



ARTIGO ORIGINAL

Luciene Laurett<sup>1</sup>  
Adriano Alves Fernandes<sup>1\*</sup>  
Edilson Romais Schmildt<sup>1</sup>  
Camila Pinto de Almeida<sup>1</sup>  
Maria Luiza Pereira Barbosa Pinto<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Espírito Santo – UFES,  
Rodovia BR 101 Norte, Km 60, Bairro Litorâneo,  
29932-900, São Mateus, ES, Brasil

\*Autor Correspondente:  
E-mail: [adriano.fernandes@ufes.br](mailto:adriano.fernandes@ufes.br)

**PALAVRAS-CHAVE**

Nutrição de plantas  
Toxidez  
Micronutriente

**KEYWORDS**

Plant nutrition  
Toxicity  
Micronutrient

## Desempenho da alface e da rúcula em diferentes concentrações de ferro na solução nutritiva

### *Performance of lettuce and arugula in different concentrations of iron in the nutrient solution*

**RESUMO:** Os micronutrientes são requeridos pelas plantas em pequenas quantidades, porém são essenciais para seu crescimento e desenvolvimento. O ferro é um micronutriente importante para a alimentação humana principalmente na prevenção de anemia. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho da alface e da rúcula com doses crescentes de ferro na solução nutritiva. Foram instalados dois experimentos em hidroponia, um para cada cultura. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com cinco tratamentos e seis repetições. Os tratamentos foram representados por concentrações crescentes de Fe: 45 (controle), 90; 135; 180; 225  $\mu\text{mol.L}^{-1}$ . Aos 27 e 30 dias após o transplante para rúcula “Rococó” e alface “Vitória de Santo Antão”, respectivamente, foram avaliadas: matéria fresca da parte aérea, número de folhas, área foliar, matéria fresca da raiz, volume da raiz, matéria seca da parte aérea, matéria seca da raiz. Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão. A produção de matéria fresca da parte aérea da alface e da rúcula diminuiu consideravelmente com o aumento da concentração de ferro na solução. Para a alface, a redução foi de 83,60% na concentração de 180  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  de Fe, e para a rúcula foi de 67,86%, na concentração de 225  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  de Fe. Considerando que as demais variáveis biométricas também reduziram seus valores com o aumento da concentração de Fe na solução nutritiva, recomenda-se o uso da concentração de 45  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  de Fe para o cultivo da alface “Vitória de Santo Antão” e da rúcula “Rococó” em sistema hidropônico.

**ABSTRACT:** *Micronutrients are required by plants in small quantities, but are essential for their growth and development. Iron is an important micronutrient for human consumption, mainly in the prevention of anemia. The study aimed to evaluate the performance of lettuce and arugula with increasing doses of iron in the nutrient solution. Two experiments in hydroponics, one for each culture were installed. The experimental design was in randomized blocks with five treatments and six replications. The treatments consisted in increasing concentrations of iron 45 (control), 90; 135; 180; 225  $\mu\text{mol.L}^{-1}$ . Arugula and lettuce were evaluated 27 and 30 days after transplanting, respectively, regarding: shoot fresh matter, number of leaves, leaf area, root fresh matter, root volume, shoot dry matter and root dry matter. The data was submitted to variance and regression analysis. The production of shoot fresh matter of lettuce and arugula decreased significantly with increasing iron concentration. Lettuce showed reduction of 83.60% in the concentration of 180  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  Fe and arugula showed a reduction of 67.86% in the concentration of 225  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  Fe. Considering that the other biometric variables also reduced their values with the increase of Fe concentration, we recommend the use of the concentration of 45  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  Fe for the cultivation of Vitória de Santo Antão lettuce and Rococó arugula in a hydroponic system.*

Recebido: 14 set. 2016  
Aceito: 25 abr. 2017

## 1 Introdução

Alface (*Lactuca sativa* L.) e rúcula (*Eruca sativa* L.) pertencem a um grupo de vegetais mais indicados por médicos e nutricionistas como parte imprescindível para uma alimentação saudável, pois contêm vitaminas, sais minerais e fibras alimentares (Ferro et al., 2012). O consumo dessas hortaliças folhosas atende bem a essas necessidades, visto que seu consumo contribui para a boa manutenção do organismo humano.

A produção de hortaliças de qualidade próxima aos grandes centros urbanos tem sido realizada em boa parte pelo cultivo hidropônico. Na hidroponia é possível fornecer os nutrientes minerais de forma mais eficiente e de acordo com as exigências de cada cultura. A alface é a hortaliça mais produzida na hidroponia. Em sua composição, podem-se encontrar vitaminas A, B1, B2 e C, além de sais de cálcio e ferro (Sousa et al., 2007). Segundo dados da Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo, cada paulistano consome média dois quilos de alface por ano, o que representa 40% dos seus gastos totais com hortaliça (CEAGESP, 2015).

A rúcula também é uma opção interessante para o cultivo em hidroponia. Ela possui folhas de sabor picante, sendo rica em vitaminas C e A, potássio, enxofre, ferro e cálcio (Borges et al., 2014). Essa hortaliça, desde o final da década de 1990, vem conquistando seu espaço gradativamente, sendo consumida em saladas cruas e até em tradicionais pizzas. Para o Estado do Espírito Santo, observou-se interesse crescente pelo consumo de rúcula. Em 2013, foram ofertadas 64,8 toneladas pelas unidades Centrais de Abastecimento do Espírito Santo, enquanto em 2015 observou-se um aumento de oferta de 70,2%, sendo ofertadas cerca de 110,3 toneladas de rúcula (CEASA, 2016).

A rúcula e a alface apresentam ciclos vegetativos parecidos, obtendo-se plantas comerciais aproximadamente trinta dias após o transplantio. Produzidas ao longo do ano, sua oferta é constante para o mercado consumidor. Comparadas às outras hortaliças, possuem preço relativamente baixo, levando-se em conta as vantagens que o consumo propicia ao organismo humano. Essas vantagens estão ligadas ao fornecimento de baixas calorias associadas à sua composição nutricional.

Os nutrientes, assim como são necessários ao organismo humano, desenvolvem papel importante no metabolismo dos vegetais. Em relação ao metabolismo do Fe na planta, este elemento tem como principal função a formação de complexos, ativação de enzimas atuando como grupo prostético e participação em sistemas redox; atua também na biossíntese da clorofila. Quando em deficiência, as folhas tornam-se cloróticas e às vezes de cor branca; em casos mais avançados, pode ocorrer amarelecimento total, seguido de necrose nos bordos do limbo e consequente desfolha total das plantas (Martinez & Clemente, 2011). Como consequência são observados danos à produção que ocasionam menor retorno financeiro ao produtor.

No organismo humano, o Fe é importante nos processos de crescimento e desenvolvimento, principalmente no período da infância e durante a gestação; contribui para a saúde mantendo em equilíbrio as funções do organismo; ajuda no aumento da capacidade física e mental e, conseqüentemente, da aprendizagem e da capacidade produtiva (Brasil, 2007).

Quando em deficiência, provoca a anemia, consequência mais grave da deficiência de ferro.

Apesar de alguns trabalhos desenvolvidos para identificar alimentos com potencial absorção de ferro, para a cultura da alface e da rúcula as informações ainda são escassas. Assim, em função das vantagens que essas hortaliças trazem à saúde, os estudos nutricionais tornam-se importantes em virtude do aumento do consumo de rúcula e do consumo habitual da alface. Portanto, objetivou-se avaliar o desempenho da alface e da rúcula com doses crescentes de ferro na solução nutritiva.

## 2 Material e Métodos

Os experimentos foram realizados no período de 09/04/2015 a 29/05/2015, em estufa agrícola localizada na área experimental da Universidade Federal do Espírito Santo – Campus São Mateus, Espírito Santo, com latitude de 18°40'32"S, longitude de 80 39°51'39"W e altitude de 37,7m acima do mar. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é seco subúmido, com temperaturas médias no verão de 25° a 30 °C e no inverno de 19° a 21 °C, com precipitação média anual de 1400 e 1500 mm. (Alvares et al., 2013).

Os experimentos foram instalados simultaneamente, sendo o tempo de condução dos cultivos diferente entre as espécies. A alface foi conduzida até os 30 dias após o transplantio (DAT), e a rúcula, conduzida até os 27 DAT.

As mudas de alface, cultivar Vitória de Santo Antão (manteiga), e rúcula, cultivar Rococó, foram produzidas em ambiente protegido, em bandeja de poliestireno expandido de 128 células, preenchidas com substrato agrícola comercial Bioplant®. Foram semeadas três sementes por célula, e seis dias após a emergência foi realizado o desbaste. Até a emergência completa foram irrigadas uma vez ao dia com água destilada; após a emergência foram irrigadas com solução nutritiva a 1,0 força iônica (Fernandes et al., 2002). A irrigação foi realizada adicionando-se um volume de 15 mL de solução, o suficiente para saturar o substrato. Transcorridos 20 dias após a semeadura, as plantas foram selecionadas, as raízes foram lavadas em água corrente e transplantadas para vasos plásticos com capacidade para 10 litros de solução nutritiva (Fernandes et al., 2002). Os vasos utilizados foram pintados com tinta alumínio para impedir a entrada de luz, o crescimento de algas e evitar o aquecimento da solução. Os recipientes foram arranjados de modo a obter espaçamento de 0,22 m entre plantas e entre fileiras.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com cinco tratamentos e seis repetições. Os tratamentos foram representados por concentrações crescentes de Fe: 45 (controle), 90; 135; 180; 225  $\mu\text{mol.L}^{-1}$ . Foi utilizada como base a solução nutritiva número 01 de Fernandes et al. (2002), contendo para macronutrientes as concentrações de 13,6; 1,0; 7,0; 4,48; 2,5 e 3,5  $\text{mmol.L}^{-1}$  de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente. E para micronutrientes as concentrações de 32; 46; 2; 0,9; e 0,2  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  para Mn, B, Zn, Cu e Mo, respectivamente. Para a cultura da alface, cada parcela foi constituída por um vaso contendo uma planta e, para a rúcula, por um vaso contendo três plantas. Para sustentar as plantas, foram utilizadas tampas confeccionadas de placas de isopor. Cada tampa possuía orifícios para o encaixe das espumas, as

quais serviram de suporte e proteção para as plantas. Um dos orifícios foi utilizado para passar a mangueira de oxigenação. A oxigenação da solução nutritiva foi feita por compressor de ar regulado com timer, ficando 15 minutos ligados por hora.

O pH da solução foi monitorado e ajustado à faixa de 5,5 a 6,5 utilizando-se HCl ou NaOH a 0,1 N. Para reposição dos nutrientes, com base na redução da condutividade elétrica, admitiu-se até 20% de depleção. Durante o experimento, a evapotranspiração de cada vaso foi monitorada e a reposição de água foi realizada admitindo-se uma redução máxima em torno de 20% do volume inicial do vaso.

As plantas de alface atingiram ponto de colheita aos 30 dias após o transplante (DAT), quando foram realizadas avaliações biométricas. Os parâmetros fitotécnicos avaliados foram: diâmetro da cabeça (DCAB), número de folhas (NF), comprimento do caule (CCA), volume de raiz (VR), massa de matéria fresca da parte aérea (MFP) e das raízes (MFR) e massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) e das raízes (MSR). Aos 27 DAT foram realizadas avaliações biométricas da rúcula. Os parâmetros fitotécnicos avaliados foram: altura da planta (A), número de folhas (NF), massa de matéria fresca da parte aérea (MFPA) e das raízes (MFR), volume de raiz (VR) e massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) e das raízes (MSR).

A altura das plantas foi determinada com auxílio de uma régua, a partir do nível da tampa até a extremidade da folha mais alta, expressa em centímetros. Para determinação das matérias fresca e seca, utilizou-se balança analítica com três casas decimais. O volume da raiz foi calculado pelo método da proveta, colocando-se as raízes em proveta graduada, contendo um volume conhecido de água. Pela diferença entre o volume inicial e o final, após colocação das raízes, obteve-se o volume. Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão, utilizando-se o programa Genes (Cruz, 2013).

### 3 Resultados e Discussão

As avaliações biométricas realizadas nas culturas da alface e da rúcula responderam ao aumento da concentração de ferro com equações lineares e decrescentes (Figuras 1 e 2).

A massa de matéria fresca da parte aérea da alface e da rúcula foi influenciada negativamente pelo o aumento da concentração de Fe. Para alface, observou-se na concentração de 180  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  de Fe um valor de 41,35 g/planta, que comparado ao valor do controle, 45  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  de Fe, que produziu 250,53 g/planta, representaria uma redução de 83,50% na produção de matéria fresca. Pela equação, na concentração de 206,48  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  de Fe na solução, não mais se observa a produção de matéria fresca (Figura 1a). Resultados próximos aos observados no tratamento controle (45  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  de Fe) foram obtidos por Sediyama et al. (2009) com 241,7 g/planta e por Patekoski & Pires-Zottarelli (2010), que obtiveram o valor de 182,80 g/planta, em alface cultivada em hidroponia.

Em relação à rúcula, verificou-se na maior concentração de Fe (225  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  de Fe) comparado ao controle (45  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  de Fe), uma redução da massa de matéria fresca de 67,86% (Figura 2a). O valor de 50,0 g/planta de matéria fresca obtido pelo controle está próximo aos encontrados na literatura. Tondo et al. (2013), trabalhando com extrato de folhas de pinhão-mansão, encontraram para a cultura da rúcula no tratamento controle um valor de

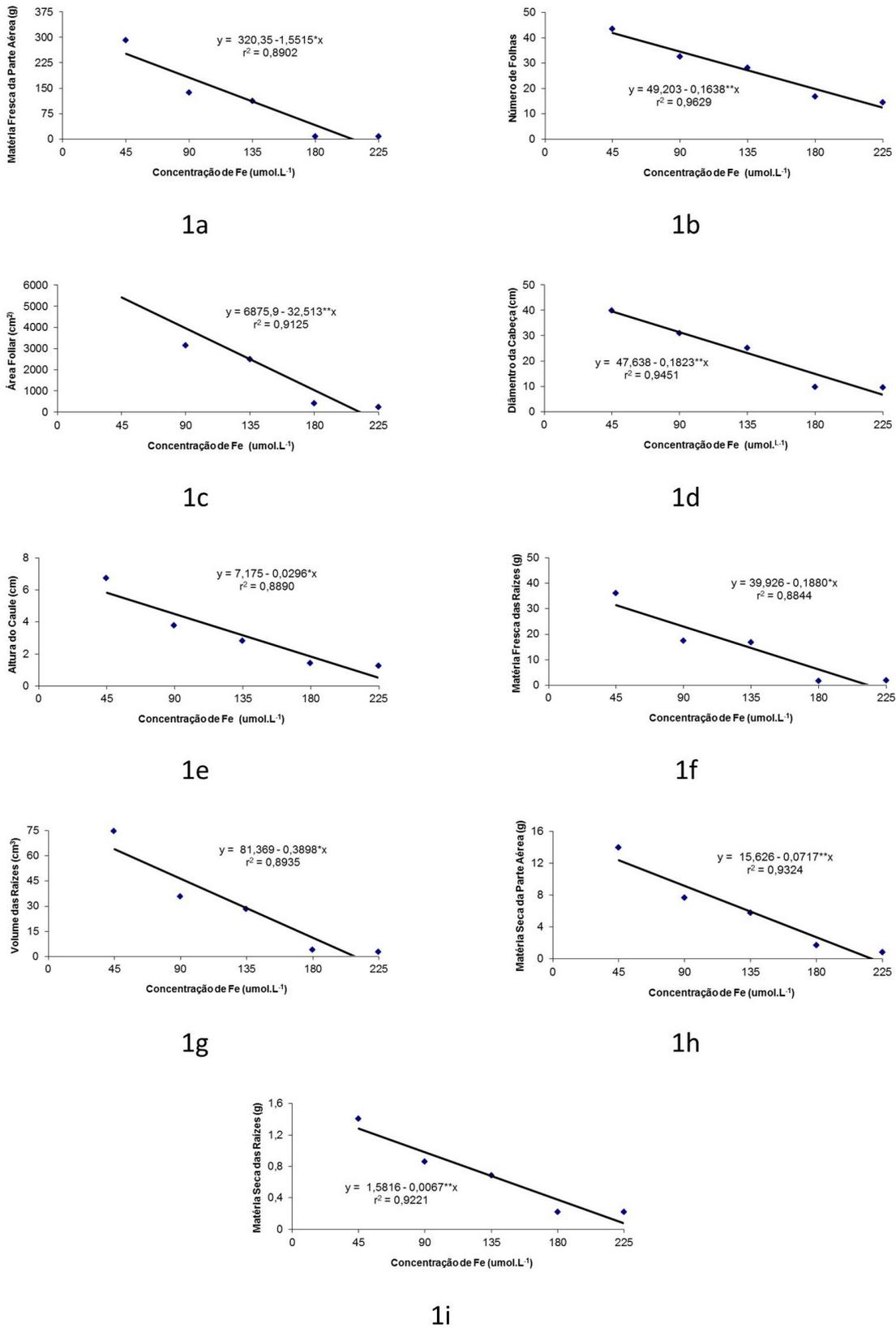
45 g de matéria fresca por planta. O ferro é um micronutriente essencial para o crescimento e desenvolvimento normal das plantas. Assim, tanto a deficiência quanto o excesso de ferro podem causar disfunções nutricionais e afetar a fisiologia das plantas (Adamski et al., 2011).

Quanto ao número de folhas por vaso (NF), observou-se no tratamento controle 41,83 folhas para a alface e 21,59 folhas para a rúcula. Esse valor reduziu com o aumento da concentração de Fe na solução nutritiva, para as duas culturas. A redução do número de folhas na maior concentração de Fe (225  $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) foi de 70,48% e 38,68% para alface e rúcula, respectivamente (Figuras 1b e 2b). Nas concentrações de 90, 135 e 180  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  de ferro, o número de folhas observado para alface e rúcula foi 34,46; 27,09; 19,72 e 19,50; 17,42; 15,33, respectivamente. Considerando os valores observados para alface, verifica-se que estão acima das médias observadas por Queiroz et al. (2014), que trabalharam com diferentes cultivares de alface e épocas de plantio, no verão. Estes autores obtiveram médias de 17,15 folhas por planta. O maior número de folhas, obtido neste trabalho, pode ser justificado pelo sistema de plantio, visto que em sistemas hidropônicos, os nutrientes estão disponíveis para as planta em quantidade suficiente durante o ciclo, podendo a planta expressar seu máximo desempenho vegetativo. A redução do NF na alface e na rúcula com o aumento da concentração de Fe corrobora com os resultados de Jucoski et al. (2013) que trabalharam com a toxidade de Fe em pitanga e obtiveram menor número de folhas com o aumento da concentração de Fe.

Além da diminuição do NF nas plantas submetidas à alta concentração de Fe, a alface e rúcula cultivada na concentração de 225  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  de Fe apresentaram sintomas de toxidez. Nas folhas mais velhas foram verificadas pontuações bronzeadas, que se iniciavam na ponta da folha e, com o passar dos dias, foram se alastrando até a base, levando à abscisão foliar. As médias das concentrações de Fe observadas nas folhas da alface e da rúcula não apresentaram diferença significativa ao nível de 5% de significância pelo teste F. Considerando a alface e a rúcula, os valores foliares observados na concentração de 225  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  de Fe foram 90,00 e 104,55  $\text{mg.kg}^{-1}$ , respectivamente. As concentrações de Fe na planta variam entre 10 e 1500  $\text{mg.kg}^{-1}$  de massa de matéria seca, dependendo da parte da planta e da espécie, considerando-se concentrações entre 50 e 100  $\text{mg.kg}^{-1}$  como adequadas para um crescimento normal da planta, sendo que em alguns casos acima de 80  $\text{mg.kg}^{-1}$  podem-se observar sintomas de toxicidade (Dechen & Nachtigall, 2006).

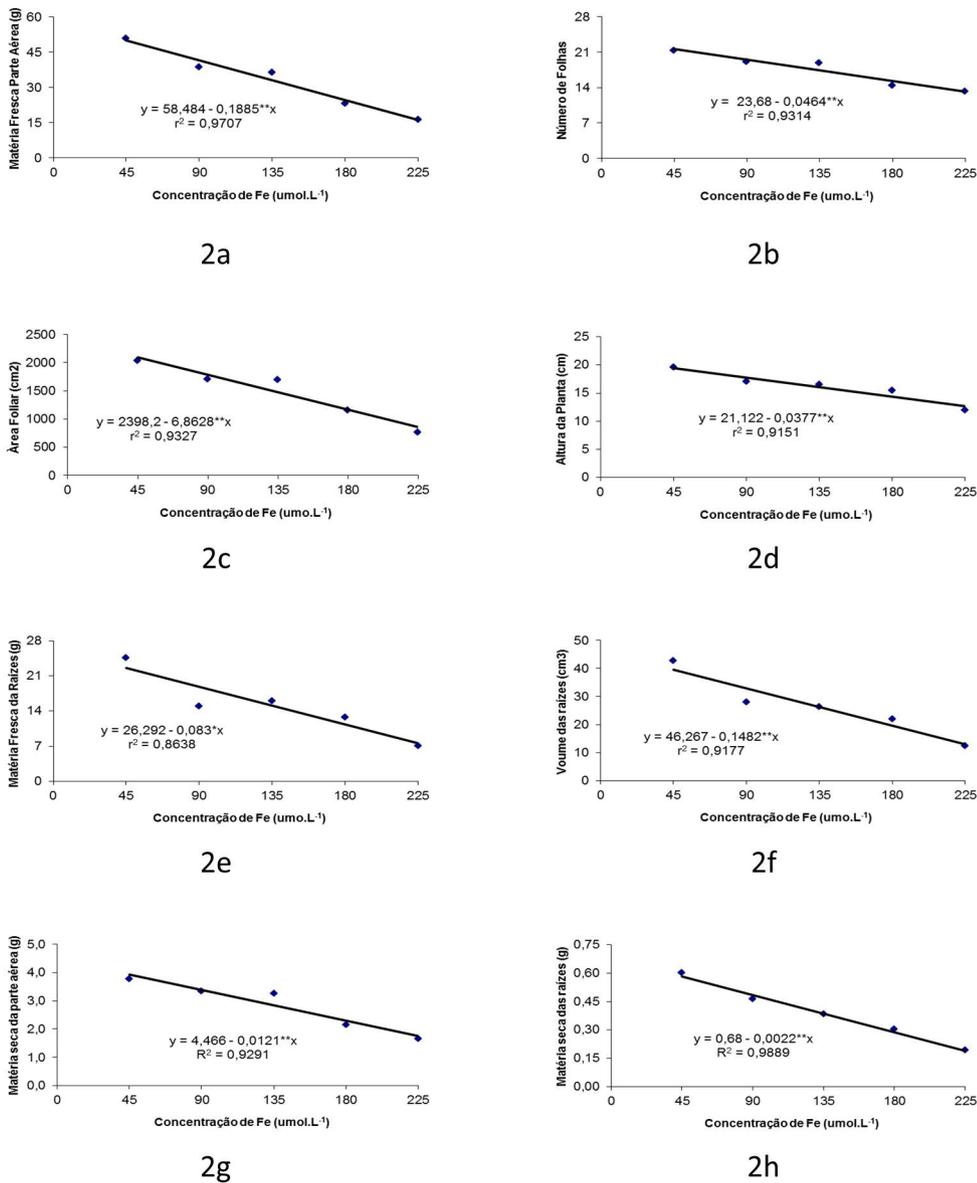
Resultados semelhantes de intoxicação foram observados em folhas de ervilha cultivadas em solução nutritiva com 900  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  de Fe (Suh et al., 2002), em *Ipomoea pés-caprae* cultivadas em solução com 2000  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  de Fe (Carli, 2008) e em folhas de pitanga por Jucoski et al. (2013), que observou concentrações foliares de Fe de 229,5  $\text{mg.kg}^{-1}$ . A presença desses sintomas é ocasionada pela toxidez direta do Fe, que favorece o estresse oxidativo (Suh et al., 2002). Os sintomas de toxidez são ocasionados provavelmente pela formação de agentes oxidantes nos espaços intercelulares que reagem com os componentes da parede celular e das membranas plasmáticas (Pell et al., 1994).

Em relação à área foliar, tanto a alface quanto a rúcula apresentaram no tratamento controle, 5412,82  $\text{cm}^2$  planta<sup>-1</sup>



**Figura 1.** Dados biométricos da alface cultivada em hidroponia com diferentes concentrações de ferro. São Mateus, CEUNES/UFES, 2015. \*\* e \* Significativo a  $p < 0,01$  e  $p < 0,05$  pelo teste t, respectivamente.

**Figure 1.** Biometric data of the lettuce grown in hydroponics with different concentrations of iron. São Mateus, CEUNES / UFES, 2015. \*\* and \* Significant at  $p < 0.01$  and  $p < 0.05$  by the t test, respectively.



**Figura 2.** Dados biométricos da rúcula cultivada em hidroponia com diferentes concentrações de ferro. São Mateus, CEUNES/UFES, 2015. \*\* e \* Significativo a  $p < 0,01$  e  $p < 0,05$  pelo teste t, respectivamente.

**Figure 2.** Biometric data of the arugula grown in hydroponics with different concentrations of iron. São Mateus, CEUNES / UFES, 2015. \*\* and \* Significant at  $p < 0.01$  and  $p < 0.05$  probability by the t test, respectively.

e 2089,37 cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>, respectivamente, (Figuras 1c e 2c). Para alface, observou-se que na concentração de 211,48 µmol.L<sup>-1</sup> de Fe, à semelhança da matéria fresca, não seria possível verificar área foliar em função de a projeção da reta chegar ao valor zero (Figura 1c). Para a rúcula, ocorreu redução de 59,12% na área foliar comparando a maior concentração de Fe com o controle. A redução da área foliar, observada na alface e rúcula corrobora com os resultados de Adamski et al. (2011), os quais também observaram declínio da área foliar com o aumento da concentração de Fe em plantas de batata-doce. A área foliar é fundamental para a produção de fotoassimilados e posteriormente distribuição e acúmulo de fitomassa (Taiz & Zeiger, 2013). Assim, os tratamentos que atingiram maior área foliar foram os que obtiveram também o maior acúmulo de fitomassa fresca.

Considerando a característica diâmetro de cabeça da alface, observaram-se para as concentrações de 45, 90, 135, 180 e 225 µmol de Fe os valores de 39,43; 31,23; 23,03; 14,82 e 6,62 cm, respectivamente (Figura 1d). Com exceção do último valor de diâmetro de 6,62 cm, os demais valores estão dentro do que é observado na literatura. No desempenho de cultivares de alface cultivados com telas de sombreamento, foram observados diâmetros de 13 a 26,25 cm (Ricardo et al., 2014). Em estudo com variação do ambiente de cultivo sob telado ou em ambiente aberto, foram registrados valores de diâmetro entre 28,58 e 32,49 cm (Diamante et al., 2012), e em consórcio de alface, cenoura e rabanete os valores observados foram entre 30,7 e 35,5 cm (Salgado et al., 2006). Assim, observa-se que além da concentração de Fe, outros fatores externos também podem influenciar o diâmetro da alface, sendo que na planta o aumento do diâmetro está associado à maior produtividade (Nodari et al., 2013).

Os valores observados para altura do caule da alface na concentração controle (45 µmol.L<sup>-1</sup> de Fe) foi de 5,84 cm, enquanto na maior concentração (225 µmol.L<sup>-1</sup> de Fe) foi de apenas 0,52 cm (Figura 1e). Em trabalho com cultivares de alface em hidroponia, foi observado para cultivar Regina o menor valor para altura do caule de 7,14 cm (Fernandes et al., 2002), valor próximo ao observado neste trabalho. A altura do caule da alface é importante indicador da maior ou menor resistência do genótipo ao florescimento prematuro apresentando elevada correlação genotípica com a matéria fresca de folhas (Lédo et al., 2009). Assim, verifica-se que no tratamento com menor valor de altura do caule também observa-se menor desenvolvimento da parte aérea. O Fe é nutriente essencial para o crescimento da planta, mas em excesso prejudica seu desenvolvimento (Dechen & Nachtigall, 2006).

Durante o experimento conduzido no período do outono, as temperaturas mínimas ficaram entre 17,0 e 21,9 °C e máximas entre 24,0 e 31,6 °C. Não foi observado alongamento do caule em nenhuma planta que pudesse evidenciar pendoamento e emissão de hastes florais. Em temperaturas elevadas, o caule pode se tornar o dreno principal dos nutrientes para um possível pendoamento das plantas. Quando isso ocorre, uma menor fração da fitomassa é destinada para as folhas, prejudicando o crescimento em área foliar (Caron et al., 2004).

Para a rúcula, foi avaliada altura de planta, onde se observou redução de 34,94% na maior concentração de Fe comparada ao tratamento controle, o qual apresentou maior altura 19,42 cm (Figura 2d).

A massa de matéria fresca da raiz (MFR) e o volume de raiz (VR) da alface e da rúcula também foram influenciadas negativamente pelo aumento da concentração de Fe. Para a alface, na concentração de 180 µmol.L<sup>-1</sup>, houve redução de 80,56% para MFR e de 82,44% para VR, em comparação com o controle (Figuras 1f e 1g). Para rúcula, considerando a concentração de 225 µmol.L<sup>-1</sup>, em comparação ao controle, foi observada redução de 66,24% para MFR e de 67,31% para VR (Figuras 2e e 2f).

A produção de massa de matéria seca da parte aérea e da raízes da alface diminuíram com o aumento da concentração de Fe em solução, chegando a massa de matéria seca da parte ao valor zero na concentração de 217,80 µmol.L<sup>-1</sup> de Fe (Figura 1h). A massa de matéria seca da raiz reduziu 94,21% na maior concentração de Fe comparada ao tratamento controle (Figura 1i).

Considerando a massa de matéria seca da parte aérea e das raízes da rúcula, observa-se que também ocorreu decréscimo dos valores com ao aumento da concentração de Fe. Comparando o tratamento de maior concentração de Fe (225 µmol.L<sup>-1</sup>) com o controle, observa-se redução de 55,54% e 68,16%, respectivamente, para as duas características (Figuras 2g e 2h).

Os efeitos negativos do aumento da concentração de Fe sobre o acúmulo de matéria seca da parte aérea também foram observados em outras espécies. Audebert & Sahrawat (2000) observaram redução na matéria seca do arroz como efeito da toxidez do ferro, sendo que a concentração nas folhas chegou até 1000 mg.kg<sup>-1</sup>; Adamski et al. (2011) em plantas de batata-doce com concentrações na solução nutritiva de até 9.000 µmol.L<sup>-1</sup>.

Os decréscimos observados na produção da matéria seca das raízes na alface e da rúcula, com o aumento da concentração de Fe, corroboram com os resultados observados em café conilon por Campos (2014) e em batata-doce por Adamski et al. (2011). Além disso, Jucoski et al. (2013), trabalhando com a toxicidade de Fe em pitanga, observaram que, à medida que foi aumentada a concentração de Fe, o alongamento radicular e o comprimento da raiz primária diminuíram.

Verificaram-se nas plantas de alface submetidas à maior concentração de Fe (225 µmol.L<sup>-1</sup>), além da redução no desenvolvimento das raízes, coloração escurecida comparada às raízes da planta do tratamento controle. O escurecimento das raízes segundo Silva (2009) é um indicativo da deposição de óxido de Fe nas raízes.

## 4 Conclusões

O aumento da concentração de ferro em solução nutritiva acima de 45 µmol.L<sup>-1</sup> reduz o desenvolvimento da alface Vitória de Santo Antão e da rúcula Rococó.

Para a produção da alface Vitória de Santo Antão e da rúcula Rococó em sistema hidropônico, recomenda-se a concentração de 45 µmol.L<sup>-1</sup> de Fe.

## Referências

ADAMSKI, J. M.; PETERS, J. A.; DANIELOSKI, R.; BACARIN, M. A. Excess ironinduced changes in the photosynthetic characteristics of sweet potato. *Journal of Plant Physiology*, v. 168, n. 17, p. 2056-2062, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jplph.2011.06.003>.

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.
- AUDEBERT, A.; SAHRAWAT, K. L. Mechanisms for iron toxicity tolerance in lowland rice. *Journal of Plant Nutrition*, v. 23, n. 11-12, p. 1877-1885, 2000. <http://dx.doi.org/10.1080/01904160009382150>.
- BORGES, C. T.; DEUNER, C.; RIGO, G. A.; OLIVEIRA, S.; MORAES, D. M. O estresse salino afeta a qualidade fisiológica de sementes de rúcula? *Enciclopédia Biosfera*, v. 10, n. 19, p. 1049-1057, 2014.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Fundo das Nações Unidas para a Infância – Unicef. *Carências de micronutrientes*. Brasília, 2007. 60 p. (Cadernos de Atenção Básica, Série A. Normas e Manuais Técnicos).
- CAMPOS, L. M. *Respostas de café conilon à concentração de ferro*. 2014. 46 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal)-Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014.
- CARLI, V. G. *Avaliações fisiológicas, bioquímicas e histoquímica de Ipomoea pes-caprae cultivada em diferentes concentrações de ferro*. 2008. 48 f. Dissertação (Mestrado em Botânica)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.
- CARON, B. O.; POMMER, S. F.; SCHMIDT, D.; MANFRON, P. A.; MEDEIROS, S. L. P. Crescimento da alface em diferentes substratos. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v. 3, n. 2, p. 97-104, 2004.
- CENTRAL DE ABASTECIMENTO DO ESPÍRITO SANTO – CEASA. *Filtro oferta de produto: série histórica dos últimos cinco anos*. Cariacica, 2016. Disponível em: <<http://www.ceasa.es.gov.br>>. Acesso em: 9 jun. 2016.
- COMPANHIA DE ENTREPOSTOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO – CEAGESP. *Alface*. São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://www.ceagesp.gov.br/produtos/produtos/alface>>. Acesso em: 15 jan. 2015.
- CRUZ, C. D. GENES: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum: Agronomy*, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013. <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v35i3.21251>.
- DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M. S. *Nutrição mineral de plantas*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 326-354.
- DIAMANTE, M. S.; SEABRA JÚNIOR, S.; INAGAKI, A. M.; SILVA, M. B.; DALLACORT, R. Produção e resistência ao pendoamento de alfaces tipo lisa cultivadas sob diferentes ambientes. *Revista Ciência Agronômica*, v. 44, n. 1, p. 133-140, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902013000100017>.
- FERNANDES, A. A.; MARTINEZ, H. E. P.; PEREIRA, P. R. G.; FONSECA, M. C. M. Produtividade, acúmulo de nitrato e estado nutricional de cultivares de alface, em hidroponia, em função de fontes de nutrientes. *Horticultura Brasileira*, v. 20, n. 2, p. 195-200, 2002. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362002000200016>.
- FERRO, J. J. B.; COSTA-CRUZ, J. M. C.; BARCELOS, I. S. C. Avaliação parasitológica de alfaces (*Lactuca sativa*) comercializadas no município de Tangará da Serra, Mato Grosso, Brasil. *Revista de Patologia Tropical*, v. 41, p. 47-54, 2012.
- JUCOSKI, G. O.; CAMBRAIA, J.; RIBEIRO, C.; OLIVEIRA, J. A.; PAULA, S. O.; OLIVA, M. A. Impact of iron toxicity on oxidative metabolism in young *Eugenia uniflora* L. plants. *Acta Physiologicae Plantarum*, v. 35, n. 5, p. 1645-1657, 2013. <http://dx.doi.org/10.1007/s11738-012-1207-4>.
- LÉDO, F. J. S.; CASALI, V. W. D.; CRUZ, C. D.; LÉDO, C. A. S. Capacidade de combinação em cultivares de alface com base em características agronômicas. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 25, n. 4, p. 831-839, 2009.
- MARTINEZ, H. P.; CLEMENTE, J. M. *O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa*. 1. ed. Viçosa: UFV, 2011. 76 p.
- NODARI, I. D. E.; NEVES, J. F.; SILVA, L. B.; DIAS, L. D. E.; SEABRA JUNIOR, S. Desempenho produtivo e tolerância ao pendoamento de cultivares de alface tipo mimosa em Cáceres-MT. *Enciclopédia Biosfera*, v. 9, n. 17, p. 1020-1029, 2013.
- PATEKOSKI, K. S.; PIRES-ZOTTARELLI, C. L. A. Patogenicidade de *Pythium aphanidermatum* a alface cultivada em hidroponia e seu biocontrole com *Trichoderma*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 45, n. 8, p. 805-810, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2010000800005>.
- PELL, E. J.; ECKARDT, N. A.; GLICK, R. E. Biochemical and molecular basis for impairment of photosynthesis potential. *Photosynthesis Research*, v. 39, n. 3, p. 453-462, 1994. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00014598>.
- QUEIROZ, J. P. S.; COSTA, A. J. M.; NEVES, L. G.; SEABRA JUNIOR, S.; BARELLI, M. A. A. Estabilidade fenotípica de alfaces em diferentes épocas e ambientes de cultivo. *Revista Ciência Agronômica*, v. 45, n. 2, p. 276-283, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902014000200007>.
- RICARDO, A. S.; VARGAS, P. F.; FERRARI, S.; PAVARINI, G. M. P. Telas de sombreamento no desempenho de cultivares de alface. *Nucleus*, v. 11, n. 2, p. 433-442, 2014.
- SALGADO, A. S.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. D.; RIBEIRO, R. D. L. D.; ESPINDOLA, J. A. A.; SALGADO, J. A. D. A. Consórcios alface-cenoura e alface-rabanete sob manejo orgânico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 41, n. 7, p. 1141-1147, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2006000700010>.
- SEDIYAMA, M. A. N.; PEDROSA, M. W.; SALGADO, L. T.; PEREIRA, P. C. Desempenho de cultivares de alface para cultivo hidropônico no verão e no inverno. *Científica*, v. 37, n. 2, p. 98-106, 2009.
- SILVA, A. I. S. *Morfoanatomia e composição mineral de raízes de duas espécies de restinga submetidas ao excesso de ferro*. 2009. 57 f. Dissertação (Mestrado em Botânica)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.
- SOUZA, C. S.; BONETTI, A. M.; GOULART FILHO, L. R.; MACHADO, J. R. A.; LONDE, L. N.; BAFFI, M. A.; RAMOS, R. G.; VIEIRA, C. U.; KERR, W. E. Divergência genética entre genótipos de alface por meio de marcadores AFLP. *Bragantia*, v. 66, n. 1, p. 11-16, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052007000100002>.
- SUH, H. J.; KIM, C. S.; LEE, J. Y.; JUNG, J. Photodynamic effect of iron excess on photosystem II function in pea plants. *Photochemistry and Photobiology*, v. 75, n. 5, p. 513-518, 2002. [http://dx.doi.org/10.1562/0031-8655\(2002\)075<0513:PEOIEO>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1562/0031-8655(2002)075<0513:PEOIEO>2.0.CO;2).
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.
- TONDO, W. L.; GURGACZ, F.; SANTOS, R. F. Cultivo da rúcula com influência do extrato de folhas de pinhão manso. *Brazilian Journal of Biosystems Engineering*, v. 7, n. 2, p. 112-117, 2013.

**Contribuição dos autores:** Luciene Laurett: condução do experimento e redação científica; Adriano Alves Fernandes: revisão do conteúdo, interpretação dos dados estatísticos e redação científica; Edilson Romais Schimdt: interpretação dos dados estatísticos e discussão do artigo; Camila Pinto de Almeida: condução do experimento, coleta dos dados e discussão do artigo; Maria Luiza Pereira Barbosa Pinto: condução do experimento, coleta dos dados e discussão do artigo.

**Agradecimentos:** Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudo.

**Fonte de financiamento:** CAPES.

**Conflito de interesse:** Os autores declaram não haver conflito de interesse.