

## **Ação do ácido fúlvico associado a diferentes doses de cálcio sobre a alface crespa hidropônica**

Roberval Luís Santos, Mayane de Souza Barbosa, Jailson de Oliveira, Hermínia Emília Prieto Martinez, Adriene Woods Pedrosa

Universidade Federal de Viçosa, Avenida. Peter Henry Rolfs, s/n, *Campus* Universitário, CEP 36570-900, Viçosa, MG, Brasil. E-mails: roberval.santos@ufv.br, mayane.barbosa@ufv.br, jailson.oliveira@ufv.br, herminia@ufv.br adriene.pedrosa@ufv.br

**Resumo:** O cultivo da alface requer cuidados, principalmente em relação a nutrição com cálcio, visto que este nutriente é fundamental para evitar ocorrência do distúrbio fisiológico denominado Tip burn, que se caracteriza pela queima das bordas das folhas e má formação da cabeça, o que deprecia a qualidade final do produto. O ácido fúlvico age no metabolismo e crescimento da planta, influenciando a absorção e o transporte de nutrientes por favorecer o crescimento radicular. Objetivou-se avaliar o crescimento da alface hidropônica e a ocorrência de Tip burn com diferentes doses de cálcio (25% - 50mg L<sup>-1</sup>; 50% - 100mg L<sup>-1</sup>; 100% - 200 mg L<sup>-1</sup> e 140% - 280 mg L<sup>-1</sup> de solução) associada a aplicação (0,50mg L<sup>-1</sup>) ou não de ácido fúlvico. Avaliou-se altura de planta, diâmetro do caule, número de folhas, número de folhas com sintomas, comprimento de raízes, massa fresca da parte aérea e radicular, massa seca da parte aérea e raiz. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e quando significativos gerou-se as equações de regressão linear e quadrática. A associação entre cálcio e ácido fúlvico proporcionou maior desenvolvimento radicular, bem como maior número de folhas e massa seca de parte aérea. A aplicação de ácido fúlvico favoreceu maior diâmetro do caule, massa seca da parte aérea, número de folhas e massa seca da parte de raiz.

**Palavras chave:** *Lactuca sativa*, Nutrição foliar, Hidroponia, Distúrbio fisiológico

### **The effect of fulvic acid combined with different calcium doses on hydroponic curly lettuce**

**Abstract:** Lettuce cultivation requires careful attention, especially concerning calcium nutrition, as this nutrient is essential to avoid the occurrence of a physiological disorder called Tip burn, which is characterized by the burning of leaf edges and poor head formation, diminishing the final product quality. Fulvic acid influences the plant's metabolism and growth, affecting nutrient absorption and transport by promoting root growth. The objective was to evaluate the growth of hydroponic lettuce and the occurrence of Tip burn in curly lettuce grown hydroponically with different calcium doses (25% - 50 mg L<sup>-1</sup>; 50% - 100 mg L<sup>-1</sup>; 100% - 200 mg L<sup>-1</sup>; and 140% - 280 mg L<sup>-1</sup> of solution) associated with the application (0.50 mg L<sup>-1</sup>) or not of fulvic acid. Plant height, stem diameter, number of leaves, number of leaves with symptoms, root length, fresh weight of aerial and root parts, and dry weight of aerial parts and roots were evaluated. The data were subjected to analysis of variance, and when significant, linear and quadratic regression equations were generated. The association between calcium and fulvic acid resulted in greater root development, as well as a higher number of leaves and dry mass of aerial parts. The application of fulvic acid favored a larger stem diameter, dry mass of aerial parts, number of leaves, and dry mass of root parts.

**Keywords:** *Lactuca sativa*, Foliar nutrition, Hydroponics, Physiological disorder.

## Introdução

A alface (*Lactuca sativa* L.) está comumente presente na alimentação dos brasileiros, sendo, portanto, a hortaliça folhosa mais consumida no Brasil e, atualmente, produz-se cerca de 575,5 mil toneladas de acordo com Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada da Universidade de São Paulo [CEPEA] (2022). Essa cultura tem grande importância econômica e social, por sua grande procura no mercado e geração de empregos de forma direta e indiretamente. Porém, cada vez mais é necessário ter uma produção com qualidade e quantidade que atenda a demanda de mercado (Ribeiro, Semeão & Santos, 2015).

No mercado há diferentes tipos de alface e a ordem de relevância econômica dos principais segmentos são: crespa, americana, lisa, romana e mimosa. Dentre os diferentes segmentos a alface “crespa” é a mais importante, em termos de área cultivada quanto em volume de produção, bem como por apresentar, sabor agradável, cor atraente, maior durabilidade e melhor qualidade (Silva, 2022, Portal do Agronegócio, 2015).

Um dos principais problemas enfrentados pelos produtores, relaciona-se à deficiência de cálcio nas plantas, que ocasiona o surgimento do distúrbio fisiológico denominado “Tip burn” ou queima dos bordos (Collier & Tibbitts, 1982). Este distúrbio é comumente encontrado na produção de hortaliças folhosas, seja no cultivo convencional ou hidropônico, principalmente a alface, na qual se caracteriza pela necrose das bordas das folhas mais jovens em função da deficiência de Ca. Estes sintomas podem evoluir à necrose total dos tecidos meristemáticos e, as folhas adultas sofrem constrição das bordas reduzindo o valor de mercado do produto. Ressalta-se que após o surgimento dos sintomas não há como recuperar as folhas afetadas (Brumm & Sckhenk, 1993).

O cálcio (Ca) é essencial para o crescimento e desenvolvimento vegetal, pois exerce funções bioquímicas na planta, como por exemplo ser constituinte da lamela média das paredes celulares, atuar como mensageiro secundário na regulação metabólica entre outros. Sua deficiência causa sintomas característicos que incluem necrose de regiões meristemáticas (como ápices de raízes e da parte aérea), onde a divisão celular e a formação de parede são intensas (Taiz et al., 2024).

Os ácidos fúlvicos, uma fração das substâncias húmicas, tem sua ação atribuída no metabolismo e crescimento de plantas, influenciando a absorção e o transporte de nutrientes, por favorecer o crescimento da área superficial das raízes (Borcioni, Mórgor, Pinto, 2016, Canellas et al., 2005 & Façanha et al., 2002). Além disso, possui ação bioestimulante, como a auxina, hormônio vegetal relacionado a expansão celular, iniciação de raízes entre outros efeitos fisiológicos, podendo assim resultar em incremento na produtividade devido aos benefícios ao metabolismo das plantas (Azevedo et al., 2020, Muscolo, et al., 2007, Quaggiotti et al., 2004 & Trevisan et al., 2010).

Embora o cálcio seja um nutriente de grande importância para a alface, ainda há necessidade de novos estudos sobre seu efeito nas plantas cultivadas em sistema hidropônico. No mais, há uma grande variedade de cultivares existentes no mercado o que torna relevante a realização de estudos associados a outras substâncias que possam melhorar o desempenho nutricional e agrônomo das alfaces (Ribeiro, Semeão & Santos 2015). Além disso, os resultados obtidos com uso de substâncias húmicas são variáveis e dependem, além da espécie testada, da fração da substância húmica utilizada, da concentração, do grau de purificação do material e das condições em que foram realizados os experimentos (Nardi et al., 2002).

Acredita-se que a associação entre o cálcio e o ácido fúlvico pode melhorar a nutrição, os aspectos agromorfológicos e diminuir a incidência da queima de bordos em plantas de alface. Diante do exposto o objetivo desta pesquisa foi verificar se a concentração de cálcio associada ao ácido fúlvico diminui a incidência da queima de bordos e contribui com a maior e melhor produção da cultura da alface crespa cultivada em sistema hidropônico.

## Material e métodos

O experimento foi realizado em casa de vegetação com cobertura de vidro, localizada na Universidade Federal de Viçosa – Minas Gerais, no período de abril a junho de 2023. O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC), com os tratamentos dispostos em esquema fatorial 4 x 2, composto por quatro concentrações de doses de cálcio (25% -

50mg L<sup>-1</sup>; 50% - 100mg L<sup>-1</sup>; 100% - 200 mg L<sup>-1</sup> e 140% - 280 mg L<sup>-1</sup> de solução), duas doses de ácido fúlvico (0,0 mg L<sup>-1</sup> e 0,50mgL<sup>-1</sup>) e três repetições (Tabela 1).

As mudas de alface Simpson (*Lactuca sativa* L. Simpson) foram produzidas em placas de espuma fenólica com 345 células, com a semeadura de uma semente por célula no dia 04/04/2023 (Figura 1A). Estas foram irrigadas com água até o momento de transplante das mudas para o sistema hidropônico, quando as mudas tinham 36 dias após a semeadura.

As mudas foram transplantadas para recipientes plásticos de 5 L de capacidade, sendo cada uma acondicionada em copo plástico de 50 ml perfurado no fundo, e este foi encaixado em um orifício na tampa de isopor coberta com papel alumínio, e disposto sobre o vaso de forma que as raízes ficassem em contato com a solução nutritiva (Figura 1B).

Após o transplante para o sistema hidropônico estático aerado, as alfaces foram cultivadas em solução nutritiva semelhante à proposta por Hoagland e Arnon (1950), sendo modificada conforme cada tratamento, em relação à dose de cálcio (Tabela 2 e Figuras 1C, 1D e 1E). Como fonte de ácido fúlvico utilizou-se o produto comercial: BIOGAIN ® FÚLVICO 70 (Fabricante: Rigrantectecnologia para sementes e plantas LTDA), cujas fontes de matérias primas são leonardita e hidróxido de potássio. O fabricante fornece as seguintes garantias do produto solúvel em água: potássio (K<sub>2</sub>O) 12% p/p e carbono orgânico total 30% p/p. A dose empregada na solução foi obtida diluindo-se 0,50 mg L<sup>-1</sup> diretamente na solução nutritiva correspondente a cada dose de cálcio.

Periodicamente, foi feita a leitura da

condutividade elétrica (CE) e pH, sendo o pH ajustado a aproximadamente 5,6 sempre que necessário, com a adição de solução de hidróxido de sódio (NaOH) ou ácido clorídrico (HCl), ambos na concentração de 1mol L<sup>-1</sup>. O volume da solução nutritiva foi complementado sempre que necessário com água.

As avaliações foram realizadas logo após a colheita das alfaces, aos 63 dias após a semeadura. Foram avaliados: altura de planta com o auxílio de uma régua milimetrada (AP, cm); diâmetro do caule com paquímetro (DC, mm); número de folhas (NF); número de folhas com sintomas (NFS); comprimento de raízes com o auxílio de uma régua milimetrada (CR, cm); massa fresca da parte aérea (MFPA, g) e massa fresca da parte radicular (MFPR, g) em balança de precisão (0,01 g). Cada amostra foi acondicionada em saco de papel devidamente identificado e seca em estufa de circulação forçada de ar aquecido a 65 °C até peso constante por três dias, obteve-se amassa seca da parte aérea (MSPA, g) e a massa seca da parte radicular (MSPR, g) em balança de precisão (0,01 g).

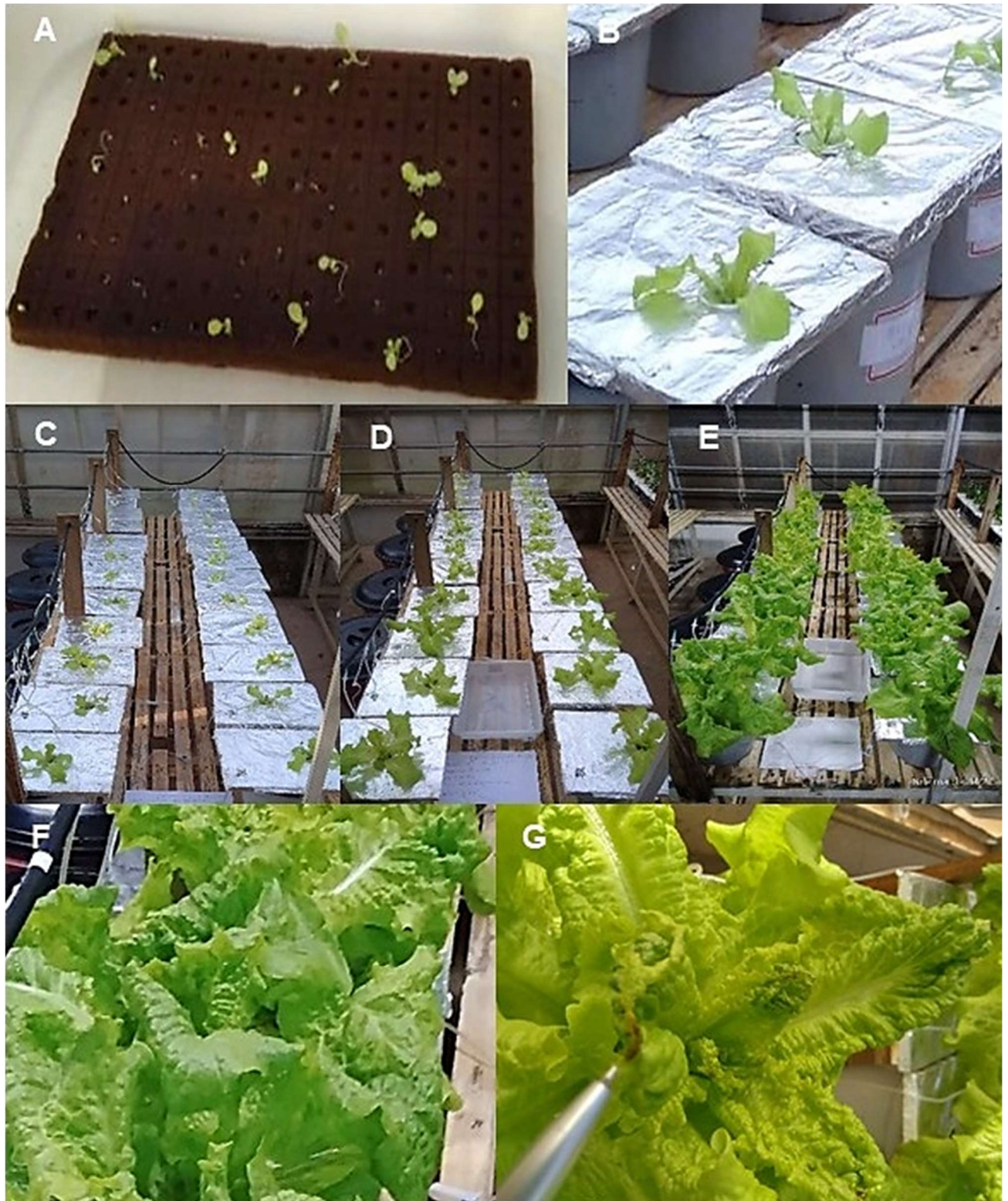
Os dados foram submetidos a análise de variância e regressão polinomial. Tanto para o estudo isolado dos fatores quanto para a ocorrência de interação significativa entre os fatores, as concentrações de cálcio foram avaliadas por meio de regressão linear do primeiro e segundo grau, enquanto as doses de ácido fúlvico (com e sem ácido) foram comparadas pelo teste de Tukey, sendo os resultados considerados significativos quando p ≤ 0,05 e p ≤ 0,01, com o auxílio do software SISVAR, versão 5.6 (Ferreira, 2011).

**Tabela 1** - Doses de cálcio (mg L<sup>-1</sup>) e ácido fúlvico (mg L<sup>-1</sup>) utilizadas no cultivo da alface crespa Simpson em sistema hidropônico.

Tratamento	Aplicação de cálcio		Aplicação de ácido fúlvico (mg L <sup>-1</sup> )
	mg L <sup>-1</sup>	%	
1	50	25	0,00
2	50	25	0,50
3	100	50	0,00
4	100	50	0,50
5	200	100	0,00
6	200	100	0,50
7	280	140	0,00
8	280	140	0,50

Fonte: Dados de pesquisa.

**Figura 1** - Mudas de alface crespa da cultivar Simpson semeadas e germinadas na espuma fenólica (A); mudas acondicionadas em copos plástico de 50 ml perfurado e encaixados sobre uma tampa de isopor coberta com papel alumínio (B); estágios de desenvolvimentos das plantas de alface (C, D e E) e alface crespa Simpson sem (F) e com sintomas (G) de Tip burn, durante o cultivo em sistema hidropônico com diferentes concentrações de cálcio e ácido fúlvico.



Fonte: Dados de pesquisa

**Tabela 2** - Fontes de nutrientes utilizadas no preparo das soluções nutritivas dos tratamentos com diferentes doses de cálcio, no cultivo da alface crespa Simpson em sistema hidropônico.

MACRONUTRIENTES	mg L <sup>-1</sup> de solução	MICRONUTRIENTES	g L <sup>-1</sup> de solução
K <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	136,09	H <sub>3</sub> BO <sub>4</sub>	2,84
MgSO <sub>4</sub>	240,74	CuSO <sub>4</sub>	0,07
KNO <sub>3</sub>	505,55	MnSO <sub>4</sub>	2,11
	205,13	(NH <sub>4</sub> ) Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub>	0,001
Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	410,25	Zn SO <sub>4</sub>	0,37
	820,50	Fe-EDTA	0,016
	1148,70		

Fonte: Dados de pesquisa.

### Resultados e discussões

Pela análise de variância considerando a concentração de cálcio e a regressão, tanto linear quanto quadrática, demonstraram que somente a variável número de folhas com sintomas (NFS) apresentou diferença significativa a 1% de probabilidade (Tabela 3). Em relação a dose de ácido fúlvico as variáveis diâmetro de caule (DC), número de folhas (NF), massa fresca da parte radicular (MFPR) e massa seca da parte aérea (MSPA) apresentaram diferenças significativas.

Na interação entre as concentrações de cálcio e a aplicação de ácido fúlvico somente a variável diâmetro do caule (DC) apresentou diferença significativa.

Nas concentrações de 100 mgL<sup>-1</sup> e 200 mg L<sup>-1</sup> de Ca não houve diferenças entre as doses aplicadas com e sem ácido fúlvico (Tabela 4). No entanto, nas concentrações de 50 mg L<sup>-1</sup> e 280 mg L<sup>-1</sup> de Ca a aplicação de 0,50 mg L<sup>-1</sup> de ácido fúlvico forneceram resultados superiores de diâmetro do caule (DC) em relação a não aplicação de ácido fúlvico.

**Tabela 3** - Resumo da análise de variância das variáveis estudadas na alface crespa Simpson, cultivada em sistema hidropônico e submetida a diferentes concentrações de cálcio e ácido fúlvico.

Variáveis	Fonte de variação/GL			CV (%)	Média	Regressão (C)**	
	Concentração (C)	Dose (D)	C*D			Efeito (p-valor)	
	3	1	3			L	Q
	----- P-valor -----						
AP	0,1410	0,4283	0,9968	7,79	13,89	ns	ns
DC	0,9022	0,0102*	0,0356*	12,74	21,58	ns	ns
NF	0,3887	0,0027**	0,9311	6,88	9,20	ns	ns
NFS	0,0001**	0,1123	0,3084	46,25	2,08	0,0089	0,0001
CR	0,7851	0,4425	0,9829	17,91	30,00	ns	ns
MFPA	0,7511	0,0814	0,9513	20,02	196,24	ns	ns
MFPR	0,4203	0,0036**	0,6436	22,89	26,91	ns	ns
MSPA	0,8657	0,0323*	0,4312	15,97	10,6	ns	ns
MSPR	0,4130	0,3433	0,9754	18,15	1,06	ns	ns

AP – altura da planta; DC – diâmetro do caule; NF – número de folhas; NFS – número de folhas com sintomas; CR – comprimento da raiz; MFPA – massa fresca da parte aérea; MFPR – massa fresca da parte radicular; MSPA – massa seca da parte aérea; MSPR – massa seca da parte radicular.

Efeito: L=linear, Q=quadrático; em negrito, efeito significativo a \*5% (p≤0,05) e a \*\*1% (p<0,01) de probabilidade; ns=não significativo.

Fonte: Dados de pesquisa.

**Tabela 4** - Interação (média  $\pm$  EP) da concentração de Cálcio (Ca, %) e dose de ácido fúlvico (com ou sem ácido) para o diâmetro de caule (DC, mm) da alface crespa Simpson, cultivada em sistema hidropônico e submetida a diferentes concentrações de cálcio e ácido fúlvico.

Concentração de Ca (mg L <sup>-1</sup> )	Ácido fúlvico	
	Sem	Com
50	16,71 $\pm$ 3,73 b	25,25 $\pm$ 1,64 a
100	22,62 $\pm$ 2,18a	21,25 $\pm$ 0,58 a
200	21,46 $\pm$ 0,73a	22,57 $\pm$ 0,95a
280	18,87 $\pm$ 1,59b	23,92 $\pm$ 1,92a
EP	1,21	0,74
Efeito (L, Q; <i>p</i> -valor)	*Q; 0,0243	ns; <i>p</i> >0,05
R <sup>2</sup>	0,79	-

EP=erro padrão da média; efeito: L=linear, Q=quadrático, ns=não significativo; \*Y=12,07+0,26X-0,001X<sup>2</sup>. Médias seguidas de letras distintas, na linha, diferem entre si de acordo com a análise de variância (*p*<0,05).

**Fonte:** Dados de pesquisa

A análise de variância para as variáveis altura de planta (AP, cm), número de folhas (NF), número de folhas com sintomas (NFS) e comprimento de raízes (CR, cm) das plantas não evidenciou efeito significativo tanto para interação como para a concentração de cálcio isoladamente. Porém, a variável NF apresentou numericamente maiores valores quando se aplicou 0,50 mg L<sup>-1</sup> de ácido fúlvico em relação a não aplicação (Tabela 5).

A análise de variância das variáveis massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da parte das raízes (MFPR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da parte das raízes (MRPR) das plantas de alface crespa Simpson não evidenciou efeito significativo tanto para interação como para a concentração de cálcio isoladamente. No entanto, as variáveis massa fresca de raízes (MFPR) e massa seca da parte aérea (MSPA) apresentaram numericamente valores superiores quando se aplicou 0,50 mg L<sup>-1</sup> de ácido fúlvico em relação a não aplicação (Tabela 6).

O aumento dos valores da MFPR e da MSPA podem estar associados à presença de compostos semelhantes às auxinas presentes nos ácidos fúlvicos, o que contribuiu para o maior

crescimento desses órgãos nas plantas, especialmente do sistema radicular (Canellas, et al., 2002, Façanha et al., 2002, Nardi et al., 2002, Zandonadi, Canellas, Façanha, 2007 & Trevisan et al., 2010). Esses resultados estão de acordo com os encontrados por Silva et al. (2000) que também observaram maior crescimento de raízes de azevém cultivado em solução nutritiva com adição de substâncias húmicas.

As substâncias húmicas possuem diferentes frações, tais como ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e humina, sendo estes os principais componentes da matéria orgânica do solo (Silva & Mendonça, 2007). Sua ação sobre o metabolismo e crescimento das plantas tem sido atribuída, principalmente, à ação dos ácidos fúlvicos (Nardi et al., 2002), que influenciam assim a absorção e o transporte dos nutrientes, além de promoverem maior área superficial das raízes (Canellas et al., 2005 & Façanha et al., 2002), sobretudo por seu efeito semelhante ao das auxinas, hormônio vegetal responsável pela expansão celular e pela iniciação das raízes, entre outros efeitos fisiológicos (Muscolo et al., 2007, Quaggiotti et al., 2004 & Trevisan et al., 2010).

**Tabela 5** - Médias (n=3) da altura de planta (AP, cm), do número de folhas (NF), número de folhas com sintomas (NFS) e comprimento de raízes (CR, cm) das plantas de alface crespa Simpson, cultivada em sistema hidropônico e submetida a diferentes concentrações de cálcio e ácido fúlvico (AF, sem 0,0 e com 0,5 mg L<sup>-1</sup>).

Concentração Ca (mg L <sup>-1</sup> )	Dose AF	AP	NF	NFS	CR
50	Sem	13,47	8,42	4,67	26,77
50	Com	13,71	9,33	2,67	29,87
100	Sem	13,78	8,75	2,33	29,33
100	Com	14,08	9,42	2,00	30,00
200	Sem	14,52	8,92	0,00	29,83
200	Com	15,02	10,00	0,00	31,60
280	Sem	13,06	8,83	2,67	30,60
280	Com	13,47	9,92	2,33	32,00
Análise dos fatores isolados					
	Sem	13,71 a ±1,21	8,73 b ±0,86	2,42 a ±0,55	29,13 a ±2,83
	Com	14,07 a ±0,76	9,67 a ±0,74	1,75 a ±0,46	30,87 a ±2,65
50		13,59	8,87	3,67	28,32
100		13,93	9,08	2,17	29,67
200		14,77	9,46	0,00	30,72
280		13,26	9,37	2,50	31,30
Efeito (L, Q; p-valor)		ns	ns	Q; 0,0001	ns

Efeito: L=linear, Q=quadrático, ns=não significativo. Médias seguidas por letras distintas na coluna, para o efeito isolado Dose de ácido fúlvico, diferem entre si de acordo com a análise de variância (p<0,05); ns=não significativo.

Fonte: Dados de pesquisa.

**Tabela 6** - Médias (n=3) da massa fresca da parte aérea (MFPA; g planta<sup>-1</sup>) e do sistema radicular (MFPR; g planta<sup>-1</sup>) e, massa seca da parte aérea (MSPA, g planta<sup>-1</sup>) e da parte radicular (MSPR, g planta<sup>-1</sup>) das plantas de alface crespa Simpson, cultivada em sistema hidropônico e submetida a diferentes concentrações de cálcio e ácido fúlvico.

Concentração (mg L <sup>-1</sup> )	Dose	MFPA	MFPR	MSPA	MSPR
50	Sem	160,87	19,90	8,68	0,88
50	Com	205,50	27,80	11,83	1,00
100	Sem	178,73	23,40	9,85	1,05
100	Com	209,58	28,45	12,22	1,07
200	Sem	187,47	25,40	10,35	1,07
200	Com	213,20	33,48	10,48	1,17
280	Sem	197,63	21,38	10,23	1,07
280	Com	216,92	35,47	11,15	1,13
Análise dos fatores isolados					
	Sem	181,18 a ± 41,32	22,52 b ±5,13	9,78 b ±2,18	1,02 a ±0,18
	Com	211,30 a ± 26,86	31,30 a ±2,30	11,42 a ±2,34	1,09 a ±0,13
50		183,18	23,85	10,26	0,94
100		194,16	25,93	11,03	1,05
200		200,33	29,44	10,42	1,13
280		207,28	28,43	10,69	1,10
Efeito (L, Q; p-valor)		ns	ns	ns	ns

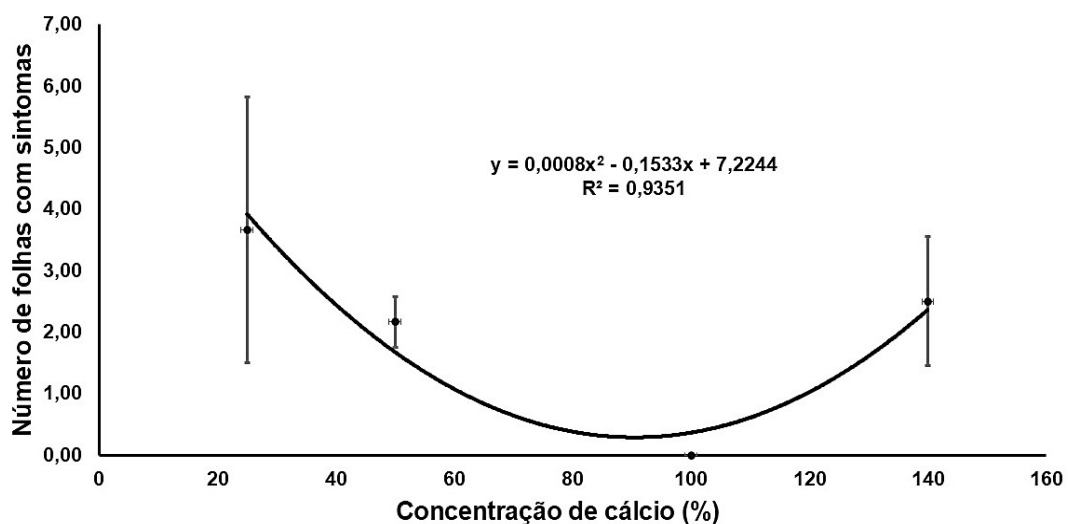
Efeito: L=linear, Q=quadrático, ns=não significativo. Médias seguidas por letras distintas na coluna, para o efeito isolado Dose de ácido fúlvico, diferem entre si de acordo com a análise de variância (p<0,05).

Fonte: Dados de pesquisa.

Quanto maior o número de raízes fisiologicamente ativas, maior área superficial radicular, o que refletirá em maior volume de solo explorado, portanto, a aplicação de substâncias húmicas demonstra ser benéfica ao desenvolvimento das plantas (Rima et al., 2011). Além disso, quanto mais raízes laterais maiores os efeitos positivos sobre a produção, devido à maior capacidade de absorção de nutrientes (Nibau, Gibbs & Coates, 2008). Borcioni, Mógor e Pinto (2016) também observaram um efeito estimulante do ácido fúlvico sobre o desenvolvimento de raízes laterais da alface americana, principalmente no início do crescimento das plantas, quando as células estão em divisão e diferenciação, processos modulados pelas auxinas.

Na Figura 2, é possível observar o efeito do tratamento com cálcio sobre NF com sintomas de Tip burn. A curva apresenta um comportamento característico, em que há um declínio no número de folhas afetadas conforme a concentração de cálcio aumentam, até atingir um ponto de mínima, indicando uma concentração ótima para a redução do distúrbio de 83,57 mg L<sup>-1</sup> de Ca. No entanto, a partir da dose de 108,05 mg L<sup>-1</sup> de Ca, o aumento excessivo da concentração de cálcio resulta em um novo incremento no número de folhas com sintomas de Tip burn, sugerindo que concentrações muito altas podem agravar o problema. Este fenômeno é ilustrado nas Figuras 1F, 1G e 2, que destacam a relação entre as doses de cálcio e a intensidade do distúrbio fisiológico.

**Figura 2** - Número de folhas com sintomas de Tip burn na alface crespa Simpson cultivada em sistema hidropônico com diferentes concentrações de cálcio.



Fonte: Dados de pesquisa.

Segundo Kirkby e Römheld (2004), podem ocorrer interferência na absorção de outros nutrientes, sendo que altas doses de cálcio podem afetar o equilíbrio na solução nutritiva, competindo com a absorção de outros nutrientes, como potássio (K) e magnésio (Mg), que são essenciais para a manutenção do equilíbrio osmótico e a função celular. O desequilíbrio nutricional envolvendo excessos de K e Mg podem influenciar indiretamente a ocorrência de Tip burn, pois esses nutrientes participam do controle osmótico, da turgidez celular e da regulação estomática, afetando a distribuição de água e, conseqüentemente, o transporte de Ca para tecidos jovens (Marschner, 2012).

Embora o cálcio desempenhe papel fundamental na manutenção da integridade celular, concentração excessiva pode comprometer o transporte para as folhas mais distantes das raízes, dificultando a distribuição equilibrada desse nutriente nas plantas. Esse desequilíbrio ocorre devido à competição com outros íons e ao bloqueio das rotas de transporte de cálcio, resultando no acúmulo deste nutriente nas pontas das folhas e, assim, contribuindo para o aparecimento de sintomas de Tip burn (Marschner, 2012, Taiz et al., 2024).

## Conclusões

A aplicação de diferentes doses de cálcio associada a aplicação de 0,5 mg L<sup>-1</sup> de ácido fúlvico, na solução nutritiva, proporciona maior desenvolvimento radicular, bem como maior número de folhas e massa seca de parte aérea na alface crespa Simpson.

A aplicação de ácido fúlvico favorece um melhor desenvolvimento morfológico do diâmetro do caule, da massa seca da parte aérea, número de folhas e massa seca da parte de raiz na alface crespa Simpson.

Doses abaixo de 83,57 mg L<sup>-1</sup> e acima de 108,05 mg L<sup>-1</sup> de cálcio interferem no aparecimento do sintoma de Tip burn nas folhas de alface crespa Simpson; no entanto, novas pesquisas são necessárias para confirmar essa relação.

## Referências

- Azevedo, S. A., et al. (2020). Avaliação da qualidade nutricional da alface cultivada em solo sob aplicação de ácidos húmicos e fúlvicos associados à adubação mineral. *Acta Tecnológica*, 15 (1), 91-96. DOI: <https://doi.org/10.35818/acta.v15i1.945>
- Borcioni, E., Mógor, A. F., & Pinto, F. (2016). Aplicação de ácido fúlvico em mudas influenciando o crescimento radicular e produtividade de alface americana. *Revista Ciência Agronômica*, 47(3), 509-515.
- Brumm, I., & Sckhenk, M. (1993). Influence of nitrogen supply on the occurrence of calcium deficiency in field grown lettuce. *Acta Horticulturae*, 339, 125-136.
- Canellas, L. P., et al. (2005). Bioatividade de substâncias húmicas: ação sobre desenvolvimento e metabolismo das plantas, pp. 224-243. In: Canellas, L. P. & Santos, G. A. (orgs.). *Humosfera: tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas*. Campos dos Goytacazes: CCTA, UENF.
- Canellas, L. P., et al. (2002). Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H<sup>+</sup>-ATPase activity in maize roots. *Plant Physiology*, 130 (4), 1951-1957. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.007088>
- Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada da Universidade de São Paulo (2022). *Folhosas Alface*. São Paulo: USP. Recuperado em: 3 julho 2022 de <https://www.hfbrasil.org.br/br/estatistica/folhosas.aspx>.
- Collier, G. F., & Tibbitts, T. W. (1982). Tipburn of lettuce. *Horticultural Reviews*, 4, 49-65.
- Façanha, A. R., et al. (2002). Bioatividade de ácidos húmicos: efeito sobre o desenvolvimento radicular e sobre a bomba de prótons da membrana plasmática. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37 (9), 1301-1310. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2002000900014>
- Ferreira, D. F. (2011). SISVAR: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, UFLA, 35(6), 1039-1042.
- Hoagland, D. R., & Arnon, D. I. (1950). *The water culture method for growing plants without soil*. Berkeley: University of California, College of Agriculture, Agricultural Experiment Station.
- Kirkby, E. A., & Römheld, V. (2004). Micronutrients in plant nutrition: a global perspective. In: *Advances in Agronomy*, v. 82, p. 111-137. San Diego: Academic Press
- Marschner, P. (2012). *Mineral nutrition of higher plants* (3 ed.). San Diego: Academic Press.
- Muscolo, M., et al. (2007). Biological activity of humic substances is related to their chemical structure. *Soil Science Society of America Journal*, 71, (1), 75-85. DOI: <https://doi.org/10.2136/sssaj2006.0055>
- Nardi, S., et al. (2002). Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry*, 34 (11), 1527-1536. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(02\)00174-8](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(02)00174-8)
- Nibau, C., Gibbs, D. J., & Coates, J. C. (2008). Branching out in new directions: the control of root architecture by lateral root formation. *New Phytologist*, 179, (3), 595-614. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2008.02472.x>

Portal do Agronegócio. (2015). [Revista eletrônica] *Alface é a folha mais consumida no Brasil*. Recuperado em: 2 julho 2025 de <https://www.msnoticias.com.br/editorias/agronegocios/um/57176>.

Quaggiotti, S., et al. (2004). Effect of low molecular size humic substances on nitrate uptake and expression of genes involved in nitrate transport in maize (*Zea mays* L.). *Journal of Experimental Botany*, 55 (398), 803-813. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/erh085>

Ribeiro, A. A.; Semeão, M., & Santos, D. P. (2015). Crescimento da alface cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de cálcio. *Brazilian Journal of Biosystems Engineering*, 9 (4), 298-303.

Rima, J. A. H., et al. (2011). Adição de ácido cítrico potencializa a ação de ácidos húmicos e altera o perfil proteico da membrana plasmática em raízes de milho. *Ciência Rural*, 41(4), 614-620. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782011000400011>

Silva, I. R., & Mendonça, E. S. (2007). Matéria orgânica do solo. In: Novais, R. F. et al. *Fertilidade do solo* (Cap. 6, pp. 275-374). Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

Silva, R. M., et al. (2000). Desenvolvimento das raízes de azevém cultivado em solução nutritiva completa, adicionada de substâncias húmicas, sob condições de casa de vegetação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 29 (6), 101-110. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982000000600005>

Silva, S. (2022). Campos e Negócios *Alface roxa*. [Revista eletrônica]. Recuperado em: 3 julho 2025 de <https://revistacampoenegocios.com.br/alface-roxa/>.

Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I. M., & Murphy A. (2024). *Fisiologia e desenvolvimento vegetal* (7. ed., 864p) Porto Alegre: Artmed.

Trevisan, S., et al. (2010). Humic substances biological activity at the plant-soil interface: from environmental aspects to molecular factors. *Plant Signaling & Behavior*, 5 (6), 635-643. DOI: <https://doi.org/10.4161/psb.5.6.11211>

Zandonadi, D. B., Canellas, L. P., & Façanha, A. R. (2007). Indolacetic and humic acids induce lateral root development through concerted plasmalemma and tonoplast H<sup>+</sup> pumps activation. *Planta*, 225 (6), 1583-1595. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00425-006-0454-2>

Aceito em: 09/06/2026  
Publicado em: 16/06/2026