

## INFLUÊNCIA DE FRAÇÕES DE ÁCIDOS HÚMICOS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ALFACE<sup>1</sup>

Gilson Araújo de Freitas<sup>(2)</sup>;  
Larissa Urzêdo Rodrigues<sup>(3)</sup>;  
Antônio Carlos Martins dos Santos<sup>(2)</sup>;  
Jefferson Santana da Silva Carneiro<sup>(4)</sup>;  
Túlio Teixeira Deusdará<sup>(5)</sup>;  
Rubens Ribeiro da Silva<sup>(6)</sup>

<sup>(1)</sup>Trabalho parte de dissertação de mestrado em produção vegetal, UFT Gurupi-TO.

<sup>(2)</sup>Discentes de pós-graduação em produção vegetal, Universidade Federal do Tocantins, Campus de Gurupi. Rua Badejós, Chácara 69 e 72, Lote 07 Zona Rural 77402-970 - Gurupi, TO - Brasil - Caixa-Postal: 66. E-mail: [araujoagro@hotmail.com](mailto:araujoagro@hotmail.com).

<sup>(3)</sup>Msc. Eng. Agrônoma – SEAGRO-GO, E-mail: [larissaurzedo@hotmail.com](mailto:larissaurzedo@hotmail.com); Rua 256, n° 52, Qd. 117, Setor Leste Universitário - 74.610-200 Goiânia - GO.

<sup>(4)</sup>Estudante de Agronomia da UFT, bolsista de Iniciação Científica CNPq; E-mail: [carneirojss@yahoo.com.br](mailto:carneirojss@yahoo.com.br); Universidade Federal do Tocantins, Campus de Gurupi. Rua Badejós, Chácara 69 e 72, Lote 07 Zona Rural 77402-970 - Gurupi, TO - Brasil - Caixa-Postal: 66.

<sup>(5)</sup>Mestre em Biotecnologia UFT; E-mail: [tullio@uft.edu.br](mailto:tullio@uft.edu.br); Universidade Federal do Tocantins, Campus de Gurupi. Rua Badejós, Chácara 69 e 72, Lote 07 Zona Rural 77402-970 - Gurupi, TO - Brasil - Caixa-Postal: 66.

<sup>(6)</sup>Docente, doutor em solos e Nutrição de plantas, Professor da Universidade Federal do Tocantins, UFT, Gurupi-TO, E-mail: [rrs2002@uft.edu.br](mailto:rrs2002@uft.edu.br); Universidade Federal do Tocantins, Campus de Gurupi. Rua Badejós, Chácara 69 e 72, Lote 07 Zona Rural 77402-970 - Gurupi, TO - Brasil - Caixa-Postal: 66.

### RESUMO

A aplicação de ácidos húmicos em plantas pode influenciar o metabolismo vegetal, modificando o padrão de crescimento e desenvolvimento das plantas, sendo os efeitos difíceis de serem explicados devido à intervenção de vários fatores. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de frações de ácidos húmicos na produção de mudas de alface. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com três repetições. Os tratamentos foram obtidos no esquema fatorial 2x3+1, compreendendo duas fontes de ácidos húmicos (AH-Alternativo e comercial Fertiactyl GZ<sup>®</sup>), três doses (1; 3 e 5 mg L<sup>-1</sup> de C de AH) mais a testemunha. Foram realizadas duas aplicações via foliar, aos 7 e 14 dias após a sementeira. Não houve efeito significativo entre as fontes de ácidos húmicos e a testemunha no desenvolvimento de mudas de alface para as características comprimento de raiz e diâmetro do colo. Entre as fontes de AH, a comercial Fertiactyl GZ<sup>®</sup> proporcionou o maior desenvolvimento da parte aérea, com incrementos de 28,26 e 25,73% para altura de plantas e massa seca da parte aérea, respectivamente. A massa seca da raiz foi incrementada em 15,89% pela aplicação do AH-Alternativo com relação à fonte comercial. A fonte comercial Fertiactyl GZ<sup>®</sup> na dose 3 mg L<sup>-1</sup> de C promoveu maior produção de massa seca de mudas, respectivamente para parte aérea, raiz e total, com incrementos de 8,15, 43,29 e 22,86% com relação à fonte AH-Alternativo e 14,08, 36,41 e 23,75% com relação à testemunha. A aplicação de ácidos húmicos tem efeito benéfico no desenvolvimento de mudas de alface, visto que a fonte de AH comercial Fertiactyl GZ<sup>®</sup> promove de maneira geral o maior desenvolvimento de mudas e a fonte AH-Alternativo o maior acúmulo de massa seca da raiz, sendo a dose 3 mg L<sup>-1</sup> de C de AH associada à fonte de AH comercial Fertiactyl GZ<sup>®</sup> promotora do maior acúmulo de massa seca de mudas de alface.

**Termos de indexação:** substâncias húmicas, crescimento vegetal, efeito da concentração

### INFLUENCE OF FRACTIONS OF HUMIC ACIDS IN THE PRODUCTION OF LETTUCE SEEDLINGS

#### SUMMARY

The use of humic acids in plants can influence plant metabolism by modifying the pattern of growth and development of plants, these being difficult to explain because of the intervention of several factors. This study aimed to evaluate the effect of fractions of humic acids in the production of lettuce seedlings. The treatments were in a factorial 2x3+1, comprising two sources of humic acids (HA-Alternative and commercial Fertiactyl GZ<sup>®</sup>), three doses (1, 3 and 5 mg L<sup>-1</sup> to C AH) plus the control. There were two foliar applications at 7 and 14 days after sowing. There was no significant effect among sources of humic acids and witness the development of lettuce seedlings to the characteristics of root length and diameter. Among the sources of HA, the commercial Fertiactyl GZ<sup>®</sup> provided the greatest growth shoots, with

increments of 28.26 and 25.73% for plant height and shoot dry weight, respectively. The root dry mass was increased by 15.89% by the application of AH-Alternative regarding commercial source. The commercial source Fertiactyl GZ<sup>®</sup> at a dose 3 mg L<sup>-1</sup> to C promoted higher dry matter production of seedlings, respectively for the shoot, root and all, with increments of 8.15, 43.29 and 22.86% with respect the AH-source Alternative and 14.08, 36.41 and 23.75% compared to the control. Application of humic acids has a beneficial effect on the development of lettuce seedlings, since the source of AH commercial Fertiactyl GZ<sup>®</sup> generally promotes the further development of seedlings and source AH- Alternative largest accumulation of root dry mass, and the dose 3 mg L<sup>-1</sup> to C AH associated with commercial source Fertiactyl GZ<sup>®</sup> promoter of greater dry mass of lettuce seedlings.

**Index terms:** humic substances, plant growth, concentration effect

## INTRODUÇÃO

A aplicação de fertilizantes à base de substâncias húmicas (SH) em lavouras comerciais vem crescendo em função das respostas obtidas especialmente em cultivos com alto nível tecnológico (Cunha et al., 2009; Baldotto et al., 2009, Pinheiro et al., 2010; Rima et al., 2011; Nomura et al., 2012).

As SH podem alterar diretamente o metabolismo bioquímico das plantas e, por consequência, influenciar no crescimento e desenvolvimento (Rosa et al., 2009). Nas SH a fração mais bioativa, os ácidos húmicos (AH), são ácidos orgânicos, solúveis em água, presentes em diferentes fontes orgânicas, tais como lodo de esgoto, composto orgânico, leonardita, turfa e produtos comerciais (Lima et al., 2011).

Os ácidos húmicos se constituem na fração reativa mais estável das SH, têm coloração escura, alto teor de anéis aromáticos, grupos funcionais hidrofílicos contendo oxigênio, além de possuírem as mais diversas estruturas e composições elementares, as quais se mostram dependentes de suas fontes de origem e método de extração (Guerra et al., 2008). Apesar de apresentarem massa molecular aparente de até milhões de Daltons, os AH são tão ou mais eficientes que os fúlvicos na indução do crescimento radicular (Rima et al., 2011).

Até determinadas concentrações, os AH podem favorecer o desenvolvimento de plantas, alterando tanto a parte aérea quanto as raízes (Rodda et al., 2006; Rosa et al., 2009). Os efeitos são difíceis de serem explicados, devido à natureza complexa e ainda desconhecida dessa fração húmica. Esses efeitos também podem diferir entre espécies vegetais, que poderão responder de forma diferente em cada estágio de desenvolvimento (Santos & Camargo, 1999).

Canellas et al. (2008) trabalhando com milho, verificaram que as plantas tratadas com 50 mg C L<sup>-1</sup> de AH exibiram um maior número de raízes laterais, que cresceram mais próximas do vértice da raiz quando comparado com as plantas controle. Já Baldotto et al. (2009) notaram que a aplicação de AH proporcionou incrementos em todas as características morfológicas da parte aérea do abacaxizeiro ‘Vitória’, com aumento de 10,12 % no número de folhas e de 59, 13 % de matéria seca foliar.

Muscolo et al. (2007) afirmam que isso pode ser explicado em função de uma possível interação entre a matéria húmica e o sistema radicular na rizosfera. Isso pode acontecer quando moléculas húmicas em solução tiverem tamanho suficiente para permitir seu fluxo no apoplasto e atingir as membranas celulares. Já Nikbakht et al. (2008) relatam uma possível explicação para o maior crescimento de raiz em função de uma maior alocação de nutrientes e fotoassimilados para as raízes do que para as folhas.

Ayuso et al. (1996) explicam que a resposta para o crescimento da parte aérea depende de mais variáveis, tais como a espécie vegetal, a variedade da planta, a matéria-prima utilizada para extrair as substâncias húmicas e a sua origem e aos grupos funcionais presentes nas substâncias húmicas e sua reatividade.

Assim, informações à respeito dos efeitos provocados pela aplicação de ácidos húmicos em plantas, devem considerar, além da espécie vegetal, o estágio de desenvolvimento das plantas, a variabilidade ambiental, a matéria-prima utilizada na extração dos AH e as doses utilizadas. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de frações de ácidos húmicos na produção de mudas de alface.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na estação experimental da Universidade Federal do Tocantins (UFT) - *Campus* Universitário de Gurupi, localizada na região sul do Tocantins (11°43'45" S, 49°04'07" W, 278 m de altitude).

Para avaliar o potencial de uso de fração de ácidos húmicos como promotor do crescimento vegetal foi conduzido experimento com alface, principal hortaliça folhosa consumida na alimentação brasileira. A cultivar foi a Elba<sup>®</sup>, que possui características de folhas tipo crespa e solta.

As mudas foram produzidas em casa de vegetação com cobertura plástica, laterais de tela de sombra 50%, usando bandejas de poliestireno expandido (Isopor<sup>®</sup>) de 128 células cada, preenchidas com substrato comercial Germinar<sup>®</sup> em mistura com casca de arroz carbonizada na proporção 1:1. Colocou-se três sementes no centro da célula, a profundidade de 5 mm. O desbaste foi realizado aos sete dias após a semeadura (DAS), mantendo-se uma planta por célula. O sistema de produção das mudas contou com a aplicação de fontes e doses de ácidos húmicos, com suplementação nitrogenada à base de uréia como fonte de N (2 g L<sup>-1</sup>). Até a fase final de formação das mudas, as bandejas foram mantidas sob irrigação diária por microaspersão.

As fontes de ácidos húmicos (AH) utilizadas para a realização do trabalho foram: Ácidos húmicos de composto orgânico alternativo (AH-Alternativo) e produto comercial (Fertiactyl GZ<sup>®</sup>).

A extração da fração de ácidos húmicos (FAH) de composto orgânico alternativo (AH-Alternativo) foi realizada seguindo a metodologia proposta por Mendonça & Matos (2005) adaptada de Swift (1996), usando KOH como reagente extrator.

Os teores de carbono orgânico (C orgânico) e nitrogênio total (N) dos ácidos húmicos de composto orgânico alternativo foram determinados segundo Mendonça (2005), sendo quantificados com: 1% N, 2,5% C orgânico. Qualitativamente foi caracterizado por espectroscopia no UV visível (Figura 1) e Infravermelho (Figura 2), sendo verificada a presença dos seguintes grupos funcionais: O–H de grupos hidroxilados (ácidos carboxílicos, alcoóis e fenóis), ligações C–H (principalmente de grupos metil (–CH<sub>3</sub>), grupos –CH<sub>2</sub>, C=O de grupos COO–, amidas secundárias e quinonas, C–C de anéis aromáticos (indicativo da presença de ligninas e sistemas N=C conjugados), C–H de grupos metil e metilenos, O–H em grupos carboxílicos e ligações éster (C–O), polissacarídeos.

A segunda fonte de ácidos húmicos foi o produto comercial Fertiactyl GZ<sup>®</sup>, da empresa TIMAC Agro, recomendado para aplicação foliar, em hortaliças com recomendações de 1 a 5 aplicações, em doses que podem variar de 2 a 3 L ha<sup>-1</sup>. Segundo a empresa a composição do produto foi elaborada a partir das matérias-primas: Ureia, KOH e turfa como fonte de AH, AF e aminoácidos, contendo 13% de N, 5% de K<sub>2</sub>O e 5% C orgânico.

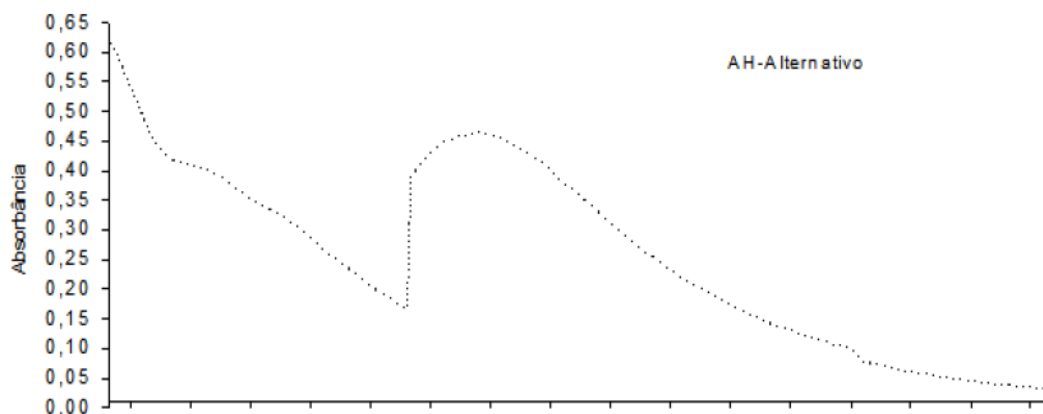


Figura 1: Espectro de UV-VIS dos AH purificados de composto orgânico alternativo. Gurupi – TO.

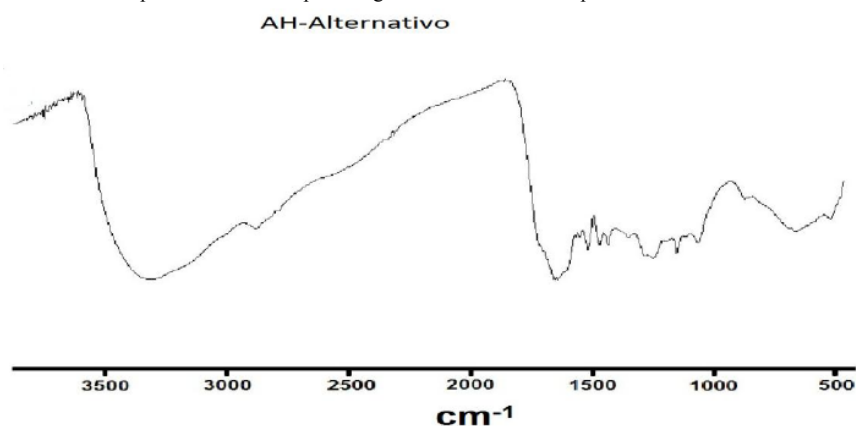


Figura 2: Espectros de Infravermelho com Transformada de Fourier dos AH purificados de composto orgânico alternativo. Gurupi – TO.

As fontes de AH foram fornecidas em duas aplicações via foliar, aos 7 e 14 dias após a semeadura (DAS). A parcela experimental útil foi composta por três linhas de oito plantas, totalizando 24 plantas.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) com três repetições. Os tratamentos foram obtidos no esquema fatorial  $2 \times 3 + 1$ , compreendendo duas fontes de ácidos húmicos (AH-Alternativo e comercial Fertiactyl GZ<sup>®</sup>) e três doses (1; 3 e 5 mg L<sup>-1</sup> de C de AH) mais uma testemunha. Os sete tratamentos foram denominados: 1- AH-Alternativo; 2- Fertiactyl GZ<sup>®</sup>; 3- AH-Alternativo; 4- Fertiactyl GZ<sup>®</sup>; 5- AH-Alternativo; 6- Fertiactyl GZ<sup>®</sup> e 7- testemunha.

Os indicadores morfológicos para o desenvolvimento das mudas avaliadas aos 21 DAS, foram:

**Altura de Plantas (AP - mm):** Obtida a partir do colo das mudas até a extremidade mais alta das folhas, utilizando-se uma régua graduada em mm;

**Comprimento de Raiz (CR - mm):** Obtido a partir do colo da muda até a ponta da raiz mais longa, utilizando-se uma régua graduada em mm;

**Diâmetro do Colo (DC - mm):** Obtido com a medição da parte mediana do colo, utilizando-se um paquímetro digital com leitura em mm;

**Massa Seca da Parte Aérea (MSPA - mg planta<sup>-1</sup>):** O material passou por processo de secagem em estufa com circulação forçada de ar, a 60 °C durante 72 horas, após a secagem procedeu-se à pesagem da MSPA em balança analítica eletrônica (0,001 mg);

**Massa Seca da Raiz (MSR - mg planta<sup>-1</sup>):** O material passou por processo de secagem em estufa com circulação forçada de ar, a 60 °C durante 72 horas, após a secagem procedeu-se à pesagem da MSR em balança analítica eletrônica (0,001 mg).

**Massa Seca Total (MST - mg planta<sup>-1</sup>):** Obtida pela somatória das determinações de massa seca da parte aérea e massa seca da raiz.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste Tukey a nível de 5% de probabilidade, utilizando-se software estatístico SISVAR (Ferreira, 2000).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As fontes de ácidos húmicos (AH) AH-Alternativo e Fertiactyl GZ<sup>®</sup> promoveram alterações no desenvolvimento das mudas de alface. Houve efeito significativo ( $p < 0,01$ ) entre as fontes de AH e a testemunha para as características altura de plantas (AP), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST) de mudas de alface (Figura 3A, B, C e D). Com relação às fontes de AH, a comercial Fertiactyl GZ<sup>®</sup> proporcionou o maior desenvolvimento da parte aérea, com incrementos de 28,26 e 25,73% para AP e MSPA, respectivamente. Já o desenvolvimento radicular das mudas, com base na avaliação da MSR, foi incrementado em 15,89% pela aplicação do AH-Alternativo.

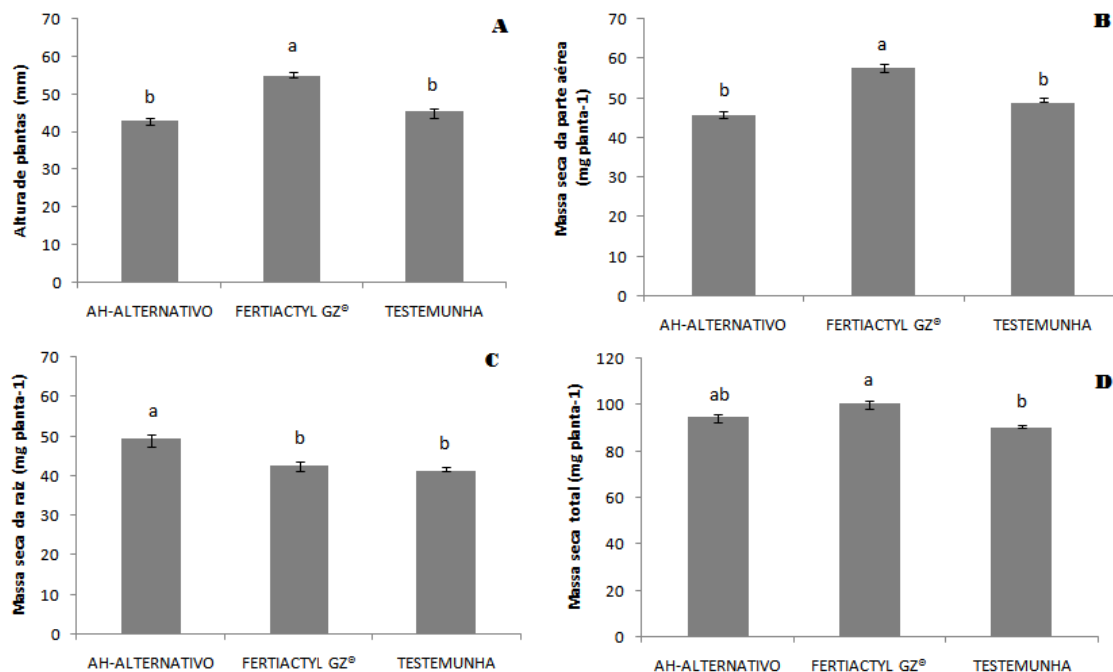
Ayuso et al. (1996) explicam que a resposta para a parte aérea é dependente de mais variáveis, como a espécie vegetal, a variedade da planta, a matéria-prima utilizada para extrair as substâncias húmicas (SH) e a sua origem, aos grupos funcionais presentes nas SH e sua reatividade. Com relação ao crescimento das raízes, Silva et al. (2011) consideram como um dos principais efeitos fisiológicos das substâncias húmicas em plantas.

Influência no desenvolvimento da parte aérea de plantas também foi observada por Baldotto et al. (2009), estudando o efeito de substâncias húmicas no desenvolvimento de abacaxizeiro, onde a aplicação de AH extraídos das fontes vermicomposto e torta de filtro, proporcionou incrementos de 51,53; 10,12 e 59,13% na área foliar, número de folhas e matéria seca foliar, respectivamente.

Já com relação aos efeitos promovidos pelas SH no sistema radicular de plantas, Silva & Jablonski (1995) trabalhando com alface, cv. Babá de Verão observaram que a utilização de SH na solução nutritiva favoreceu incrementos de 240% na massa seca de raízes. Outros autores também verificaram efeitos de substâncias húmicas nas características radiculares em outras espécies vegetais, como: tomate (Turkmen, 2004), gérbera (Nikbakht et al., 2008), cebola (Costa, 2001), abacaxi (Baldotto et al., 2009), cana-de-açúcar (Marques Júnior et al., 2008) e melancia (Costa et al., 2008).

Mudanças na arquitetura do sistema radicular têm grande impacto sobre a produção final (Dorlodot et al., 2007). Um dos fatores mais importantes que controlam a arquitetura do sistema radicular é a formação de raízes laterais, e muitos sinais provenientes do ambiente bem como dos hormônios podem afetar o número de raízes laterais emergidas (Nibau et al., 2008).

Em contato com o ambiente acidificado da rizosfera, as partículas supra-estruturais dos AH podem se fragmentar e gerar subunidades potencialmente capazes de alterar o metabolismo celular, por meio da ativação de H<sup>+</sup>-ATPases da membrana plasmática de células da raiz (Piccolo, 2001; Façanha et al., 2002; Canellas et al., 2006). A atividade desses mecanismos leva à acidificação do apoplasto e a ativação de exoenzimas degradadoras de parede celular, tornando-a mais susceptível à ação da pressão de turgescência vacuolar (Baldotto et al., 2009).

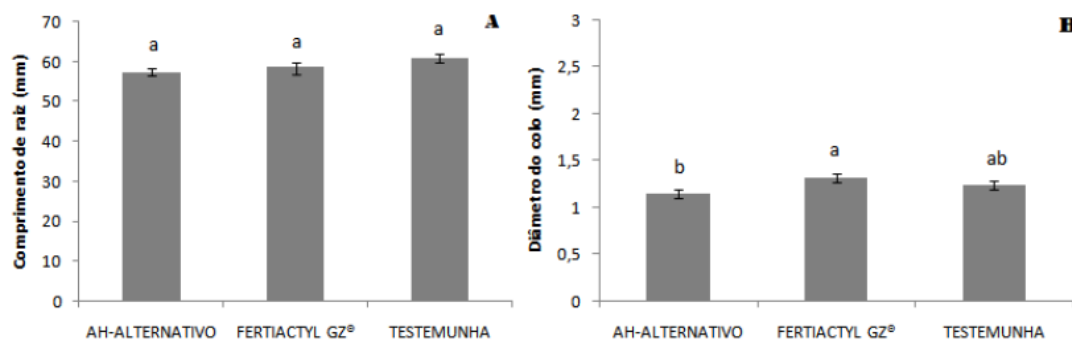


**Figura 3.** Altura de plantas, massa seca da raiz, massa seca da parte aérea e massa seca total de mudas de alface aos 21DAS produzidas com fontes de ácidos húmicos. UFT, Gurupi-TO. Efeitos das fontes significativo à 1% ( $p < 0,01$ ). Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem, entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Na avaliação do efeito das fontes AH no desenvolvimento de mudas de alface, não foi observado diferença significativa para as características comprimento de raiz (CR) e diâmetro do colo (DC) (Figura 4A e B). No entanto, foi observado incremento de 14,78% no DC das mudas tratadas com a fonte comercial Fertiactyl GZ®.

Segundo Façanha et al. (2002) vários ácidos orgânicos são exsudados pelas raízes de plantas que podem mobilizar subunidades estruturais das SH, resultando na alteração observada do perfil, explicando que, essas subunidades funcionais, uma vez dissociadas da molécula base de AH, poderiam acessar receptores na superfície ou no interior das células das raízes, desencadeando processos que culminariam com o estímulo do desenvolvimento em comprimento e área radicular.

Efeito de SH no desenvolvimento radicular também foi verificado por Costa et al. (2008) trabalhando com duas fontes de bioestimulantes em mudas de melancia, onde o maior comprimento das raízes (7,0 cm) foi obtido na concentração de 0,26% do bioestimulante Fertiactyl GZ®.



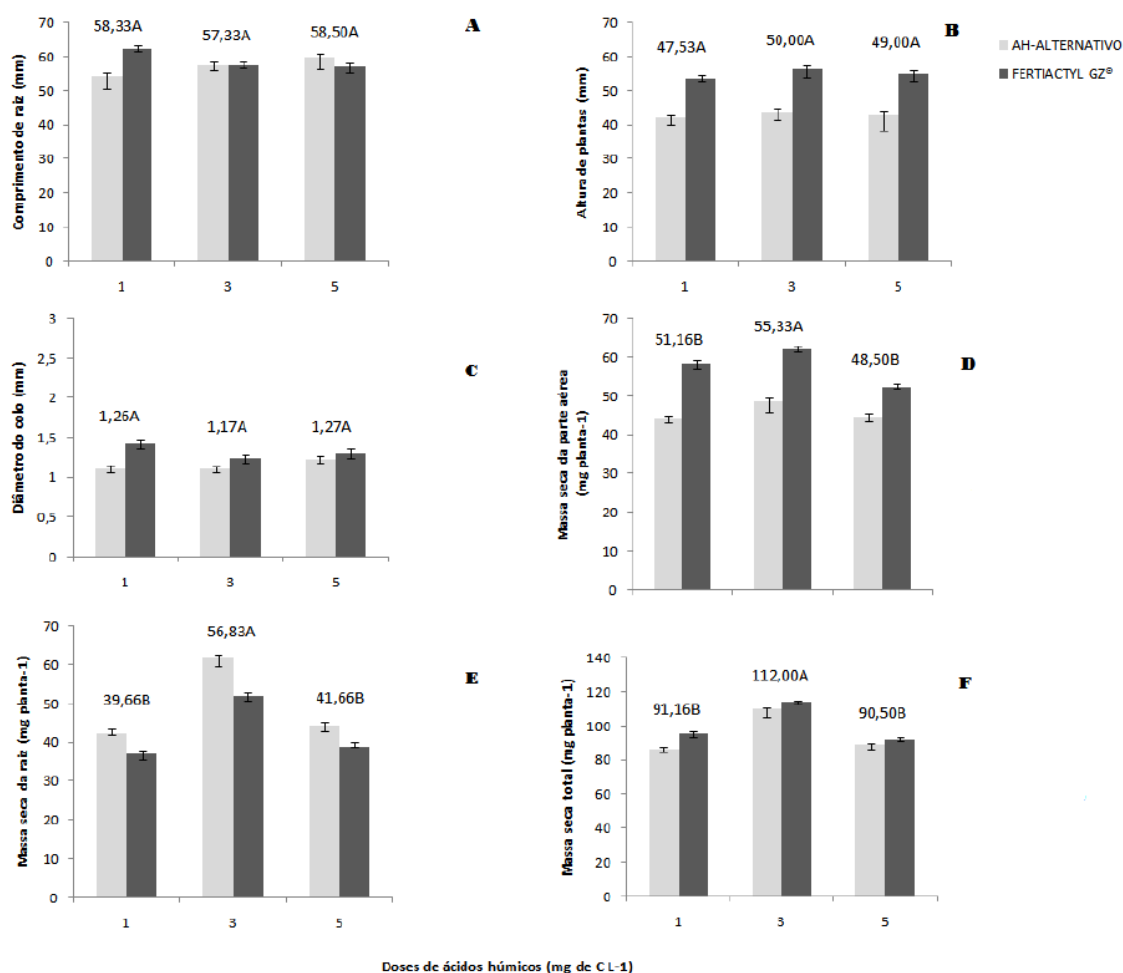
**Figura 4.** Comprimento de raiz e diâmetro do colo de mudas de alface aos 21DAS produzidas com fontes de ácidos húmicos. UFT, Gurupi-TO. Médias seguidas da mesma letra não diferem, entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Na avaliação dos efeitos das fontes e doses de AH no desenvolvimento de mudas de alface, não houve interação significativa entre os fatores para todas as variáveis avaliadas (Figura 5A, B, C, D, E e F). Contudo, foi observado que a

fonte comercial Fertiactyl GZ<sup>®</sup> na dose 3 mg L<sup>-1</sup> de C promoveu maior produção de massa seca de mudas, respectivamente para parte aérea, raiz e total, com incrementos de 8,15, 43,29 e 22,86% com relação à fonte AH-Alternativo e 14,08, 36,41 e 23,75% com relação à testemunha.

A maioria das respostas das plantas à aplicação de SH apresenta um padrão típico de maior crescimento em função do aumento progressivo das concentrações, havendo redução do crescimento para as concentrações mais elevadas de SH (Ayuso et al., 1996; Atiyeh et al., 2002). Nomura et al. (2012), usando o biofertilizante Humitec<sup>®</sup> (composto por AH e AF) em mudas de bananeira, verificaram que a produção de biomassa seca apresentou maior acúmulo na dose 4,0 mL planta<sup>-1</sup>, apresentando tendência de redução de acúmulo com o aumento das doses.

O efeito bioestimulante dos AH na promoção do crescimento vegetal em concentrações relativamente pequenas tem sido relacionado com a atividade similar à de hormônios vegetais, como as auxinas (Baldotto et al., 2009). Zandonadi et al. (2007) relataram que os AH podem regular as bombas do vacúolo, sugerindo a existência de um mecanismo complexo de regulação do metabolismo energético celular análogo ao descrito para auxinas.



**Figura 5.** Comprimento de raiz, altura de plantas, diâmetro do colo, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz e massa seca total de mudas de alface aos 21DAS produzidas com fontes e doses de ácidos húmicos. UFT, Gurupi-TO. Médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem, entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Resultados semelhantes ao observado neste trabalho foram relatados por Silva et al. (2000) trabalhando com alface cv. Aurélia, que verificaram um aumento na produção de MSPA de 257,49%. Silva & Jablonski (1995), também observaram um aumento de 227,27% na MSPA de alface Babá de Verão, com o uso de substâncias húmicas extraídas de um carvão da mina do Capané (Palermo CE-4200) na dose 30 mg L<sup>-1</sup>. Já Pinheiro et al. (2010) observaram decréscimos

no acúmulo de matéria seca de raiz, caule, folha e total em função do aumento das concentrações de C- ácido húmico de material húmico de origem comercial.

Os efeitos benéficos da aplicação de SH têm sido confirmados por muitos autores (Nikbakht et al., 2008; Baldotto et al., 2009; Pinheiro et al., 2010; Nomura et al., 2012), contudo são muito variáveis, mostrando a dificuldade de se identificar os mecanismos pelos quais as SH estimulam a atividade biológica das plantas.

A maioria dos trabalhos sobre bioatividade de SH têm-se concentrado nas frações solúveis em água ou de baixo peso molecular, porque essas substâncias poderiam acessar mais facilmente possíveis receptores na superfície da membrana plasmática ou o interior da célula (Vaughan & Malcolm, 1985). Contudo, Aguiar et al. (2009) e Canellas et al. (2010), utilizando a cromatografia por exclusão de tamanho, verificaram que a dimensão molecular não é decisiva na bioatividade dos AH.

Alguns mecanismos de ação têm sido propostos para explicar a indução do crescimento radicular pelos AH, como a formação de complexos solúveis, com cátions na rizosfera (Chen & Avid, 1990), bem como um aumento da permeabilidade da membrana plasmática pela ação surfactante dos AH (Visser, 1983) e mudanças no perfil de raiz pela exudação de ácidos orgânicos, que por sua vez, podem modificar a estrutura e montagem de AH (Canellas et al., 2008).

Assim, existe a necessidade de mais informações a esse respeito, considerando a variabilidade ambiental, genética vegetal, formas de aplicação, bem como a origem, forma de extração e doses dos ácidos húmicos utilizados.

## CONCLUSÕES

1. A aplicação de ácidos húmicos tem efeito benéfico no desenvolvimento de mudas de alface.
2. A fonte de AH comercial Fertiactyl GZ<sup>®</sup> promove maior crescimento de mudas de alface em relação à fonte AH-Alternativo.
3. A massa seca da raiz das mudas de alface é incrementada pela aplicação do AH-Alternativo.
4. A fonte de AH comercial Fertiactyl GZ<sup>®</sup> na dose 3 mg L<sup>-1</sup> de C de AH promove maior acúmulo de massa seca de mudas de alface.

## LITERATURA CITADA

- AGUIAR, N.O.; CANELLAS, L.P.; DOBBS, L.B.; ZANDONADI, D.B.; OLIVARES, F.L.; FAÇANHA, A.R. Distribuição de massa molecular de ácidos húmicos e promoção do crescimento radicular. *R. Bras. Ci. Solo*, 33:1613-1623, 2009.
- ASHRAF, M.; FOOLAD, M.R. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany*, 59: 206-216, 2007.
- ATIYEH, R.M.; LEE, S.; EDWARDS, C.A.; ARANCON, N.Q.; METZGER, J.D. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Bioresource Technology*, 84:7-14, 2002.
- AYUSO, M.; HERNANDEZ, T.; GARCIA, C.; PASCUAL, J.A. Stimulation of barley growth and nutrient absorption by humic substances originating from various organic materials. *Bioresource and Technology*, 57: 251-257, 1996.
- BALDOTTO, L.E.B.; BALDOTTO M.A.; GIRO, V.B.; CANELLAS, L.P.; OLIVARES, F.L.; BRESSAN-SMITH, R. Desempenho do abacaxizeiro 'Vitória' em resposta à aplicação de ácidos húmicos durante a aclimação. *R. Bras. Ci. Solo*, 33: 979-990, 2009.
- CANELLAS, L.P. & FAÇANHA, A.R. Chemical nature of soil humified fractions and their bioactivity. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39: 233-240, 2004.
- CANELLAS, L.P.; PICCOLO, A.; DOBBS, L.B.; SPACCINI, R.; OLIVARES, F.L.; ZANDONADI, D.B.; FAÇANHA, A.R. Chemical composition and bioactivity properties of size-fractions separated from a vermicompost humic acid. *Chemosphere*, 78: 457-466, 2010.
- CANELLAS, L.P.; TEIXEIRA JUNIOR, L.R.L.; DOBBS, L.B.; SILVA, C.A.; MÉDICI, L.O.; ZANDONADI, D.B.; FAÇANHA, A.R. Humic acids cross interactions with root and organic acids. *Annals of Applied Biology*, 153: 157-166, 2008.



- CANELLAS, L.P.; ZANDONADI, D.B.; OLIVARES, F.L.; FAÇANHA, A.R. Efeitos fisiológicos de substâncias húmicas - o estímulo às H<sup>+</sup>-ATPases. In: FERNANDES, M. S. *Nutrição mineral de plantas*. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p.175-200.
- CHEN, Y.; AVIAD, T. Effects of humic substances on plant growth. In: MACCARTHY, P.; CLAPP, C.E.; MALCOLM, R.L.; BLOOM, P.R., eds. *Humic substances in soil and crop sciences: Selected readings*. Madison, ASA/SSSA, 1990. p.161-186.
- COSTA, C.N. *Efeito das substâncias húmicas no desenvolvimento radicular da cebola, Allium cepa L., e na cinética de absorção de fósforo e potássio*. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2001. 51p. Dissertação Mestrado.
- COSTA, C.L.L.; COSTA, Z.V.B.; COSTA JÚNIOR, C.O.; ANDRADE, R.; SANTOS, J.G.R. Utilização de bioestimulante na produção de mudas de melancia. *Revista Verde*, 3: 110-115, 2008.
- CUNHA, T.J.F.; BASSOI, L.H.; SIMÕES, M.L.; MARTIN-NETO, L.; PETRERE, V.G.; RIBEIRO, P.R.A. Ácidos húmicos em solo fertirrigado no Vale do São Francisco. *R. Bras. Ci. Solo*, 33: 1583-1592, 2009.
- DELFINO, S.; TOGNETTI, R.; DESIDERIO, E.; ALVINO, A. Effects of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. *Agronomy for Sustainable Development*, 25: 183-191, 2005.
- DORLODOT, S.; FORSTER, B.; PAGES, L.; PRICE, A.; TUBEROSA, R.; DRAYE, X. Root system architecture: Opportunities and constraints for genetic improvement of crops. *Trends Plant Science*, 12: 474-481, 2007.
- EHSANPOUR, A.A.; FATAHIAN, N. Effects of salt and proline on *Medicago sativa callus*. *Plant Cell*, 73:53-56, 2003.
- FAÇANHA, A.R.; FAÇANHA, A.L.O.; OLIVARES, F.L.; GURIDI, F.; SANTOS, G.A.; VELLOSO, A.C.X.; RUMJANEK, V.M.; BRASIL, F.; SCHRIPEMA, J.; BRAZ-FILHO, R.; OLIVEIRA, M.A.; CANELLAS, L.P. Bioatividade de ácidos húmicos: efeito sobre o desenvolvimento radicular e sobre a bomba de prótons da membrana plasmática. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37: 1301-1310, 2002.
- FERRARA, G.; BRUNETTI, G. Influence of foliar applications of humic acids on yield and fruit quality of table grape cv. Itália. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 42: 79-87, 2008.
- FERREIRA, D.F. *Sistema de análises de variância para dados balanceados*. Lavras: UFLA, 2000. (SISVAR 4. 1. pacote computacional).
- GUERRA, J.G.M.; SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CAMARGO, F.A.O. Macromoléculas e substâncias húmicas. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O., eds. *Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais*. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p.19-26.
- LIMA, A.A.; ALVARENGA, M.A.R.; RODRIGUES, L.; CARVALHO, J.G. Concentração foliar de nutrientes e produtividade de tomateiro cultivado sob diferentes substratos e doses de ácidos húmicos. *Hortic. Bras.*, 29: 63-69, 2001.
- MARIN, A.; SANTOS, D.M.M. Interação da deficiência hídrica e da toxicidade do alumínio em guandu cultivado em hidroponia. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43: 1267-1275, 2008.
- MARQUES JÚNIOR, R.B.; CANELLAS, L.P.; SILVA, L.G.; OLIVARES, F.L. Promoção de enraizamento de microtoletes de cana-de-açúcar pelo uso conjunto de substâncias húmicas e bactérias diazotróficas endofíticas. *R. Bras. Ci. Solo*, 32: 1121-1128, 2008.
- MENDONÇA, E.S. & MATOS, E.S. *Matéria orgânica do solo: Métodos de análises*. UFV- Viçosa, 2005. 77p.
- MUSCOLO, A.; FRANCIOSO, O.; TUGNOLI, V.; NARDI, S. The auxin-like activity of humic substances is related to membrane interactions in carrot cell cultures. *Journal of Chemical Ecology*, 33:115-129, 2007.
- NANJO, T.; FUJITA, M.; SEKI, M.; KATO, T.; TABATA, S.; SHINOZAKI, K. Toxicity of free proline revealed in an *Arabidopsis* T-DNA-tagged mutant deficient in proline dehydrogenase. *Plant Cell Physiology*, 44: 541-548, 2003.
- NIBAU, C.; GIBBS, D.J.; COATES, J.C. Branching out in new directions: The control of root architecture by lateral root formation. *New Phytologist*, 179: 595-614, 2008.
- NIKBAKHT, A.; KAFI, M.; BABALAR, M.; XIA, Y. P.; LUO, A.; ETEMADI, N. Effect of humic acid on plant growth, nutrient uptake, and postharvest life of gerbera. *Journal of Plant Nutrition*, 31: 2155-2167, 2008.
- NOMURA, E.S.; DAMATTO JUNIOR, E.R.; FUZITANI, E.J.; SAES, L.A.; JENSEN, E. Aclimatização de mudas micropropagadas de bananeira ‘Grand Naine’ com aplicação de biofertilizantes em duas estações do ano. *Revista Ceres*, 59: 518-529, 2012.
- PICCOLO, A. The supramolecular structure of humic substances. *Soil Science*, 166: 810-832, 2001.
- PICCOLLO, A. The supramolecular structure of humic substances: A novel understanding of humus chemistry and implications in soil science. *Advances in Agronomy*, 75: 57-134, 2002.
- PINHEIRO, G.L.; SILVA, C.A.; FURLANI NETO, E.F. Crescimento e nutrição de clone de eucalipto em resposta à aplicação de concentrações de c-ácido húmico. *R. Bras. Ci. Solo*, 34: 1217-1229, 2010.
- RAYLE, D.L.; CLEAND, R. The acid growth theory of auxin induced cell elongation is alive and well. *Plant Physiology*, 99: 1271-1274, 1992.
- RIMA, J.A.H.; MARTIM, A.S.; DOBBS, L.B.; EVARISTO, J.A.M.; RETAMAL, C.A.; FAÇANHA, A.R.; CANELLAS, L.P. Adição de ácido cítrico potencializa a ação de ácidos húmicos e altera o perfil protéico da membrana plasmática em raízes de milho. *Ciência Rural*, 41: 614-620, 2011.
- RODDA, M.R.C.; CANELLAS, L.P.; FAÇANHA, A.R.; ZANDONADI, D.B.; GUERRA, J.G. M.; ALMEIDA, D.L.; SANTOS, G.A. Estímulo no crescimento e na hidrólise de ATP em raízes de alface tratadas com humatos de vermicomposto. I - Efeito da concentração. *R. Bras. Ci. Solo*, 30: 649-656, 2006.

FREITAS, GA; RODRIGUES, LU; SANTOS, ACM; CARNEIRO, JSS; DEUSDÁRA, TT; SILVA, RR. INFLUÊNCIA DE FRAÇÕES DE ÁCIDOS HÚMICOS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ALFACE. *Amazon Soil – I Encontro de Ciência do Solo da Amazônia Oriental*, p. 130-139.

- ROSA, C.M.; CASTILHOS, R.M.V.; VAHL, L.C.; CASTILHOS, D.D.; PINTO, L.F.S.; OLIVEIRA, E.S.; LEAL, O.A. Efeito de substâncias húmicas na cinética de absorção de potássio, crescimento de plantas e concentração de nutrientes em *Phaseolus vulgaris* L. *R. Bras. Ci. Solo*, 33: 959-967, 2009.
- SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. *Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais*. Porto Alegre, Gênese, 1999. 491p.
- SCOTT, A.J.; KNOTT, M. Accouter analysis methods for grouping means in the analysis of variants. *Biometrics*, 30: 507-512, 1974.
- SILVA, A.C.; CANELLAS, L.P.; OLIVARES, F.L.; DOBBS, L.B.; AGUIAR, N.O.; FRADE, D.A.R.; REZENDE, C.E.; PERES, L.E.P. Promoção do crescimento radicular de plântulas de tomateiro por substâncias húmicas isoladas de turfeiras. *R. Bras. Ci. Solo*, 35: 1609-1617, 2011.
- SILVA, R.M.; JABLONSKI, A. Uso de ácidos húmicos e fúlvicos em solução nutritiva na produção de alface. *EGATEA: Revista da Escola de Engenharia*, 23: 71-78, 1995.
- SILVEIRA, J.A.G.; SILVA, S.L.F.; SILVA, E.N.; VIEGAS, R.A. Mecanismos biomoleculares envolvidos com a resistência ao estresse salino em plantas. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. *Manejo da salinidade na agricultura*. Fortaleza, INCT Sal, 2010. p. 472.
- SWIFT, R. S. Organic matter characterization. In: SPARKS, DL, ed. *Methods of soil analysis*. Part 3. Chemical methods. Soil Sci. Soc. Am. Book Series: 5. Soil Sci. Soc. Am. Madison, 1996. p. 1018-1020.
- TEJADA, M.; GONZALEZ, J.L. Effect of foliar application of a by product of the two-step olive oil mill process on riceyield. *Europe Journal Agronomy*, 21:31-40, 2004.
- TURKMEN, O.; DURSUN, A.; TURAN, M.; ERDINC, C. Calcium and humic acid affect seed germination, growth, and nutrient content of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) seedlings under saline soil conditions. *Acta Agric. Scandinavica* Section B- Soil Plant Science, 54: 168-174, 2004.
- VAUGHAN, D; MALCOM, R.E.; ORD, B.G. Influence of humic substances on biochemical processes in plants. In: VAUGHAN, D; MALCOM, R.E. *Soil organic matter and biological activit*. Dordrecht, Martinus Nijhoff/Junk W, 1985. p.77-108.
- VISSER, S. A. Fluorescence phenomena of humic matter of aquatic origin and microbial cultures. In: CHRISTMAN, R. F.; GESSING, E. T., eds. *Aquatic and terrestrial humic materials*. Ann Arbor, Ann Arbor Science, 1983. p. 183-202.
- ZANDONADI, D.B.; CANELLAS, L.P.; FAÇANHA, A.R. Indolacetic and humic acids induce lateral root development through a concerted plasmalemma and tonoplast H<sup>+</sup> pumps activation. *Planta*, 225: 1583-1595, 2007.