

ÁCIDOS HÚMICOS E FÚLVICOS SOBRE CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS E MORFOLÓGICAS DO MILHO (*Zea mays*)

Vitor Martinez do Nascimento¹
Rodrigo Brito de Faria²

Resumo: Os ácidos húmicos e fúlvicos atuam como condicionadores, biorreguladores, e bioestimulantes do solo, deste modo, evidenciam potencial para promover mudanças fisiológicas e morfológicas durante o cultivo. A agricultura moderna é uma modalidade de alto valor agregado, no entanto, ocorrem perdas durante o processo produtivo, desde o plantio das sementes, colheita e transporte. A fim de minimizar esse problema a planta deve estar bem nutrida, exercendo seu vigor durante a fase vegetativa e assim enfrentar os fatores edafoclimáticos durante todo o seu ciclo. Assim sendo, este trabalho objetiva-se em avaliar a ação dos ácidos húmicos e fúlvicos sobre características fisiológicas e morfológicas do milho (*Zea mays*). Dentre os benefícios do ácido húmico/fúlvico: Um ponto a ser destacado é o alívio do estresse na planta de milho, pois o húmus pode atuar para proteger a planta dos efeitos tóxicos; no desenvolvimento radicular, os efeitos mais pronunciados são encontrados estimulando o crescimento lateral da parte aérea e aumentando a biomassa radicular; a germinação de sementes também é influenciada, estimulando a síntese de hormônios vegetais, como a auxina. A metodologia empregada para esse trabalho fundamentou-se em uma revisão bibliográfica de caráter exploratório baseado na utilização de ácidos húmicos e fúlvicos sobre as características fisiológicas e morfológicas do milho (*Zea mays*). Por meio desta proposta realizou-se pesquisas em artigos científicos, buscando as informações em sites seguros e artigos recentes, mas não dispensando as metodologias antigas.

Palavras-chave: Germinação. Raízes. Bioestimulantes.

Abstract: Humic and fulvic acids act as conditioners, bioregulators, and soil biostimulants, so they show potential to promote physiological and morphological changes during cultivation. Modern agriculture is a modality of high added value, however losses occur during the production process, from the planting of seeds, harvesting and transport, in order to minimize this problem the plant must be well nourished, exercising its vigor during the vegetative phase and thus face the edaclimatic factors throughout its cycle, therefore, this work aims to evaluate the action of humic and fulvic acids on Among the benefits of humic/fulvic acid: A point to be highlighted is the relief of stress in the corn plant, because humus can act to protect the plant from toxic effects; in root development, the most pronounced effects are found stimulating the lateral growth of the aerial part and increasing root biomass; seed germination is also influenced, stimulating the synthesis of plant

¹Discente do curso de Agronomia das Faculdades Magsul (FAMAG) Ponta Porã MS

²Professor orientador, Biólogo, Mestre em Genética e Melhoramento pela Universidade do Estado de Mato Grosso, docente das Faculdades Magsul (FAMAG) Ponta Porã MS

hormones, such as The methodology of this work was based on an exploratory literature review based on the use of humic and fulvic acids on the physiological and morphological characteristics of corn (*Zea mays*). Through this proposal, research was carried out in scientific articles, seeking information on secure websites and recent articles, but not dispensing with old methodologies.

Keywords: Germination. Roots. Biostimulants.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o milho é produzido de Norte a Sul, de acordo com sistemas próprios de produção, sendo muito utilizado na alimentação humana e animal. O milho é a segunda cultura mais produzida no Brasil e se destaca no cenário das atividades agropecuárias ligadas tanto a fatores econômicos quanto a fatores sociais (PAIVA, 2020).

Apesar da produtividade de milho ser elevada, há uma constante busca por maior produtividade e lucratividade das lavouras, buscando-se sempre novas tecnologias para o cultivo do cereal (LEITE, 2018).

Por conta dos benefícios advindos das substâncias húmicas, tanto para o solo como para as plantas, elas podem representar eficiente alternativa para a redução da quantidade de adubos químicos altamente solúveis em caso de cultivos convencionais, bem como representar solução imediata para propriedades que estejam em fase de transição do sistema convencional para produção agroecológica (PAIVA, 2020).

É destacado que as substâncias húmicas (ácidos húmicos e ácidos fúlvicos) apresentam capacidade de interferir diretamente no metabolismo da planta, influenciam o transporte de íons, a atividade respiratória, quantidade de clorofila e a atividade de enzimas e ácidos nucleicos (Nannipieri et. al., 1983).

De acordo com Silva & Silva (2016), vários produtores motivados pelo desejo de produzir alimentos livres de contaminação por agrotóxicos são impulsionados a migrar do sistema de cultivo convencional para agroecológico.

Além dos benefícios agroecológicos, as substâncias húmicas são detentoras de estímulos que auxiliam no desenvolvimento da planta, dessa maneira agregam exponencialmente para o produtor e para a planta. Estudos demonstram que os ácidos húmicos e fúlvicos apresentam capacidade de estimular o desenvolvimento do sistema radicular em diversas espécies, inclusive no milho nos estádios iniciais (ZANDONADI et al., 2007).

Os ácidos húmicos e ácidos fúlvicos são considerados condicionadores de solo, biorreguladores e bioestimulantes, apresentam potencial para promover alterações fisiológicas nas plantas cultivadas que contribuem para o seu melhor desenvolvimento (CARON et.al., 2015).

Rocha & Rocha (2003), destacam que as substâncias interferem indiretamente no metabolismo vegetal das plantas, devido a efeitos ocasionados no solo, como por exemplo aumento da capacidade de troca catiônica, favorecendo o fornecimento de nutrientes para a planta.

Para Baldotto & Baldotto (2014), esses efeitos das substâncias húmicas, despertam o interesse de produtores rurais e de empresas de biofertilizantes para utilização destas substâncias em sistemas de produção agrícola.

Os ácidos húmicos aplicados na cultura do milho, podem trazer inúmeros benefícios e fatores positivos para o desenvolvimento da cultura. Os pontos a serem destacados são da parte da aliviação de estresses no milho, uma vez que as substâncias húmicas atuam como protetor contra efeitos tóxicos advindos da ação de pesticidas no vegetal, fertilizantes e esterco não curtido, além de suprimir o alumínio, mercúrio e níquel; o desenvolvimento do sistema radicular, no qual os efeitos mais visíveis se encontram estimulando o crescimento das ramificações laterais e incrementando a biomassa das raízes; e germinação de sementes, estimulando a síntese dos hormônios vegetais, favorecendo assim sua germinação (CARON et. al., 2015).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 MILHO (*Zea mays*)

O milho (*Zea mays*) é a segunda maior *commoditie* negociada no mercado mundial, perdendo apenas para a soja, também é o cereal mais produzido e consumido planeta, sendo o Brasil um dos países em destaque na produção deste cereal (CONAB, 2022). A produção total de milho do Brasil, na safra 2022/23 deve alcançar 125,5 milhões de toneladas, 9,4% acima dos 114,7 milhões de toneladas produzidos na safra 2021/22, segundo estimativas divulgadas pela Companhia Nacional de abastecimento (CONAB).

Leite (2018), relata que o crescimento da produtividade do milho não está relacionado ao aumento de novas áreas, e sim ao aumento de produtividade por hectare, resultado de investimento em tecnologias e desenvolvimento de cultivares com melhor desempenho. Galvão et al. (2014), destacam que as alterações no sistema de cultivo do milho foram capitais para o aumento da produtividade brasileira e para que o país se tornasse um dos maiores produtores e exportadores de milho do mundo.

A área de melhoramento genético, tem desenvolvido híbridos com maior adaptabilidade a densidades elevadas, com menor competição entre plantas, menor área foliar e menor número de folhas por planta e folhas mais eretas, possibilitando o aumento da densidade por área, fato este, que contribuiu para a rendimento de grãos na cultura do milho (SANGOI et. al., 2002).

De acordo com Alves et. al. (2011), a produção do milho é considerada uma cultura agrícola muito antiga e importante para o mundo, pois é um produto estratégico para a segurança alimentar mundial, sendo utilizado na alimentação humana e animal. O setor animal consome cerca de 70% do milho produzido mundialmente e o restante é utilizado pela indústria, como matéria prima na produção de alimento e diversos materiais (PAES, 2006).

O milho possui elevado potencial produtivo e alto valor nutritivo, por isso apresenta grande importância social e econômica para a sociedade (PINOTTI, 2013). Na alimentação humana, o milho é considerado fonte energética, sendo

utilizado na fabricação de diversos componentes alimentícios como: farinha de milho, canjica, fubá e polenta. Também é aproveitado pela indústria para a fabricação de cosméticos, xaropes, produtos de limpeza, tintas, fogos de artifício, plástico, tecidos, entre outros. Já na alimentação animal, o milho é o principal componente da dieta animal de bovinos, suínos e aves (ABIMILHO, 2006).

De acordo com Castoldi et. al. (2011), é a principal planta utilizada no processo de ensilagem de planta inteira ou somente do grão úmido, ou ainda na forma moída, quirela. Portanto, este contexto apresenta a importância que o milho representa para humanidade (RABELO, 2018).

2.2 ÁCIDOS HÚMICOS E FÚLVICOS

Os ácidos húmicos e fúlvicos fazem parte da composição orgânica do solo (húmus), e os condicionadores do solo tendem a simular esta composição, por sua vez, o húmus é formado a partir da decomposição da biomassa do solo em compostos orgânicos (CARON et. al., 2015). As substâncias húmicas possuem alta capacidade de troca de cátions e estão presentes em solos, águas e sedimentos com matéria orgânica estável (CANELLAS et. al., 2005).

Constituem a maior fração das substâncias húmicas, trata-se de precipitados escuros, solúveis em ácidos minerais e solventes orgânicos com alto peso molecular, capacidade de troca de cátions entre 350 e 500 meq 100 g⁻¹, com origem na lignina, possuem alto teor de ácidos carboxílicos e significativas quantias de nitrogênio (TAN, 1993).

A composição elementar do ácido húmico é de aproximadamente 30-60 % de carbono, 30-50 % de oxigênio, 4-5 % de hidrogênio, 1-4 % nitrogênio, 1-2 % enxofre e 0-0,3 % de fósforo. O ácido húmico tem sua estrutura composta principalmente por grupos carboxílicos, hidroxílicos e estruturas aromáticas. Os principais grupos funcionais presentes no ácido húmico são hidroxílicos fenólicos, hidroxílicos alcoólicos, ácidos carboxílicos, hidroxila, ácido sulfônico, amino, quinona e grupos metoxílicos.

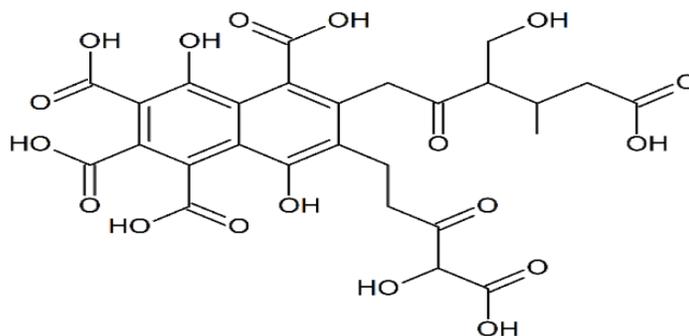
O tamanho molecular da macromolécula de ácido húmico está na faixa de tamanho e estruturas colidais e o tamanho sofre grande alteração com a variação

De acordo com Caron (2015), os ácidos fúlvicos, apesar de sua semelhança estrutural com os húmicos, possui peso molecular inferior, mais compostos fenólicos e mais grupos carboxílicos e estruturas aromáticas reduzidas. Por conta destas características, ocorre uma melhor solubilidade em água e maior capacidade de troca catiônica (700 a 1000 meq 100 g⁻¹). Assim como o ácido húmico, o fúlvico pode possuir, em sua estrutura (**FIGURA 2**), grupos funcionais, como: carboxila, fenol, hidroxila, amino e quinonas (AIKEN et al., 1985; STEVENSON, 1994; TANG et al., 2014)

Segundo Piccolo (2002), o ácido fúlvico é uma associação de pequenas moléculas hidrofílicas que tem massa molecular relativamente baixa, e uma quantidade de grupos funcionais ácidos suficientes para manter agrupamentos de ácidos fúlvicos dissolvidos em qualquer faixa de pH.

A composição elementar do ácido fúlvico é de aproximadamente 52,4-55,8 % de carbono, 31,4-36,7 % de oxigênio, 5,5-5,8 % de hidrogênio, 1,0- 1,7 % de nitrogênio, 1 % de enxofre (KUMADA, 1987; LI; WU, 2013; LI et al., 2017; PLÁCIDO; CAPAREDA, 2015; XU et al., 2018; ZHANG et al., 2015).

Figura 2. Modelo de estrutura para ácidos fúlvicos.



Fonte: Proposto por Buffle (conforme Stevenson, 1994).

De acordo com Pertusatti (2007), os Ácidos Fúlvicos apresentam grande quantidade de grupos funcionais oxigenados, são solúveis tanto em meio ácido como básico. Os Ácidos Húmicos/Fúlvicos originam-se de turfas, sedimentos, solo e água, apresentam composição variada, pequenas quantidades de nutrientes e podem ser complementados com macro e/ou micronutrientes (CARON et. al., 2015).

Os Ácidos Húmicos são compostos de cor escura e poliméricos, cuja formação se dá pela associação entre macromoléculas heterogêneas de grupos polifuncionais. Sua composição pode variar em função de sua origem, ou seja, animal, vegetal e microbiológico (MORAES et.al., 2004).

Os ácidos húmicos e fúlvicos são naturalmente liberados pela decomposição da matéria orgânica e apresentam potencial para estimular alterações fisiológicas nas plantas, sendo que estas alterações contribuem para melhorar o desenvolvimento, podendo resultar em ganhos de produtividade nas culturas (CARON et al., 2015).

2.2.1 ALIVIAÇÃO DE ESTRESSES NO MILHO

De acordo com Paiva (2020), os Ácidos húmicos e os fúlvicos são considerados como condicionadores de solo, trazendo benefícios para a estrutura física, química e biológica do solo. Além disso as substâncias húmicas possuem a capacidade de complexar metais pesados, como: mercúrio e níquel nos solos cultivados (BOTERO et al., 2014).

As substâncias húmicas também podem atuar na proteção de efeitos tóxicos para as plantas, promovidos pela ação de pesticidas, fertilizantes e esterco não-curtido. Esta proteção é decorrente da presença de uma rede de cargas negativas na sua estrutura, capaz de reagir com os compostos orgânicos que contém nitrogênio (CASTRO et. al., 2015).

Segundo Castro (2017), os Ácidos húmicos e os fúlvicos apresentam potencial de ação como biorreguladores, e bioativadores, que interferem em processos morfológicos e fisiológicos das plantas, aumentando a absorção de íons, produzindo precursores de hormônios vegetais, alterando o transporte iônico e atuando em enzimas metabólicas capazes de afetar o metabolismo secundário, despertando mecanismos de defesa da planta e assim enfrenta melhor as condições adversas do ambiente.

Dentre os vários benefícios dessas substâncias, aqueles voltados às plantas são essenciais, pois as protegem de adversidades e fornecem maior absorção de nutrientes. Dessa forma, uma planta melhor nutrida torna-se resistente às intempéries climáticas (chuvas em excesso, seca), bem como às que enfrenta na lavoura.

2.2.2 DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA RADICULAR

Uma boa arquitetura de raízes é indispensável para qualquer cultura, pois são muito importantes para fixação da planta no solo, absorção de água e nutrientes, e síntese hormonal. Canellas e Santos (2005) relatam que as substâncias húmicas exercem forte estímulo no crescimento radicular em plântulas de milho, aumentando o número de sítios de mitose e de raízes laterais emergidas e à área superficial.

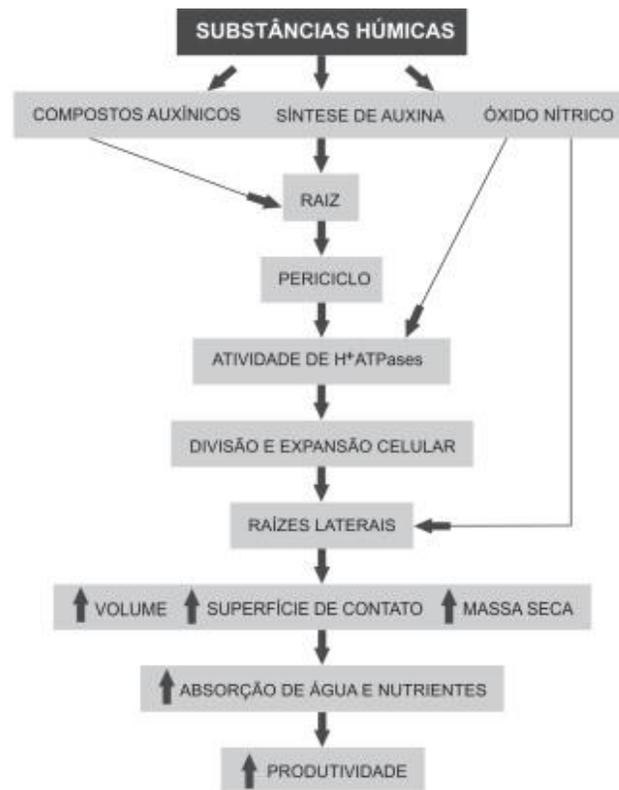
De acordo com Caron (2015), os efeitos mais notáveis dos ácidos húmicos e os fúlvicos na planta ocorrem nas raízes, onde promovem efeito positivo no crescimento, seja pelo aumento das ramificações laterais, ou pelo incremento de sua biomassa. Baldotto & Baldotto (2014), relatam que os ácidos húmicos atuam no enraizamento de diversas plantas de interesse agrônômico, sendo atribuído a estes efeitos, a bioestimulantes, que são similares aos do hormônio vegetal da classe das auxinas, os quais podem promover o crescimento vegetal, mesmo que estejam em concentrações relativamente pequenas.

Isso ocorre, uma vez que a presença dos ácidos húmicos no solo estimula a síntese de auxina ou age de forma semelhante a ela, já que resulta em expansão e alongação das células, promovendo o crescimento das raízes (CANELLAS et al., 2005).

Segundo Zandonadi (2010), foi demonstrado no milho que o estímulo para a modificação da arquitetura radicular, especialmente o surgimento de raízes laterais, envolve a produção de óxido nítrico, após a aplicação de ácidos húmicos. O óxido nítrico estimula a atividade de H⁺ATPase e a síntese de auxina. A atividade acidifica

o apoplasto, contribuindo para o afrouxamento das paredes celulares, permitindo o crescimento da raiz (**FIGURA 3**).

Figura 3. Efeitos sob o desenvolvimento de raiz através da aplicação de substâncias húmicas.



Fonte: Proposto por Zandonadi et. al., (2007).

A síntese de auxina é importante para o desenvolvimento da raiz e estimula a formação de raízes laterais, importantes para a absorção de água e nutrientes. A auxina também estimula a síntese e atividade das H⁺ATPases. Como as raízes laterais são mais finas, têm maior área de contato e absorvem maior quantidade de nutrientes e água do que as raízes principais, quando na presença de substâncias húmicas, aumentam em quantidade e tamanho, já que são estimuladas pelos ácidos húmicos e fúlvicos (CARON, 2015).

Segundo Hund et. al. (2009), as raízes laterais são as maiores responsáveis pela secreção dos ácidos orgânicos e fosfatases ácidas, pois apresentam grande importância na aquisição de nutrientes imóveis como o fósforo. Na planta de milho

essas raízes também podem ser importantes para sustentar o crescimento em caso de temperaturas mais baixas.

2.2.3 GERMINAÇÃO DE SEMENTES

As propriedades que os ácidos húmicos e fúlvicos possuem de estimularem a síntese de hormônios vegetais, como a auxina, e ainda de enzimas, promovem outros efeitos nas plantas, que favorecem a germinação, florescimento e crescimento da parte aérea (CARON, 2015).

Segundo Aragão et. al. (2003), na fase de germinação, o uso de ácidos húmicos melhora o desempenho das plântulas, acelerando a velocidade de emergência e realçando o potencial da semente, portanto, a utilização pode cessar ou diminuir impactos de fatores adversos na qualidade e desempenho das sementes.

As substâncias húmicas e os bioativadores têm mostrado influência em muitos processos metabólicos nas plantas, tais como: respiração, fotossíntese, síntese de ácidos nucléicos e absorção de íons, objetivando o incremento a produção em função de processos ligados ao enraizamento, desenvolvimento vegetativo, floração e frutificação (SILVA et al., 2008).

Os ácidos húmicos e fúlvicos governam a dinâmica e disponibilidade dos nutrientes no solo, favorecendo especificamente o maior enraizamento e aumento do número de sítios mitóticos, que facilita a absorção de nutrientes, com o aumento da atividade de várias enzimas e do número de pontos da colonização para as bactérias (CONCEIÇÃO et al., 2008; HAMZA e SUGGARS, 2001).

Conforme Piccolo et al. (1993), a utilização de ácidos húmicos e fúlvicos apresentam melhoria na germinação de sementes, no desenvolvimento radicular das plantas e na produtividade. Por isso quando aplicadas nas sementes ou nas folhas, podem interferir de forma benéfica em processos, como: germinação, enraizamento, floração, frutificação e senescência (CASTRO & MELOTTO, 1989).

3 METODOLOGIA

A construção deste trabalho fundamentou-se no desenvolvimento de etapas, sendo: escolha do tema, introdução, fundamentação teórica, metodologia, palavras-chave, resultados e discussões e considerações finais.

Para este trabalho foi realizado levantamento de dados e informações em livros, circulares técnicas, revistas, teses, dissertações, artigos científicos entre outras fontes. A pesquisa bibliográfica, elaborada com base em material já publicado.

Tradicionalmente, esta modalidade de pesquisa inclui material impresso, como livros, revistas, jornais, teses, dissertações e canais de eventos científicos (GIL, 2010, p. 29). A pesquisa é de caráter exploratório baseado na utilização de ácidos húmicos e fúlvicos sobre as características fisiológicas e morfológicas do Milho (*Zea mays*).

As pesquisas exploratórias têm como propósito proporcionar maior familiaridade com o problema, visando torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses. (GIL, 2010, p. 27).

Conforme os dados coletados, serão construídas argumentações sobre os resultados de acordo com as palavras chaves desse artigo: Germinação, Raízes e Bioestimulantes. Para que esta pesquisa seja concisa, os dados foram extraídos de materiais atualizados, porém não se restringindo a buscar informações relevantes em trabalhos mais antigos de renome. A escolha desses materiais teve embasamento a partir das palavras-chave.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação aos Ácidos húmicos/fúlvicos, poucas informações são encontradas na literatura, se estas substâncias apresentam capacidade de interferir sobre o acúmulo de massa seca, ou sobre os componentes de rendimento de milho.

Além de poucos estudos, Caron et. al. (2015) relataram divergências em estudos com o uso de substâncias húmicas no cultivo de milho, em que alguns

mostram o benefício na produtividade destas culturas, porém outros trabalhos são contrários a estes resultados.

Segundo Paiva (2020), o efeito do produto à base de substâncias húmicas ocorreu principalmente na morfologia de raízes, houve grande potencial no enraizamento da cultura, mesmo em estádios adiantados de desenvolvimento. O modo de aplicação que apresentou maior significância dos dados analisados foi a aplicação no solo no plantio. Sem aporte de adubação, o sistema radicular da planta se desenvolveu de forma expressiva, e houve aumento de fotossíntese sugerindo solução para redução na quantidade de adubação aplicada.

Já em contrapartida, Leite (2018) afirma que os ácidos húmicos/fúlvicos não interferiram nas características morfológicas de plantas, tampouco sobre os componentes de rendimento da cultura do milho.

Em relação ao estudo de Rabelo (2018), a utilização do bioestimulante à base de ácidos húmico/fúlvicos, não interfere sobre os teores de clorofila e sobre a altura de planta e área foliar de milho, exceto em R1 quando os valores de clorofila B e altura de planta são diferentes entre os tratamentos analisados. Segundo Ertani et.al. (2011), as substâncias húmicas derivadas da decomposição da lignina estimularam o aumento do conteúdo de clorofila.

De acordo com estudos de Verlinden et. al. (2009), quando cultivaram milho com substâncias húmicas (mistura líquida de 12% de ácido húmico e 3% de ácido fúlvico). Foi observado apenas um pequeno aumento na produtividade quando o milho foi cultivado em solo argiloso, e não houve efeito das substâncias húmicas, quando cultivado em solo arenoso. Isso pode ter ocorrido pela menor interação com os complexos de areia, já que os ácidos húmicos, precipitam em condições de solo arenoso, pois são formadas forças de repulsão pela interação areia e ácidos húmicos (CORNEJO & HERMOSÍN, 1996).

Vaughnan e Malcolm (1985), afirmam que os efeitos das substâncias húmicas sobre o desenvolvimento vegetal são dependentes da fonte de obtenção, das doses utilizadas e da espécie das plantas estudadas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir deste estudo, podemos citar alguns benefícios evidenciados, e também contrapartidas sobre a utilização de ácidos húmicos/fúlvicos. O grande destaque por parte dos autores, foi o desenvolvimento do sistema radicular das plantas de milho, uma vez que houve um incremento relevante nas raízes laterais e foi observado um melhor enraizamento devido a utilização de ácidos húmicos e fúlvicos. Outro incremento notado foi por parte de acúmulo de clorofila B nas plantas de milho, em estágio R1.

Outro resultado obtido, foi o teste em dois tipos de solo, o primeiro em solo argiloso em que se obteve um pequeno aumento de produtividade, o contrário de quando cultivado em solo arenoso. Em contrapartida, foi identificado que em alguns estudos, a utilização dessas substâncias não influenciou nas características morfológicas da planta, e nem em rendimento final da cultura.

Como ainda existem poucos relatos e estudos concretos sobre a utilização de ácidos húmicos e fúlvicos no milho (*Zea mays*), ocorrem muitas divergências entre autores em seus respectivos estudos e aplicações das substâncias húmicas.

Portanto, é necessário realizar outros estudos para testar e comprovar, de fato, os benefícios dessas substâncias às plantas, de forma escalonada de doses, em aplicações via sulco de plantio, tratamento de sementes e aplicação via foliar, para que sejam analisados todos os parâmetros. Vale ressaltar também o teste em diferentes tipos de solo.

6 REFERÊNCIAS

ABIMILHO. **Associação Brasileira das Indústrias de Milho. Guia do milho, tecnologia do campo a mesa.** 16 f. Julho 2006.

AIKEN, G. R. et al. **Substâncias húmicas no solo, sedimentos e água: Geoquímica, isolamento e caracterização.** 1. ed. New York: John Wiley & Sons, 1985.

ALVAREZ-PUEBLA, R. A.; GARRIDO, J. J. **Efeito do pH na agregação de um ácido húmico nos estados coloidal e sólido.** Chemosphere, v. 59, n. 5, p. 659–667, 1 abr. 2005.

ARAGÃO, C. A.; DANTAS, B. F.; ALVES, E. **Atividade aminolítica e qualidade fisiológica de sementes armazenadas de milho super doce tratadas com ácido giberélico.** Revista Brasileira de Sementes, Pelotas, v.25, n.1, p.43-48, 2003.

BAHEMMAT, M.; FARAHBAKHS, M.; KIANIRAD, M. **Substâncias húmicas: eletrorremediação aprimorada de solos contaminados por metais pesados.** Jornal de materiais perigosos, v. 312, p. 307–318, 15 jul. 2016.

BALDOTTO, M. A.; BALDOTTO, L. E. B. **Ácidos húmicos.** Revista Ceres, v. 61, p. 856-881, 2014.

CANELLAS, L.P.; ZANDONADI, D.B.; MÉDICI, L.O.; PERES, L.E.P.; OLIVARES, F.L.; FAÇANHA, A.R. **Bioatividade de substâncias húmicas: ação sobre desenvolvimento e metabolismo das plantas.** In: CANELLAS, L.P. e SANTOS, G.A. (Ed.). **Humosfera: tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas.** Campos dos Goytacazes: CCTA, UENF, 2005. p. 224-243.

_____; SANTOS, G. A. **Humosfera: Tratado Preliminar Sobre a Química das Substâncias Húmicas.** Seropédica e Campos dos Goytacazes. 2005. 309p.

CARON, V. C.; CASTRO, P. R. C.; GRAÇAS, J. P. **Condicionadores do solo: ácidos húmicos e fúlvicos.** ESALQ - Divisão de Biblioteca, Série Produtor Rural, nº 58, p. 9 – 46, Piracicaba SP, 2015.

CASTOLDI, G; COSTA, M. S. S. M.; COSTA, L. A. M.; PIVETTA, L. A.; STEINER, F. **Sistemas de cultivo e uso de diferentes 33 adubos na produção de silagem e grãos de milho.** Acta Scientiarum Agronomy, v. 33, n. 1, 2011.

CASTRO, P. R.C.; MELOTTO, E. **Bioestimulantes e hormônios aplicados via foliar**. In: BOARETO, A. E.; ROSOLEM, C. A. **Adubação foliar**. Campinas: **Fundação Cargill**, 1989. v.1, p.191-235.

CONCEIÇÃO, P. M.; VIEIRA, H. D.; CANELLAS, L. P.; JÚNIOR, B. M.; OLIVARES, F. L. **Recobrimento de sementes de milho com ácidos húmicos e bactérias diazotróficas endofíticas**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.43, n.4, p.545-548, 2008.

CORNEJO, J.; HERMOSÍN, M. C. **Interação de substâncias húmicas e argilas do solo**. Substâncias húmicas em ecossistemas terrestres. Amsterdam: Elsevier Science B.V., p. 595-625, 1996.

GAFFNEY, J. S.; MARLEY, N. A.; CLARK, S. B. **Ácidos húmicos e fúlvicos: isolamento, estrutura e papel ambiental**. 651. ed. [s.l.] Sociedade química americana, 1996.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa/ Antônio Carlos Gil**. – 5. Ed. – São Paulo: Atlas, 2010.

HAMZA, B.; SUGGARS, A. **Bioestimulantes: Mitos e Realidades**. Turfgrass Trends, Newton, v.10, p.6-10, 2001.

HUND, A.; TRACHSEL, S.; STAMP, P. **Crescimento de axilas e raízes laterais de milho: Desenvolvimento de uma plataforma de fenotização**. Planta Solo 325, 335–349 (2009).

KUMADA, Y. Capítulo 5 **Composição elementar de ácidos húmicos e ácidos fúlvicos**. In: KUMADA, Y. (Ed.) **Desenvolvimentos da ciência do solo**. 17. ed. Toyko: Elsevier, 1987. v. 17p. 70–94.

LAKATOS, E. M. **Metodologia Científica/ Eva Maria Lakatos, Marina de Andrade Marconi**. 5. Ed. – 2. Reimpr. – São Paulo: Atlas, 2008.

LI, J.; WU, J. **Diferença composicional e estrutural de ácido fúlvico de solo preto aplicado com diferentes materiais orgânicos: avaliação após três anos**. Jornal de agricultura integrativa, v. 12, n. 10, p. 1865–1871, 1 out. 2013.

LEITE, E. A. **Efeito de ácidos húmicos/fúlvicos associados com nitrogênio no rendimento do milho.** Programa de Especialização de Manejo de Culturas Anuais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos PR, 2018.

NANNIPIERI, P.; MUCCINI, L.; CIARDI, C. **Biomassa microbiana e atividades enzimáticas: Produção e persistência.** *Biologia e Bioquímica do solo*, p. 679- 685, 1983.

PAIVA, M. J. A. **Ação e modo de aplicação dos ácidos húmicos e fúlvicos sobre características morfológicas e fisiológicas de milho.** Universidade federal de Viçosa, p. 9, Viçosa MG, 2020.

PICCOLO, A.; CELANO, G.; PIETRAMELLARA, G. **Efeitos de frações de substâncias húmicas derivadas do carvão na germinação de sementes e crescimento de plântulas.** *Biologia e fertilidade dos solos*, v. 16, n. 1, jun. 1993.

PLÁCIDO, J.; CAPAREDA, S. **Produção de compostos de silício e ácidos fúlvicos a partir de biochar de resíduos de algodão usando despolimerização química.** *Culturas e produtos industriais*, v. 67, p. 270–280, 1 maio 2015.

ROCHA J. C.; ROSA A. H. **Substâncias húmicas aquáticas: interações com espécies metálicas.** São Paulo, UNESP, p. 120, 2003.

SCHULTEN, H. R. **A estrutura tridimensional de substâncias húmicas e matéria orgânica do solo estudada por química analítica computacional.** *Jornal Fresenius de química analítica*, v. 351, n. 1, p. 62–73, 1995.

STEVENSON, F. J. **Química do húmus: gênese, composição, reações.** 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1994.

SILVA, T. T. A.; PINHO, É. V. R. V.; CARDOSO, D. L.; FERREIRA, C. A.; ALVIN, P. O. **Qualidade fisiológica de sementes de milho na presença de bioestimulantes.** *Ciência e Agrotecnologia*, v.32, n.3, p.840-846, 2008.

SILVA, A. T.; SILVA, S. T. **Panorama da Agricultura Orgânica no Brasil.** *Segurança Alimentar e Nutricional*, v.23, p.1031-1040, 2016.

TAN, K.H. **Princípios da química do solo.** 2ª ed. Nova Iorque: Marcel Dekker, p. 362, 1993.

TANG, W.-W. et al. **Impacto do ácido húmico/fúlvico na remoção de metais pesados de soluções aquosas usando nanomateriais: uma revisão.** Ciência do meio ambiente total, v. 468– 469, p. 1014–1027, 15 jan. 2014.

VAUGHAN, D.; MALCOLM, R. E. **Influência de substâncias húmicas no crescimento e processos fisiológicos.** Matéria orgânica do solo e atividade biológica. Boston, MA, USA, p. 37-75, 1985.

XU, J. et al. **A fertilização com deficiência de P altera a composição química dos ácidos fúlvicos? Insights de estudos de campo de longo prazo em dois solos contrastantes: um fluvisol e um anthrosol.** Pesquisa de solo e cultivo, v. 178, p. 189–197, 1 maio 2018.

ZANDONADI, D.B.; CANELLAS, L.P.; FAÇANHA, A.R. **Os ácidos indolacético e húmico induzem o desenvolvimento lateral da raiz através de uma ativação concertada das bombas de H⁺ do plasmalema e do tonoplasto.** Planta, Berlin, v. 225, p. 1583-1595, 2007.

ZHANG, J. et al. **Rastreamento da composição e transformação de ácidos húmicos e fúlvicos durante a vermicompostagem de lodo de esgoto por análise elementar e matriz de excitação-emissão de fluorescência.** Gestão de resíduos, v. 39, p. 111–118, 1 maio 2015.