

CONCENTRAÇÕES DE FERRO NA SOLUÇÃO NUTRITIVA SOBRE PLANTAS DE RÚCULA CULTIVADAS EM HIDROPONIA – NFT.

Daniel de Sordi, Arthur Bernardes Cecílio Filho, Rodrigo Luiz Cavariani, Flavia Manduca Ferreira – Inter-áreas – Agronomia – Departamento de Produção Vegetal – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal.

Atualmente, o cultivo hidropônico de hortaliças no Brasil é representado, em quase sua totalidade, pela cultura da alface. Esta cultura, muito rentável no período de novembro a março, tem baixa rentabilidade no período complementar, podendo ser parcial ou totalmente substituída pela cultura da rúcula, (*Eruca sativa* Mill) seja pela semelhança à alface no que se refere às instalações e manejo de cultivo hidropônico requeridas, seja por apresentar preços médios superiores ao da alface durante o ano. No Brasil, o sistema de cultivo hidropônico mais usado é o “Nutrient Film Technique” (NFT), ou seja, a técnica do fluxo laminar de nutrientes. Uma das grandes dificuldades para o manejo do sistema hidropônico é quanto ao adequado balanceamento da solução nutritiva e, conseqüentemente, da boa nutrição da planta, especialmente em micronutrientes. Entre eles, destaca-se o ferro que possui função nos processos de respiração, da fotossíntese, na assimilação e fixação biológica de nitrogênio (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

O experimento foi conduzido no período de maio a junho de 2005, em sistema hidropônico, NFT, na UNESP, *Campus* de Jaboticabal, no Setor de Olericultura e Plantas Aromático-Medicinais, situada a 21°15'22" latitude Sul, 48°18'58" longitude Oeste, e altitude de 575 metros. O experimento foi instalado sob delineamento de blocos casualizados, com esquema fatorial 4 x 2, sendo quatro concentrações de ferro na solução nutritiva (0,9; 2,7; 8,3; e 25 mg L⁻¹) e cultivar (Cultivada e Folha Larga).

A semeadura foi realizada em placas de espuma fenólica com células 2 x 2 x 2 cm.. Aos 10 dias após a da semeadura (DAS), foram transferidas para a bancada denominada “berçário”. Na qual a solução nutritiva circulante continha a menor concentração de ferro em avaliação. Aos 20 DAS, foram transplantadas para os canais de cultivo definitivo. O espaçamento utilizado (centro a centro) foi de 15 cm entre canais por 7,5 cm entre plantas. As concentrações de Fe (tratamentos) foram aplicadas no momento do transplante para os canais de cultivo definitivo. Sendo a solução nutritiva acondicionada em reservatórios plásticos com as seguintes concentrações 180, 40; 220; 127,5; 40; 52, 5, 1,85; 0,19; 1,70; 1,15 e 0,13, respectivamente, de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, B, Cu, Mn, Zn e Mo mg L⁻¹. Os valores de pH das soluções foram mantidos entre 5,5 e 6,5 dentro do intervalo recomendado por Furlani (1995), sendo realizada a troca da solução nutritiva a cada sete dias. A condutividade elétrica (C.E.) foi mantida entre 1,8 e 2,1 dS m⁻¹. A solução nutritiva circulava com intermitência e vazão de 0,75 L minuto⁻¹.

Foram avaliadas: a) altura de plantas a partir da cobertura de poliestireno expandido (isopor) (cm); b) número de folhas por planta na época de aplicação dos tratamentos (EAT) e a cada 4 dias após a (EAT) até a colheita; c) avaliação da produtividade (kgm⁻²), foi realizada em única data, sendo essa determinada pelo melhor tratamento; d) massa da matéria fresca (avaliada às 5 horas da manhã); e) matéria seca da parte aérea (g planta⁻¹), sendo realizada somente na colheita final e na época em que se observou os sintomas visuais de deficiência e de toxicidade de Fe; f) Teores de micronutrientes: foram determinados os teores de Cu, Fe, Mn e Zn na matéria seca da partes aérea;. Os dados coletados foram submetidos à análise de variância (teste F), seguindo-se o delineamento experimental. As cultivares foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Realizou-se análise de regressão e correlação dos dados relativos ao fator concentração de ferro na solução nutritiva com a utilização do programa ESTAT.

A altura de plantas aos 4, 8, 12, 16, 20, 24 e 28 dias após o transplante (DAT) para os canais de cultivo definitivo, foi influenciada significativa e isoladamente pelo o fator concentração de Fe na solução nutritiva. Apenas aos 32 DAT a altura foi influenciada pela interação dos fatores. Plantas mais altas, exceto aos 12 DAT, foram obtidas, respectivamente nas concentrações de 15,5; 16,6; 17,5; 18,4; 12,9; 12,6 e 13,0 mg dm⁻³ de Fe na solução nutritiva (Figura 1).

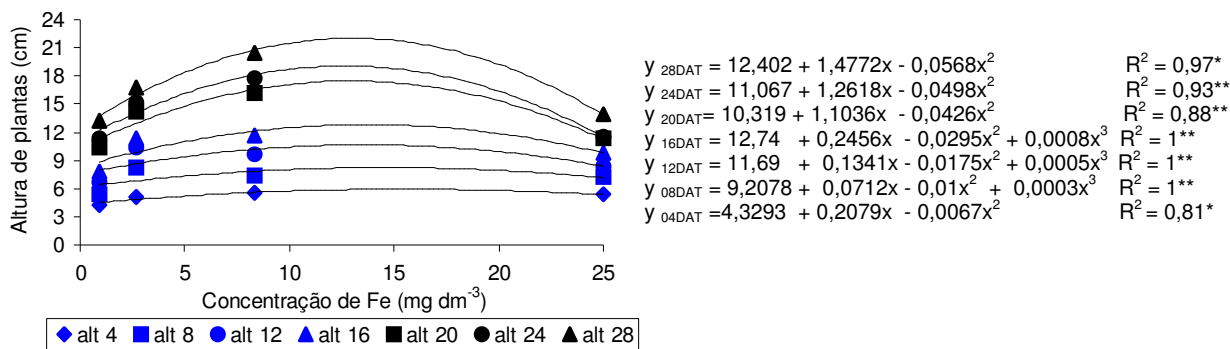


Figura 1. Altura de planta de rúcula das cultivares Cultivada e Folha Larga, cultivadas em sistema hidropônico, NFT, sob concentrações de ferro na solução nutritiva, aos 4, 8, 12, 16, 20, 24 e 28 dias após o transplante para canais de cultivo definitivo.

Aos 32 DAT, verificou-se ajuste quadrático da resposta das cultivares de rúcula ao aumento da concentração de Fe na solução nutritiva, onde as plantas das cultivares Cultivada e Folha Larga, mostraram os máximos valores nas respectivas concentrações de 11,1 e 11,4 mg dm⁻³ de Fe (Figura 2).

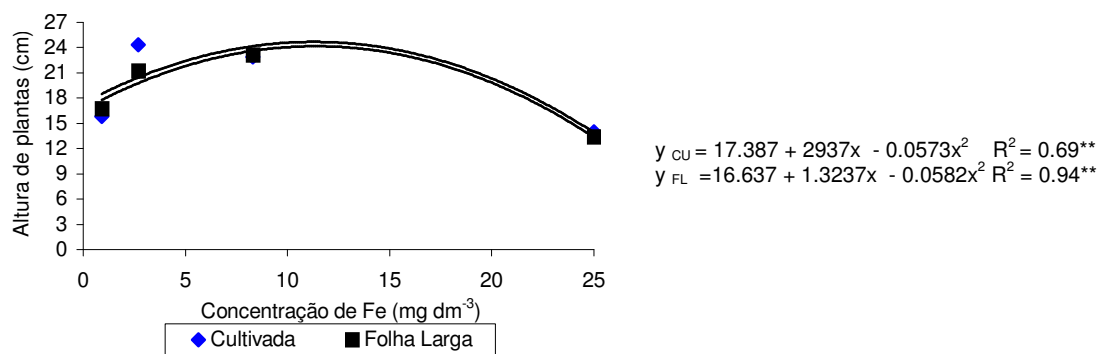


Figura 2. Altura de plantas das cultivares de rúcula, Cultivada (RCU) e Folha Larga (RFL), cultivadas em sistema hidropônico, NFT, sob concentrações de ferro na solução nutritiva, aos 32 dias após o transplante para canais de cultivo definitivo.

O número de folhas por planta de rúcula foi influenciado pela concentração de Fe na solução nutritiva aos 8, 16, 20, 24, 28 e 32 dias após o transplante para os canais de cultivo definitivo. O fator cultivar não afetou o número de folhas em nenhuma destas épocas. Interação significativa dos fatores também não foi constatada. (Tabela 1).

Tabela 1. Valores de F, significâncias e coeficientes de variação para o número de folhas por planta de rúcula aos 4, 8, 12 e 16 dias após o transplante, em função da concentração de Fe na solução nutritiva.

Causas de variação	Valores de F para o número de folhas planta ⁻¹							
	4	8	12	16	20	24	28	32
Cultivar (Cv)	0,41NS	0,17 NS	0,NS	0,01 NS	0,34 NS	0,83 NS	0,17 NS	2,28 NS
Concentração de Fe	2,44 NS	10,42 **	3,59 NS	63,53 **	7,98 **	21,03 **	27,52 **	18,61 **
Cv x Fe	3,19 NS	0,31 NS	0,87 NS	0,18NS	1,55 NS	0,10 NS	1,94 NS	1,62 NS
C.V. (%) parcela	3,44	6,26	17,50	4,67	8,99	8,10	7,85	8,43
C.V.(%) sub parcela	3,51	5,85	21,33	7,37	8,99	11,45	8,13	8,48

** = significativo, respectivamente a 1% de probabilidade pelo teste F.

NS = não significativo a 5 % pelo teste F

O número de folhas por planta, de rúcula ‘Cultivada’ e ‘Folha Larga’ em todas as épocas avaliadas, exceto aos 12 DAT, apresentaram ajuste quadrático em resposta a elevação da concentração de Fe na solução nutritiva de 0,9 a 25 mg dm⁻³. Máxima produção de folhas por planta aos 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28 e 32 dias após o transplante para os canais de cultivo foi obtido, respectivamente, com as seguintes concentrações 13,2; 16,4; 16,5; 14,6; 13,7; 13,1; 13,1; 12,2 mg dm⁻³ de Fe, onde o maior número de folhas por planta, ocorreu aos 32 DAT, respectivamente com o menor valor de concentração de Fe na solução nutritiva (Figura 3). A massa fresca (MFPA) da parte aérea foi influenciada, significativamente somente pela interação de ferro na solução nutritiva. Enquanto a MSPA não sofreu efeito dos fatores avaliados (Tabela 2). Entretanto, as médias de MSPA das cultivares não ajustaram-se a regressão polinomial.

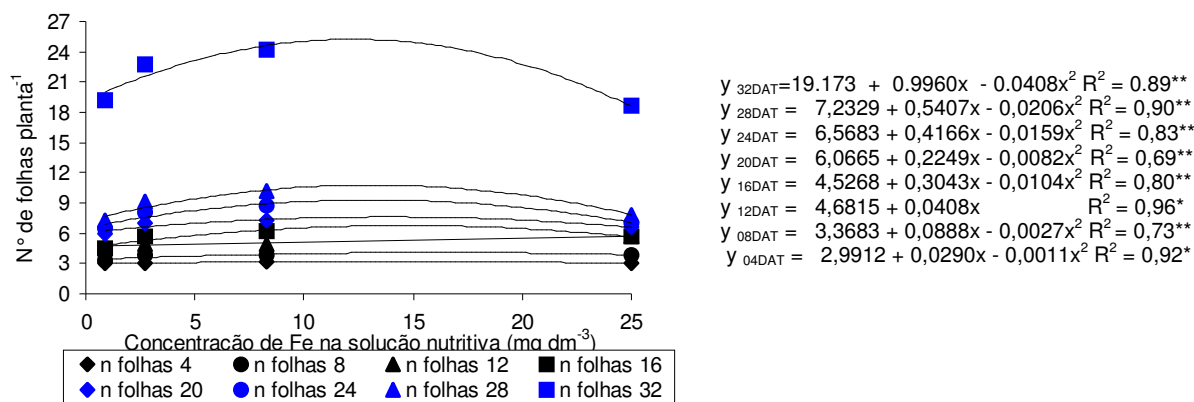


Figura 3. Número de folhas por planta das cultivares de rúcula, cultivadas em sistema hidropônico, NFT, sob concentrações de ferro na solução nutritiva, aos 32 dias após o transplante para canais de cultivo definitivo.

Tabela 2. Valores de F, significâncias e coeficientes de variação para o peso da matéria fresca (MFPA) e seca da parte aérea (MSPA) das cultivares de rúcula, 32 dias após o transplante, em função da concentração de Fe na solução nutritiva e cultivares.

Causas de variação	Valores de F	
	MFPA	MSPA
Cultivar (Cv)	2,18 NS	0,46 NS
Conc. de ferro Fe	0,37 NS	0,40 NS
Cv x Fe	11,77 **	1,52 NS
C.V.(%) parcela	28,17	42,62
C.V.(%) subparcela	40,30	29,62

** = significativo, respectivamente a 1 % de probabilidade pelo teste F.

NS = não significativo a 5 % pelo teste F

Os teores de Fe, Zn, Mn e Cu aos 32 dias após o transplante para os canais de cultivo, somente foram influenciados significativamente e isoladamente pelo fator concentração de ferro na solução nutritiva. Efeito da cultivar não foi constatado, assim como da interação dos fatores (Tabela 3).

Tabela 3. Valores de F, significâncias e coeficientes de variação para os teores de Fe, Zn, Mn e Cu, na matéria seca da parte aérea de rúcula, aos 32 dias após o transplante, em função da concentração de Fe na solução nutritiva e da cultivar.

Causas de variação	Valores F para teores			
	Fe	Zn	Mn	Cu
Cultivar (Cv)	1,66 NS	1,30 NS	2,85 NS	3,20 NS
Concentração de Fe	13,30 **	306,9 **	5,45 *	8,91 *
Cv x Fe	0,23 NS	1,06 NS	0,87 NS	1,9 NS
C.V. (%) parcela	12,72	10,11	6,53	52,19
C.V. (%) subparcela	17,86	6,57	9,53	24,90

* e ** = significativo a nível de 5 e 1% de probabilidade pelo teste F respectivamente.

NS = não significativo a 5 % pelo teste F.

Em resposta ao aumento da concentração de ferro na solução nutritiva, os teor de Ferro na matéria seca da parte aérea da rúcula, aos 32 DAT, elevou-se até 173,7 mg kg⁻¹ e depois estabilizou-se (Figura 4). Por outro lado, Cu e Zn reduziram-se com o incremento de Fe na solução (Figura 23) e, também, pela absorção de Fe verificados anteriormente. Para o teor de Mn, não foi obtido ajuste polinomial as médias observadas. Os teores máximos observados para Cu e Zn, respectivamente de 15,4 e 388,5 mg kg⁻¹, ocorreram em plantas cultivadas com a concentração 0,9 mg dm⁻³ de Fe na solução nutritiva.

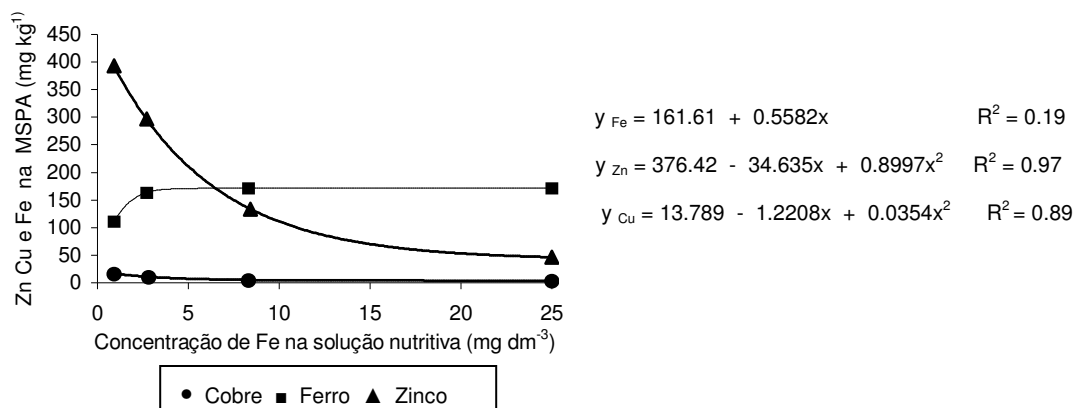


Figura 4. Teores de Zn, Cu e Fe na matéria seca da parte aérea de plantas de rúcula, cultivadas em sistema hidropônico, NFT, sob concentrações de ferro na solução nutritiva, aos 32 dias após o transplante para canais de cultivo definitivo.

Em plantas de rúcula cultivadas na concentração de 8,3 mg dm⁻³ de Fe, e que apresentaram sintomas visuais de toxicidade, verificou-se somente efeito da idade da folha no teor de Mn, Zn e Cu. As médias encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4. Teores de micronutrientes na matéria seca de folhas de folhas novas e velhas de plantas de rúcula que apresentaram sintoma de toxicidade de ferro.

Tipo de folha	Fe	Mn	Zn	Cu
	mg kg ⁻¹			
Folha nova	164,6 A ¹	135,8 B	108,8 B	4,5 A
Folha velha	157,8 A	221,5 A	125,5 A	3,2 B

¹ Médias na coluna seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A rúcula necessita, de 2,9 mg dm⁻³ de ferro na solução nutritiva para produzir 90% da massa fresca da parte aérea. Sendo que para a maximização de massa fresca da parte aérea a planta e rúcula requer aumento de 327% na concentrações de ferro da solução nutritiva necessárias para produzir 90% da massa fresca da parte aérea. A concentração de 0,9 mg dm⁻³ de ferro não permitiu a visulaização de sintomas visuais de deficiência.

Referências Bibliográficas

FURLANI, P. R. et al. **Cultivo de alface pela técnica da hidroponia**. Campinas: IAC, 1995.20p. (Documentos, 55).

MALAVOLTA, E; VITTI, G. C; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas – princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 315 p.

Bolsa: **FAPESP**