

APLICAÇÃO DE DIFERENTES FONTES E FRAÇÕES DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS E SEU EFEITO NA COMPOSIÇÃO ELEMENTAR DE RAÍZES E FOLHAS DE PLANTAS DE PEPINO (*CUCUMIS SATIVUS* L.)

Data de aceite: 01/04/2024

Ayhessa Cristina Santos de Lima

Estudante de graduação em Agronomia
(UFRRJ)

Samuel de Abreu Lopes

Estudante de graduação em Agronomia
(UFRRJ)

Raphaella Esterque Cantarino

Estudante de graduação em Agronomia
(UFRRJ)

Tadeu Augusto van Tol de Castro

Doutorando do Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo (UFRRJ)

Andrés Calderín Garcia

Professor do Departamento de Solos
(UFRRJ)

amostras vegetais foi realizada por um FlashSmart CHNS e o teor de oxigênio (O) foi determinado por diferença. Os resultados obtidos demonstram de maneira evidente a existência de diferenças nos efeitos sobre a composição elementar de raízes e folhas das plantas, sendo de um tipo para ácidos húmicos e de outro para ácidos fúlvicos. De maneira geral, os estímulos nas quantidades de C, H, N e O das raízes foram semelhantes, havendo aumento ou redução conjunta pelo efeito das substâncias húmicas, porém com intensidades diferentes, onde as alterações mais abruptas foram proporcionadas pela aplicação de ácido húmico de leonardita. Nas folhas foram observadas alterações significativas pela aplicação de ácido fúlvico de vermicomposto, havendo aumento na quantidade de C, H e, principalmente, N, e redução do teor de O.

PALAVRAS-CHAVE: ácido fúlvico, ácido húmico, bioatividade, teor elementar.

RESUMO: O estudo objetivou avaliar a composição elementar de raízes e folhas de plantas de pepino (*Cucumis sativus* L.) submetidas à aplicação radicular em solução nutritiva de frações húmicas obtidas a partir de vermicomposto de esterco bovino processado por minhocas vermelhas africanas e de leonardita de origem tcheca. A análise do teor de carbono (C), hidrogênio (H) e nitrogênio (N) nas

APPLICATION OF DIFFERENT SOURCES AND FRACTIONS OF HUMIC SUBSTANCES AND THEIR EFFECT ON THE ELEMENTAL COMPOSITION OF ROOTS AND LEAVES OF CUCUMBER PLANTS (*CUCUMIS SATIVUS L.*)

ABSTRACT: The study aimed to evaluate the elemental composition of roots and leaves of cucumber plants (*Cucumis sativus L.*) subjected to root application in a nutrient solution of humic fractions obtained from bovine manure vermicompost processed by African red earthworms and leonardite of Czech origin. Analysis of carbon (C), hydrogen (H) and nitrogen (N) content in plant samples was performed by a FlashSmart CHNS and oxygen (O) content was determined by difference. The results obtained clearly demonstrate the existence of differences in the effects on the elemental composition of plant roots and leaves, being of one type for humic acids and another for fulvic acids. In general, the stimuli in the amounts of C, H, N and O in the roots were similar, with a joint increase or reduction due to the effect of humic substances, but with different intensities, the most abrupt changes were provided by the application of leonardite humic acid. In the leaves, significant changes were observed by the application of vermicompost fulvic acid, with an increase in the amount of C, H and, mainly, N, and a reduction in the O content.

KEYWORDS: bioactivity, elemental content, fulvic acid, humic acid.

INTRODUÇÃO

As substâncias húmicas (SH) são frações estáveis da matéria orgânica do solo e têm seu fracionamento definido por características físico-químicas distintas, obtidas com base em critérios de solubilidade. São usualmente classificadas como: ácido fúlvico (AF), fração solúvel em meios alcalino e ácido; ácido húmico (AH), fração solúvel em meio alcalino e insolúvel em meio ácido; e humina, fração insolúvel em qualquer condição de pH (MUSCOLO;SIDARI, 2009; BOTERO, 2010). A atividade biológica das SH depende do material de origem, tamanho molecular, concentração, estrutura e composição (BALDOTTO e BALDOTTO, 2014). Considerando a regulação transcricional de redes genéticas, alguns estudos afirmam que a aplicação de SH afeta certos fatores de transcrição envolvidos na absorção radicular e subsequente metabolismo de diferentes nutrientes, mostrando efeitos positivos no metabolismo vegetal e no desenvolvimento das plantas (GARCÍA et al., 2019; TAVARES et al., 2020; CASTRO et al., 2021). O interesse na aplicação de bioestimulantes à base de SH em áreas de cultivo tem se tornado frequente na comunidade agrícola, uma vez que os custos associados às substâncias húmicas são geralmente considerados baixos, por serem derivadas de compostos orgânicos e aplicadas em concentrações relativamente baixas.

Desse modo, o presente estudo foi conduzido a fim de avaliar a composição elementar de raízes e folhas de plantas de pepino (*Cucumis sativus L.*) submetidas a aplicação radicular em solução nutritiva de diferentes fontes e frações de SH.

MATERIAL E MÉTODOS

As frações húmicas utilizadas no estudo foram obtidas a partir de vermicomposto (AHVC e AFVC) e de leonardita (AHCHECO). O ácido húmico e fúlvico de vermicomposto foram extraídos a partir do produto da vermicompostagem de esterco bovino processado por minhocas vermelhas africanas (*Eudriluseugeniae spp.*) durante aproximadamente 90 dias, na Fazendinha Agroecológica do km 47, Seropédica-RJ. O AHCHECO foi extraído na Facultad de Ciencias da Universidad de Navarra, obtido a partir de leonardita de origem tcheca. As substâncias húmicas foram extraídas seguindo a metodologia da Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (SISH) e de acordo com o protocolo metodológico descrito por Swift (1996).

As sementes de pepino (*Cucumissativus L.*) da variedade Ashley foram germinadas em água com 1mM de CaSO_4 , no escuro, sobre perlita e papel filtro umedecido em câmara de germinação. Uma semana após a germinação, as plantas foram transferidas para recipientes de 7L em solução hidropônica. A solução nutritiva utilizada foi: 0,63 mM de K_2SO_4 ; 0,5 mM de KH_2PO_4 ; 0,5 mM de CaSO_4 ; 0,30 mM de MgSO_4 ; 0,25 mM de KNO_3 ; 0,05 mM de KCl e 0,87 mM de $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$; 40 μM de H_3BO_3 ; 4 μM de MnSO_4 ; 2 μM de CuSO_4 ; 4 μM de ZnSO_4 e 1,4 μM de Na_2MoO_4 . A solução nutritiva continha 40 μM de ferro como EDDHA quelato (80% de isômero orto-orto). Nenhuma precipitação de espécies inorgânicas de Fe foi observada ao longo do experimento. O pH das soluções nutritivas foi mantido em 6,0 e não se alterou significativamente durante o experimento. Todos os experimentos foram realizados em câmara de crescimento a 28/21 °C, umidade relativa de 70–75% e fotoperíodo, dia/noite, de 15/9 h (irradiância: 250 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Após 10 dias de crescimento das plantas, foram aplicados quatro tratamentos por aplicação via radicular: tratamento controle, que recebeu apenas a solução nutritiva, AHVC 50 mg L⁻¹, AFVC 50 mg L⁻¹ e AHCHECO 50 mg L⁻¹. As plantas foram coletadas aos 22 DAG, correspondente a 120 horas após a aplicação dos tratamentos. Determinada parte do material vegetal foi pesada e posteriormente seca (60°C) para determinação da massa seca da parte aérea e massa seca da raiz, e outra parte foi congelada em nitrogênio líquido e armazenados a -80 °C para posterior análise. Todas as determinações foram realizadas com cinco repetições. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado. O teste de média foi feito por tukey ($p < 0,05$).

A análise do teor de carbono, hidrogênio e nitrogênio nas amostras de raiz e parte aérea foi realizada por um FlashSmart CHNS. As amostras secas foram primeiramente trituradas. Aproximadamente 1mg de amostra foi preparado para cada uma das medições e foi repetido duas vezes para cada repetição. O teor de oxigênio foi determinado por diferença (base livre de cinzas).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra a composição elementar de raízes e folhas de plantas de pepino submetidas a aplicação radicular de AHVC, AFVC e AHCHECO à 50 ppm. A aplicação de todos os tipos de substâncias húmicas resultou em aumento significativo na quantidade de carbono radicular, sendo que o teor em raízes tratadas com AHCHECO se mostrou significativamente superior aos de outras SH. Nas folhas apenas a aplicação de AFVC resultou em teor de C estatisticamente superior aos demais tratamentos.

Em relação ao teor de hidrogênio, assim como para o percentual de C, a aplicação de AHVC, AFVC e AHCHECO resultou em aumento significativo nas raízes quando comparado com o controle, sendo que as tratadas com AHCHECO mostraram quantidade de H estatisticamente superior ao estímulo resultante do AHVC. Nas folhas, apenas a aplicação de AFVC resultou em quantidade de hidrogênio significativamente superior ao controle. O teor de nitrogênio nas raízes não sofreu alterações significativas devido à aplicação de substâncias húmicas via radicular. A quantidade de N nas folhas aumentou significativamente somente pela aplicação de AFVC. O teor de oxigênio nas raízes reduziu significativamente independentemente do tipo de substância húmica aplicada em comparação com o controle, porém, o AHCHECO resultou em quantidade de O significativamente inferior aos observado pela aplicação de AHVC e AFVC. Nas folhas apenas a aplicação de AFVC resultou alterações significativas com o controle, reduzindo o teor de oxigênio neste órgão.

Os resultados mostram claramente que há diferenças nos efeitos sobre a composição elementar de raízes e folhas de plantas, sendo de um tipo para ácidos húmicos e de outro para ácidos fúlvicos. De maneira geral, os estímulos nas quantidades de C, H, N e O das raízes foram semelhantes, havendo aumento ou redução conjunta pelo efeito das substâncias húmicas, porém com intensidades diferentes, sendo o AHCHECO o que resultou nas alterações mais abruptas, como discutido anteriormente. No entanto, nas folhas, as quantidades de C, H, N e O sofreram alterações significativas apenas pela aplicação de AFVC, havendo aumento na quantidade de C, H e N, e redução do teor de O.

O impacto das substâncias húmicas na promoção da absorção e remobilização de macronutrientes pelas plantas ocorre devido a uma combinação de efeitos diretos no metabolismo das plantas e alterações na rizosfera. Embora os mecanismos subjacentes que estimulam a absorção de nutrientes nas plantas tratadas com SH ainda não estejam completamente compreendidos, os benefícios desses compostos na nutrição das plantas são notáveis (MORA et al., 2014; TAVARES et al., 2016; CASTRO et al., 2021).

Tabela 1: Composição elementar de raízes e folhas de plantas de pepino submetidas a aplicação radicular de AHVC, AFVC e AHCHECO à 50 ppm.

		Controle	AHVC 50	AFVC 50	AHCHECO 50
		%			
C	Raiz	36,07 c	38,25 b	38,51 b	39,61 a
	Folha	39,36 b	38,57 b	60,54 a	37,07 b
H	Raiz	4,63 c	5,22 b	5,27 ab	5,39 a
	Folha	5,75 b	5,49 b	8,70 a	5,43 b
N	Raiz	5,55 a	5,57 a	5,46 a	5,47 a
	Folha	5,68 b	5,24 b	8,86 a	5,30 b
O	Raiz	53,75 a	50,96 b	50,76 b	49,53 c
	Folha	49,21 a	50,70 a	21,89 b	52,20 a

*Valores que apresentam letras semelhantes na mesma linha não diferiram significativamente entre si, por tukey>0,05.

CONCLUSÕES

A aplicação das substâncias húmicas exerce efeitos significativos de diferentes intensidades sob a regulação dos teores de carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio de raízes e folhas, indicando o potencial promissor do uso destes bioestimulantes no acúmulo de elementos essenciais para a cultura. Os resultados não só validam seus efeitos, mas também abrem campo para alavancar mais estudos acerca do tema e explorar seu pleno potencial.

AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Química Biológica do Solo, ao PPGA-CS, a SBCS, a UNAV SciencesFaculty e a UFRRJ. Também agradecemos às agências de fomento CAPES, FAPERJ e CNPq pela disponibilização de recursos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOTERO, W. G. **Substâncias húmicas: interações com nutrientes e contaminantes**. 2010. 75 p. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2010.

BALDOTTO, M. A.; BALDOTTO, L. E. B. Ácidos húmicos. **Revista Ceres, Viçosa**, v. 61, n. 7, p. 856-881, nov./dez. 2014.

CASTRO, T. A. V. T.; BERBARA, R. L. L.; TAVARES, O. C. H.; MELLO, D. F. G.; PEREIRA, E. G.; SOUZA, C. C. B.; ESPINOSA, L. M.; GARCÍA, A. C. Humic acids induce a eustress state via photosynthesis and nitrogen metabolism leading to a root growth improvement in rice plants. **Plant PhysiolBiochem**, v.162, p. 171–184, 2021.

GARCÍA, A. C.; CASTRO, T. A. V. T.; SANTOS, L. A.; TAVARES, O. C. H.; CASTRO, R. N.; BERBARA, R. L. L.; GARCÍA-MINA, J. M. Structure–Property–Function Relationship of Humic Substances in Modulating the Root Growth of Plants: A Review. **Journal of Environmental Quality**, v. 48, p. 1622–1632, 2019.

MORA, V.; BACAICOA, E.; BAIGORRI, R.; ZAMARRENO, A.M.; GARCÍA-MINA, J.M.N.O. NO and IAA Key Regulators in the Shoot Growth Promoting Action of Humic Acid in Cucumis sativus L. **J Plant Growth Regul.**, v. 33, p. 430–439, 2014.

MUSCOLO, A.; SIDARI, M. Carboxyl and phenolic humic fractions affect Pinus nigra callus growth and metabolism. **Soil Science Society of America Journal**, v. 73, n. 4, p. 1119-1129, 2009.

SWIFT, R.S. Organic matter characterization. In: SPARKS, D.L.; PAGE, A.L.; HELMKE, P.A.; LOEPPERT, R.H.; SOLTANPOUR, P.N.; TABATABAI, M.A.; JOHNSTON, C.T. & SUMNER, M.E., eds. Methods of soil analysis. Chemical methods. Part 3. Madison, Soil Science Society of America; **American Society of Agronomy**, 1996. p.1011-1020.

TAVARES, O.; SANTOS, L.; FERREIRA, L.; SPERANDIO, M.; DA ROCHA, J.; GARCÍA, A.; DOBBSS, L.; BERBARA, R.; DE SOUZA, S.; FERNANDES, M. Humic acid differentially improves nitrate kinetics under low- and high-affinity systems and alters the expression of plasma membrane H⁺-ATPases and nitrate transporters in rice. **Ann Appl Biol**, v. 170, p. 89-103, 2016.

TAVARES, O.C.H.; SANTOS, L. A.; FERREIRA, D. F.; & FERREIRA, L. M.; GARCÍA, A. C.; CASTRO, T. A. V. T.; ZONTA, E.; PEREIRA, M. G. Response surface modeling of humic acid stimulation of the rice (*Oryza sativa* L.) root system. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 67, 2020.