiencia de N, P, K, Ca, Mg y B en componentes de producción y calidad de la uchuya (*Physalis peruviana* L.). Agronomía Colombiana 26(3):389-398.
- MARTINS, M. L. C. F. 2017. Estudo da dinâmica do ferro em morangueiro (*Fragaria x ananassa Dutch*) cv. Diamante. Dissertação Mestrado. Lisboa, ULISBOA/ISA. 59p.
- MOSCHINI, B. P. et al. 2018. Crescimento e diagnose de deficiências nutricionais em *Physalis peruviana* L. Revista Agropecuária Técnica 38(4):169-176.
- MOKHTAR, S. M.; SWAILAM, H. M.; EMBABY, H. 2018. Physicochemical Properties, Nutritional Value and Techno-functional Properties of Goldenberry (*Physalis peruviana*) Waste powder Concise title: Composition of goldenberry juice waste. Food Chemistry 248:1-7.
- MOZAFARI, A. A.; HAVAS, F.; GHADERI, N. 2017. Application of iron nanoparticles and salicylic acid in in vitro culture of strawberries (*Fragaria × ananassa Duch.*) to cope with drought stress. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 132(3):511-523.
- MUNIZ, J. et al. 2014. General aspects of physalis cultivation. Ciência Rural (Brasil) 44(6):964-970.
- MUNIZ, J. et al. 2015. Crescimento vegetativo e potencial produtivo de fisális. Revista de Ciências Agroveterinárias (Brasil) 14(1):15-23.
- MUSINGUZI, E.; KIKAFUNDA, J.; KIREMIRE, B. 2017. Promoting indigenous wild edible fruits to complement roots and tuber crops in alleviating vitamin A deficiencies in Uganda. In: Proceedings of the 13th ISTRC Symposium. Dar Salam. pp.763-769.
- PEREIRA, I. S. 2008. Adubação de pré-plantio no crescimento, produção e qualidade da amoreira-preta (*Rubus* sp.). Dissertação Mestrado. Pelotas, RS, UFPEL. 149p.
- PONCE, O.V. et al. 2016. Traditional management of a small-scale crop of *Physalis angulata* in Western Mexico. Genetic Resources and Crop Evolution 63(8):1383-1395.
- RAIJ, B. V. 1991. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba, SP, POTAFOS. 343p.
- RUFATO, L. et al. 2012. Aspectos técnicos da cultura da fisalis. Informe Agropecuário (Brasil) 33:69-83.

- SALGADO, E. R.; ARANA, G. V. 2013. *Physalis angulata* L. (Bolsa Mullaca): A Review of its Traditional Uses, Chemistry and Pharmacology. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas* 12(5):431-445.
- SILVA, E. B. et al. 2009. Sintomas visuais de deficiências nutricionais em pinhão-mansão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 44(4):392-397.
- SOUZA, F. B. M. et al. 2015. Sintomas visuais de deficiência de macronutrientes, boro e ferro e composição mineral de amoreira-preta. *Pesquisa Agropecuária Tropical (Brasil)* 45(2):241-248.
- THOMÉ, M.; OSAKI, F. 2010. Adubação de nitrogênio, fósforo e potássio no rendimento de *Physalis* spp. *Ciências Agrárias e Ambientais (Brasil)* 8(1):11-18. ●