

UTILIZAÇÃO DE BIOESTIMULANTE HÚMICO COMO AMENIZADOR DE EFEITOS NEGATIVOS CAUSADOS PELO ESTRESSE HÍDRICO SOBRE RAÍZES DE PLANTAS DE ARROZ (ORYZA SATIVA L.)

Data de aceite: 01/04/2024

Raphaella Esterque Cantarino

Estudante de graduação em Agronomia
(UFRRJ)

Ayheesa Cristina Santos de Lima

Estudante de graduação em Agronomia
(UFRRJ)

Samuel de Abreu Lopes

Estudante de graduação em Agronomia
(UFRRJ)

João Augusto Dourado Loiola

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

Tadeu Augusto Van Tol de Castro

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

Andrés Calderín García

Professor do Departamento de Solos
(UFRRJ)

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de ácido húmico extraído de vermicomposto (AHVC) no desenvolvimento e morfologia radicular de plantas submetidas a estresse hídrico. A espécie utilizada foi o arroz (*Oryza sativa* L.) da variedade BRS Esmeralda. Foram previamente testadas concentrações

crescentes (0, 2, 5, 10, 30 e 50 mg de AH. L⁻¹), para obtenção da dose de maior estímulo vegetal, sendo a de 5 mg de AHVC L⁻¹. As plantas foram cultivadas em solução nutritiva. Quinze dias após o transplante se deu início à aplicação do AHVC (5 mg L⁻¹), após cinco dias de tratamento as plantas foram coletadas. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (Controle; AH; PEG-6000; AH+PEG-6000) e vinte repetições. Foram avaliados parâmetros de desenvolvimento radicular. A aplicação de AHVC em plantas sob estresse hídrico foi eficiente para a manutenção do desenvolvimento de plantas cultivadas em PEG-6000. O ácido húmico desencadeou efeito protetor no crescimento vegetal em condições de baixa disponibilidade de água, amenizando as reduções na emissão, comprimento, área, volume e diâmetro das raízes, uma vez que as plantas tratadas com AH+PEG apresentaram valores maiores de em todos os parâmetros relacionados ao sistema radicular do que as plantas submetidas apenas ao PEG-6000. Os resultados demonstram que a aplicação radicular de AHVC atuou na regulação do desenvolvimento de plantas, auxiliando na proteção contra o déficit hídrico.

PALAVRAS-CHAVE: ácido húmico, bioatividade, substância húmica, sustentabilidade, vermicomposto

USE OF HUMIC BIOSTIMULANT TO MITIGATE NEGATIVE EFFECTS CAUSED BY WATER STRESS ON ROOTS OF RICE PLANTS (*ORYZA SATIVA* L.)

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the effects of humic acid extracted from vermicompost (AHVC) on the development and root morphology of plants subjected to water stress. The species used was rice (*Oryza sativa* L.) of the BRS Esmeralda variety. Increasing concentrations (0, 2, 5, 10, 30 and 50 mg of HA. L⁻¹) were previously tested to obtain the dose of greatest plant stimulus, being 5 mg of HAVC L⁻¹. The plants were grown in nutrient solution. Fifteen days after transplanting, the application of AHVC (5 mg L⁻¹) began, after five days of treatment the plants were collected. The experimental design used was completely randomized, with four treatments (Control; AH; PEG-6000; AH+PEG-6000) and twenty replications. Root development parameters were evaluated. The application of AHVC to plants under water stress was efficient in maintaining the development of plants grown in PEG-6000. Humic acid triggered a protective effect on plant growth in conditions of low water availability, mitigating reductions in root emission, length, area, volume and diameter, since plants treated with AH+PEG showed higher values in all parameters related to the root system than plants subjected only to PEG-6000. The results demonstrate that the root application of AHVC acted to regulate plant development, helping to protect against water deficit.

KEYWORDS: bioactivity, humic acid, humic substance, sustainability, vermicompost

INTRODUÇÃO

As substâncias húmicas (SH) exercem influência sobre os ambientes onde estão presentes e desempenham uma função crucial no metabolismo e no desenvolvimento das plantas. Uma das principais vantagens desses compostos é sua origem em processos naturais. As SH provenientes da vermicompostagem são amplamente adotadas e promissoras, podendo contribuir para o avanço de práticas agrícolas mais sustentáveis (CANELLAS, SANTOS, 2005). As alterações preponderantes nas plantas, devido à influência das substâncias húmicas estão associadas ao sistema radicular, envolvendo modificações na quantidade, extensão, espessura, área e volume das raízes. Diversas pesquisas realizadas por distintos estudiosos evidenciaram a manifestação desses efeitos no desenvolvimento radicular mediante a aplicação de substâncias húmicas (CASTRO et al., 2021).

De maneira geral, os estresses causados por fatores não bióticos exercem uma influência significativamente adversa sobre o rendimento das plantas, especialmente quando ocorrem combinações desses estresses, o que, em muitos casos, pode resultar em consequências fatais para o crescimento das culturas (MITTLER, 2006). Em decorrência da escassez de água, há uma redução na capacidade de abertura dos estômatos,

modificações no potencial hídrico dos órgãos vegetais, na taxa de assimilação de CO₂ e na taxa de transpiração (TAIZ et al., 2017). O arroz, como outras espécies, responde ao déficit hídrico por meio da diminuição da área foliar, da produção de matéria orgânica, da altura da planta, pela supressão de perfilhos, pelo retardamento dos estágios reprodutivos e por alterações na profundidade das raízes e no peso seco destas (GUIMARÃES et al., 2011).

Os ácidos húmicos (AH) têm demonstrado capacidade de reduzir os efeitos negativos resultantes da baixa disponibilidade de água em diferentes espécies de plantas. A aplicação de SH em plantas submetidas a essas condições exerce influência no sistema de defesa oxidativo, nos teores de pigmentos fotossintéticos e nos teores de prolina. Foi demonstrado que o “estresse coloidal” resultante do acúmulo de ácidos húmicos nas raízes, o que causa entupimento dos poros, é responsável por alterações metabólicas e pela regulação dos níveis de EROs e atividade de enzimas anti-oxidativas (GARCÍA et al. 2014; AGUIAR et al., 2016). Os compostos húmicos têm evidenciado a capacidade de atenuar os impactos adversos decorrentes da escassez de água em diversas espécies vegetais. A administração de substâncias húmicas em plantas sujeitas a tais condições exerce um impacto significativo no sistema de proteção antioxidante, nos níveis de pigmentos envolvidos na fotossíntese e nas concentrações de prolina. Estudos demonstraram que o “estresse devido ao acúmulo de substâncias húmicas” nas raízes, levando ao bloqueio dos poros, desencadeia modificações metabólicas e regula os níveis de Espécies Reativas de Oxigênio (EROs) e a atividade de enzimas antioxidantes (GARCÍA et al., 2014; AGUIAR et al., 2016).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a biotividade das raízes em plantas de arroz com e sem a aplicação de ácido húmico via radicular em ambiente sob condições normais e de déficit hídrico induzido por polietileno glicol (PEG-6000).

MATERIAL E MÉTODOS

O ácido húmico foi obtido a partir de vermicomposto (AHVC) de esterco bovino processado por minhocas vermelhas africanas (*Eudrilus eugeniae* spp.) durante aproximadamente 90 dias, na Fazendinha Agroecológica do km 47, Seropédica-RJ. A substância húmica foi extraída seguindo a metodologia da Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (SISH) e de acordo com o protocolo metodológico descrito por Swift (1996). O experimento foi conduzido no Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, localizada em Seropédica-RJ. A espécie utilizada no estudo foi o arroz (*Oryza sativa* L.) da variedade BRS Esmeralda, cultivado em casa de vegetação climatizada.

As sementes de arroz foram desinfestadas previamente com hipoclorito de sódio (2%) por 10 minutos e posteriormente lavadas com água destilada. Em seguida, as sementes foram transferidas a potes com gaze que continham somente água destilada.

Quatro dias após a germinação das sementes, as plântulas receberam uma solução de Hoagland (Hoagland e Arnon, 1950) modificada a 1/8 da força iônica total (F.I.T). Após dois dias foi trocada a solução de Hoagland para 1/4 da F.I.T total, e novamente trocada depois de mais dois dias para 1/2 F.I.T. Dois dias após a última troca de solução, as plantas foram transplantadas para potes de 0,7L contendo solução de Hoagland a 1/2 F.I.T. Todas as soluções preparadas tinham como fonte de nitrogênio N-NO_3^- a 2mM e pH ajustado a 5,6. Quinze dias após o transplante foi iniciada a aplicação dos tratamentos, e cinco dias após o início dos testes ocorreram as coletas para avaliação das raízes.

Foi realizado um ensaio experimental onde ocorreu aplicação de ácido húmico via sistema radicular em plantas de arroz da var. BRS Esmeralda sob condições normais e de déficit hídrico induzido por polietileno glicol (PEG-6000). Adotaram-se quatro tratamentos: controle; AH (5 mg.L⁻¹); PEG-6000; AH (5 mg.L⁻¹) + PEG-6000. As plantas foram submetidas ao estresse hídrico de forma gradual, no início dos tratamentos a indução ao estresse se deu por PEG-6000 aos 15%, um dia após a aplicação do PEG a concentração foi alterada para 20%, e passados mais dois dias foi aplicado PEG aos 25%, permanecendo nesta concentração até o momento da coleta.

A avaliação do desenvolvimento do sistema radicular das plantas mediante os diferentes caracteres morfológicos foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Tavares (2014). Utilizou-se um sistema de digitalização Epson Expression 10000XL. Os limites das imagens foram definidos sendo analisados os respectivos caracteres da raiz para sua quantificação, com digitalização em resolução de 600 dpi e então importados para o software WinRHIZO, 2012b (Régent Instruments, Quebec, Canadá Inc.)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 revela que o efeito resultante dos diferentes testes foi similar nas alterações de quantidade e de comprimento radicular (mm), havendo diferenças significativas entre as raízes de todos os tratamentos. Ambos os parâmetros foram estimulados em maior intensidade pelo teste com aplicação de AH, apresentando superioridade significativa aos demais tratamentos. O estresse hídrico também resultou em aumento significativo na quantidade e comprimento (mm) das raízes em relação ao controle, no entanto com menor intensidade. As raízes tratadas com AH+PEG apresentaram número e comprimento significativamente maiores que o tratamento com PEG, porém inferiores aos obtidos em raízes submetidas apenas ao AH.

A área radicular (mm²) e o diâmetro médio (mm/10) apresentaram comportamento semelhante frente aos diferentes testes. As plantas submetidas ao déficit hídrico foram as únicas que não apresentaram diferenças significativas com o controle para estes indicadores morfológicos. Assim como para a quantidade e comprimento (mm) de raízes, a aplicação de AH resultou nos maiores valores de área (mm²) e diâmetro médio (mm/10) radicular.

As plantas submetidas ao teste contendo AH+PEG demonstraram maior estímulo para estes parâmetros do que as raízes de plantas controle e de plantas submetidas somente ao estresse hídrico, todavia demonstraram menor estímulo do que as plantas tratadas somente com AH. As raízes de plantas tratadas com PEG e com AH+PEG apresentaram volume (mm^3) estatisticamente diferente entre si, porém ambas não diferiram do controle, embora o tratamento com estresse tenha resultado em menor volume e o tratamento com AH+PEG em maior volume do que as plantas testemunhas. A aplicação do ácido húmico de vermicomposto resultou em valores significativamente maiores deste parâmetro em comparação aos outros testes.

Analisando a Figura 1 fica evidenciado que o estresse hídrico levou ao aumento da quantidade e comprimento (mm) de raízes em comparação com plantas cultivadas em condições normais. A explicação para este efeito pode ser atribuída ao exposto por alguns autores, onde afirmam que para evitar o estresse hídrico as plantas desenvolvem estratégias para aumentar a captação de água em profundidade, através do aumento na emissão de raízes e do alongamento radicular (HENRY, 2013; FERREIRA, 2017). De acordo com Herder et al. (2010), o desenvolvimento de raízes mais finas é um mecanismo desencadeado por plantas em situação de estresse hídrico com objetivo de aumentar a absorção de água, uma vez que raízes de menor diâmetro são mais eficientes neste processo.

A aplicação de AHVC em condições de estresse (AH+PEG) resultou em plantas com quantidade e comprimento (mm) de raízes maiores do que em plantas apenas sob estresse hídrico, além de apresentarem maior área (mm^2), volume (mm^3) e diâmetro (mm/10) radicular. Logo, a substância húmica contribuiu para o desenvolvimento do sistema radicular de plantas nesta condição adversa.

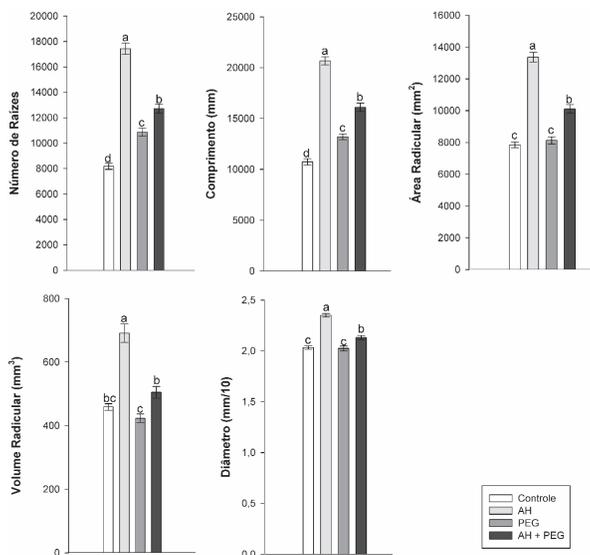


Figura 1: Efeitos da aplicação de ácido húmico de vermicomposto (AH), estresse hídrico (PEG-6000) e ácido húmico em conjunto com estresse hídrico (AH+PEG) em alguns parâmetros do desenvolvimento radicular de plantas de arroz da var. BRS Esmeralda.

CONCLUSÕES

O desenvolvimento radicular das plantas respondeu de forma satisfatória à aplicação de ácido húmico de vermicomposto via radicular em condições normais e sob indução ao estresse hídrico. O AHVC amenizou as reduções na emissão, alongamento, volume, área e espessura radicular, resultantes do estresse. Nossos resultados corroboram com a afirmativa estabelecida na literatura sobre a capacidade que as SH possuem em induzir o crescimento, a morfologia e arquitetura radicular das plantas, auxiliando na proteção contra o déficit hídrico.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Laboratório de Química Biológica do Solo, ao Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, ao PPGA-CS, a SBCS e a UFRRJ. Também agradecemos às agências de fomento CAPES, FAPERJ e CNPq pela disponibilização de recursos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, N. O.; MEDICI, L. O.; OLIVARES, F. L.; DOBBS, L. B.; TORRES-NETTO, A.; SILVA, S. F.; NOVOTNY, E. H.; CANELLAS, L. P. Metabolic profile and antioxidante responses during drought stress recovery in sugarcane treated with humic acids and endophytic diazotrophic bacteria. **Annals of Applied Biology**, 2016.

CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A. **Humosfera: tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas**. 1. ed. Campo dos Goytacazes: UENF, 2005. 309 p.

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 Physiol Biochem**, v.162, p. 171–184, 2021.

FERREIRA, L. M. **Características morfológicas, fisiológicas e transcriptoma em variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) contrastantes quanto a tolerância ao estresse hídrico**. 2017. 110 p. Tese (Doutorado em Agronomia – Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2017.

GARCÍA, A. C.; SANTOS, L. A.; IZQUIERDO, F. G.; RUMJANEK, V. M.; CASTRO, R. N.; SANTOS, F. S.; SOUZA, L. G. A.; BERBARA, R. L. L. Potentialities of vermicompost humic acids to alleviate water stress in rice plants (*Oryza sativa* L.). **Journal of Geochemical Exploration**, 2014.

GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; OLIVEIRA, J. P.; RANGEL, P. H. N.; RODRIGUES, C. A. P. Sistema radicular do arroz de terras altas sob deficiência hídrica. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 126-134, jan./mar. 2011

HENRY, A. IRRI's drought stress research in rice with emphasis on roots: accomplishments over the last 50 years. **Plant Root**, v. 7, p. 5-19, 2013

HERDER, G. D.; VAN ISTERDAEL, G.; BEECKMAN, T.; DE SMET, I. The roots of a new green revolution. **Trends in plant science**, v. 15, n. 11, p. 600-607, 2010.

MITTLER, R. Abiotic stress, the field environment and stress combination. **TRENDS in Plant Science**. Vol.11, No.1, January. 2006.

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. (Ed.). *Methods of soil analysis*. Madison: Soil Science Society American, p.1011-1020, 1996.

TAVARES, O. C. H. **Efeito dos ácidos húmicos sobre as H⁺-ATPASE, transportadores de N-NO₃- e N-NH₄⁺, e sobre o crescimento em arroz**. 2014. 118 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2014.