

Recebido: 21/12/2023 | Revisado: 09/02/2024 | Aceito: 18/05/2024 | Publicado: 29/05/2024



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 Unported License.

DOI: 10.31416/rsdv.v12i2.865

Influência do ácido fúlvico na qualidade fisiológica de sementes de café arábica, cultivar Catuaí Vermelho IAC 44 *Influence of fulvic acid on the physiological quality of arabica coffee seeds, cultivar Catuaí Vermelho IAC 44*

KNUPP, Vanessa Rodrigues de Amorim. Graduada em Agronomia

Universidade Federal de Viçosa (UFV) - Campus Viçosa. Viçosa - Minas Gerais - Brasil. CEP: 36570-000/
Telefone: (31) 3612-4411 / E-mail: vanessa.knupp@ufv.br

COELHO, Ana Paula de Freitas. Doutora em Fitotecnia

Universidade Federal de Viçosa (UFV) - Campus Viçosa. Viçosa - Minas Gerais - Brasil. CEP: 36570-000/
Telefone: (31) 3612-4411 / E-mail: ana.p.coelho@ufv.br

SANTOS, Roberval Luís. Doutorando em Fitotecnia

Universidade Federal de Viçosa (UFV) - Campus Viçosa. Viçosa - Minas Gerais - Brasil. CEP: 36570-000/
Telefone: (31) 3612-4411 / E-mail: roberval.soler@gmail.com

SILVA, Camilla Sena da. Doutoranda em Fitotecnia

Universidade Federal de Viçosa (UFV) - Campus Viçosa. Viçosa - Minas Gerais - Brasil. CEP: 36570-000/
Telefone: (31) 3612-4411 / E-mail: camillasenasilva@gmail.com

PEDROSA, Adriene Woods. Doutora em Ciências Agrárias

Universidade Federal de Viçosa (UFV) - Campus Viçosa. Viçosa - Minas Gerais - Brasil. CEP: 36570-000/
Telefone: (31) 3612-4411 / E-mail: adriene.pedrosa@ufv.br

RESUMO

A implantação de uma cultura de café arábica é realizada, predominantemente, a partir de mudas oriundas de sementes, que apresentam germinação lenta e desigual. A utilização de substâncias naturais que estimulem a germinação e o desenvolvimento inicial das mudas, pode ser viável para a obtenção de mudas de qualidade e melhor desempenho no campo, sendo o ácido fúlvico (AF) uma opção. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do AF na germinação e no vigor de sementes de café arábica (*Coffea arabica* L.), cultivar Catuaí Vermelho IAC 44, e o potencial de utilização desta substância para a produção de mudas. Testou-se duas formas de aplicação (imersão das sementes na no dia da montagem dos testes e pulverização da solução sobre as sementes após 15° dias) e diferentes concentrações (0; 15; 30; 60 e 90 mg.dm⁻³) de BioGain® Fulvic 70 para tratamento de sementes. Foram observadas interações significativas entre as concentrações de AF para a massa seca total do eixo hipocótilo-raiz (MS) e o método de aplicação no comprimento médio da raiz primária (CR). A MS apresentou comportamento quadrático de acordo com a concentração de AF utilizada, com maiores valores para as concentrações intermediárias e menores para as maiores concentrações e o tratamento controle. Para o CR, na pulverização foi superior à imersão. Conclui-se que a aplicação de AF em sementes de café arábica influencia dois parâmetros de vigor: MS e CR. A aplicação da concentração de 15 mg.dm⁻³ de AF proporciona maior massa seca total do eixo hipocótilo-raiz e a pulverização mostra-se uma técnica promissora para a produção de mudas de café.

Palavras-chave: cafeicultura, *Coffea arabica* L., bioestimulantes, produção de mudas, vigor de mudas.



ABSTRACT

The implementation of an Arabica coffee crop is predominantly carried out using seedlings from seeds, which have slow and uneven germination. The use of natural substances that stimulate the germination and initial development of seedlings may be viable for obtaining quality seedlings and better performance in the field, with fulvic acid (FA) being an option. The objective of this work was to evaluate the influence of AF on the germination and vigor of Arabica coffee seeds (*Coffea arabica* L.), cultivar Catuaí Vermelho IAC 44, and the potential use of this substance for the production of seedlings. Two forms of application were tested (immersion of the seeds in the day of testing and spraying of the solution on the seeds after 15 days) and different concentrations (0; 15; 30; 60 and 90 mg.dm⁻³) of BioGain® Fulvic 70 for seed treatment. Significant interactions were observed between FA concentrations for the total dry mass of the hypocotyl-root axis (MS) and the application method on the average primary root length (CR). MS showed quadratic behavior according to the concentration of FA used, with higher values for intermediate concentrations and lower values for higher concentrations and the control treatment. For CR, spraying was superior to immersion. It is concluded that the application of FA in Arabica coffee seeds influences two vigor parameters: DM and CR. The application of a concentration of 15 mg.dm⁻³ of AF provides a greater total dry mass of the hypocotyl-root axis and spraying proves to be a promising technique for the production of coffee seedlings.

keywords: coffee growing, *Coffea arabica* L., biostimulants, seedlings production, seedlings vigor.

Introdução

A cultura do café é de grande expressão socioeconômica para o Brasil, que é o maior produtor e exportador mundial, responsável por um terço da produção. De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2022), o estado de Minas Gerais concentra 43% da produção nacional, com área cultivada superior a 1,3 milhão de hectares e mais de 21 milhões de sacas beneficiadas em 2022. De janeiro a novembro desse mesmo ano, a cafeicultura movimentou cerca de 8,4 bilhões de dólares com as exportações, um incremento superior a 50% no valor comparado ao mesmo período do ano de 2021.

O café arábica é o mais produzido por possuir qualidade de bebida superior, com características organolépticas marcantes, e é amplamente consumido puro ou em mistura com outras espécies de café (RIBEIRO et al., 2014). Na produção de café no Brasil utilizam-se várias cultivares do tipo arábica, , dentre elas está o Catuaí Vermelho IAC 144, que foi desenvolvida pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). Essa é uma das cultivares mais plantadas no Brasil e tem potencial para ótima qualidade de bebida (CARVALHO, 2007).

A implantação de uma lavoura de café arábica é realizada, predominantemente, a partir de mudas oriundas de sementes, que constituem o principal insumo nessa etapa. Para garantir o sucesso da produção de uma lavoura de café arábica é importante que as sementes possuam qualidade fisiológica e sanitária, e que, assim como as mudas, sejam fornecidas por produtores idôneos registrados no RENASEM (Registro Nacional de Sementes e Mudas) e fiscalizados pelos órgãos competentes durante a produção e comercialização (Instituto Mineiro de Agropecuária - IMA, 2019). Os principais entraves relacionados ao uso das sementes de café estão relacionados à germinação lenta e desuniforme e ao baixo potencial de armazenabilidade, com conservação do poder germinativo



em níveis adequados por curtos períodos de tempo, de aproximadamente seis meses a depender das condições de armazenamento (ARAUJO et al., 2008; RIBEIRO, 2013).

Algumas substâncias naturais com efeitos positivos sobre o metabolismo vegetal podem ser utilizadas na produção de mudas com objetivo de estimular o desenvolvimento, principalmente em estágios iniciais, como a germinação e formação das plântulas. Dentre essas, as substâncias húmicas têm apresentado bons resultados sobre a fisiologia vegetal de espécies de interesse comercial, principalmente em relação ao seu efeito auxínico (TREVISAN et al., 2010). As substâncias húmicas são compostos resultantes da decomposição de material orgânico animal e vegetal, sendo os ácidos húmicos e fúlvicos seus principais constituintes. As substâncias húmicas tem efeito direto na germinação de sementes, crescimento radicular, reações enzimáticas, incremento de biomassa, alívio a estresses, entre outros (CARON et al., 2015).

O uso de substâncias húmicas, em especial o ácido fúlvico, pode ser interessante na produção de mudas de café arábica, com potencial de influenciar positivamente na germinação das sementes, formação inicial das plântulas e vigor das mudas, com destaque para o desenvolvimento radicular (BORCIONI et al., 2016). Ressalta-se que um bom crescimento inicial, especialmente do sistema radicular, é de suma importância para que a plântula se estabeleça adequadamente no substrato, possua maior eficiência em sustentação e absorção de nutrientes e água, de modo que se obtenha um maior índice de sobrevivência no campo (BENTO et al., 2021).

Diante do potencial da utilização do uso ácido fúlvico como bioestimulador para produção de mudas de qualidade, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do produto comercial BioGain® Fulvic 70 na germinação e no vigor de sementes de café arábica (*Coffea arabica* L.), cultivar Catuaí Vermelho IAC 44.

Material e método

O experimento foi realizado no Departamento de Agronomia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Campus Viçosa - MG, no Laboratório de Análise de Tecidos Vegetais, contando com o auxílio e suporte do Laboratório de Sementes. As sementes utilizadas no experimento foram da espécie *Coffea arabica* L., cultivar Catuaí Vermelho IAC 44, adquiridas em campo de produção de sementes registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Obtenção das amostras

As sementes de café da cultivar Catuaí Vermelho IAC 44 foram doadas pela Fazenda Boa Safra, inscrito no REANSEM como produtor de sementes registradas. As sementes foram obtidas da seguinte forma: após a colheita manual dos frutos no estágio cereja, estes foram selecionados, descascados e desmucilados por fermentação natural, durante 12 horas. Em seguida, as sementes com endocarpo foram lavadas, separadas da mucilagem e secas em terreiro suspenso a pleno sol. O processo de secagem, até teor de água de 25%, foi acompanhado pelo método da estufa, a $105 \pm 3^\circ\text{C}$ por 24h, com quatro repetições de 25 sementes cada (BRASIL, 2009). Posteriormente, foi realizado o expurgo das sementes com fosfeto de alumínio (Fosfina - Gastoxin®), por 48h para o controle da broca-do-café



(*Hypothenemus hampei*, Ferrari 1867), uma praga não permitida em sementes de café pela Instrução Normativa nº 35, de 29 de novembro de 2012.

Tratamentos

Para o fornecimento de ácido fúlvico às sementes, foi utilizado o produto comercial BioGain® Fúlvico 70, da empresa Rigrantec, cuja composição descrita no rótulo consta 70% de ácido fúlvico, 9 a 12% de K₂O, 30% de carbono orgânico total e aproximadamente 5% de ácido húmico.

Para possibilitar a aplicação do produto comercial às sementes de café, já que se tratava de um produto em pó, foram preparadas soluções por meio da dissolução do mesmo em água destilada. Assim, foram preparadas cinco soluções com diferentes concentrações do produto: 0, 15, 30, 60 e 90 mg.dm⁻³.

Para a aplicação dos tratamentos às sementes de café foram utilizados dois métodos de aplicação: a imersão das sementes na solução por aproximadamente quatro horas em temperatura ambiente, realizada no mesmo dia a instalação dos testes; e a pulverização da solução sobre as sementes, realizada no 15º dia após a instalação dos referidos testes. As 4 horas foram estipuladas por serem um período no qual é possível perceber visualmente a embebição e ao 15º pela coifa já ter protundido. De forma a padronizar o volume de solução aplicado nos dois métodos de aplicação, foi utilizada a relação de 1 mL.semente⁻¹.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, disposto em esquema fatorial 2x5, composto por dois métodos de aplicação e cinco concentrações do produto, totalizando 10 tratamentos, com três repetições. Assim, os tratamentos do experimento foram formados pela combinação das concentrações do produto comercial contendo ácido fúlvico e dos dois métodos de aplicação: T1 - Testemunha imersão (0 mg.dm⁻³); T2 - Imersão (15 mg.dm⁻³); T3 - Imersão (30 mg.dm⁻³); T4 - Imersão (60 mg.dm⁻³); T5 - Imersão (90 mg.dm⁻³); T6 - Pulverização (15 mg.dm⁻³); T7 - Pulverização (30 mg.dm⁻³); T8 - Pulverização (60 mg.dm⁻³); T9 - Pulverização (90 mg.dm⁻³) e T10 - Testemunha pulverização (0 mg.dm⁻³).

Avaliações

Para avaliação do efeito dos tratamentos foram utilizados o teste de germinação, realizado de acordo com as Regras para Análise de Sementes-RAS (BRASIL, 2009), e para a verificação do vigor foi usado o teste de crescimento, descrito Manual de Vigor da ISTA (Hampton e Tekrony, 1995). Antes da montagem de ambos os testes, as sementes tiveram o endocarpo removido manualmente.

Para o teste de germinação, em cada parcela foram utilizadas 200 sementes sem endocarpo, correspondendo a quadruplicatas com 50 unidades. As 50 sementes foram distribuídas sobre duas folhas de papel Germitest e coberta por mais uma folha, totalizando três folhas por rolo. Os papeis Germitest utilizados nesse experimento foram previamente umedecidos com água destilada na quantidade de 2,5 vezes a sua massa inicial. Os rolos foram mantidos em câmara de germinação à temperatura de 30 °C, durante 30 dias. Durante esse período, sempre que constatado primórdios de enrugamento papel, foram realizadas irrigações por meio de pulverização, mas comprometer a aeração por encharcamento. Para isso, utilizou-se um volume médio de água definido em pré-testes, totalizando 5 mL por rolo em cada aplicação e um borrifador manual para aplicação.



No teste de germinação foi utilizado para a mensuração de duas variáveis: a primeira contagem de germinação (PC), para a qual contabilizou apenas porcentagem de sementes com protrusão radicular, visto que nessa espécie a germinação é lenta e não é possível inferir sobre a viabilidade plântulas aos 15° dia após a instalação do teste; e a porcentagem de germinação (G), avaliada aos 30 dias, no qual foi contabilizada a porcentagem total de sementes que deram origem a plântulas normais. Para a cultura do café, considera-se plântula normal aquela raiz primária retilínea e bem formada, com aspecto róseo ou verde, acrescida de pelo menos duas raízes secundárias.

No teste de crescimento, cada parcela utilizada continha 80 sementes sem endocarpo, correspondendo a quadruplicatas com 20 unidades. Posteriormente, as amostras seguiram as mesmas etapas de condicionamento do teste de germinação. No sétimo dia, todos os embriões foram direcionados para baixo, a fim proporcionar um crescimento mais retilíneo possível e facilitar a mensuração da raiz primária.

Utilizando as plântulas obtidas no teste de crescimento foram mensuradas duas variáveis. No 30° dia após a instalação do teste, com o auxílio do software ImageJ®, foi realizada a medição da distância entre a extremidade da raiz primária e o ponto de inserção dos cotilédones. O comprimento médio da raiz primária (CR) foi obtido por meio da divisão do somatório das medidas registradas pelo número de raízes medidas. Os resultados do comprimento médio da raiz primária foram expressos em mm. A segunda variável mensurada com as plântulas foi a massa seca total eixo hipocótilo-raiz (MS). Para isso, o eixo hipocótilo-raiz foi separado manualmente dos cotilédones no ponto de inserção. Em seguida, o material foi seco em estufa de ar com circulação forçada, à 80 ± 2 °C, durante 24 horas. Posteriormente, o material foi pesado em balança analítica de precisão de 0,001 g. Os resultados da massa seca total dos eixo hipocótilo-raiz foram expressos em g. plântula⁻¹.

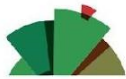
Análise estatística

As informações das avaliações e mensurações foram submetidas a análise de variância, pelo teste F a 5% de significância. Quando pertinente, os dados qualitativos foram submetidos ao teste de média para comparação, e os dados quantitativos à análise de regressão. Foi utilizado o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

Resultados e discussão

Os resultados estatísticos da influência do ácido fúlvico sobre a germinação das sementes e vigor das plântulas de café estão apresentados na Tabela 1. **Houve** influência significativa do método de aplicação sobre a variável CR (comprimento médio da raiz primária) e das concentrações de ácido fúlvico sobre a variável MS (massa seca total do eixo hipocótilo-raiz).

Tabela 1 - Resumo da análise de variância das variáveis: protrusão radicular (PC,%), porcentagem de germinação (G, %), comprimento médio da raiz primária (CR, mm) e massa seca total do eixo hipocótilo-raiz (MS, gramas por plântula) avaliados em plântulas de café arábica cujas sementes foram submetidas a 5 diferentes concentrações de ácido fúlvico, marca comercial BioGain® Fúlvico 70, e dois métodos de aplicação: imersão das sementes na solução antes da montagem do teste de germinação pulverização da solução aos 15 dias após a montagem do teste



Quadrado médio

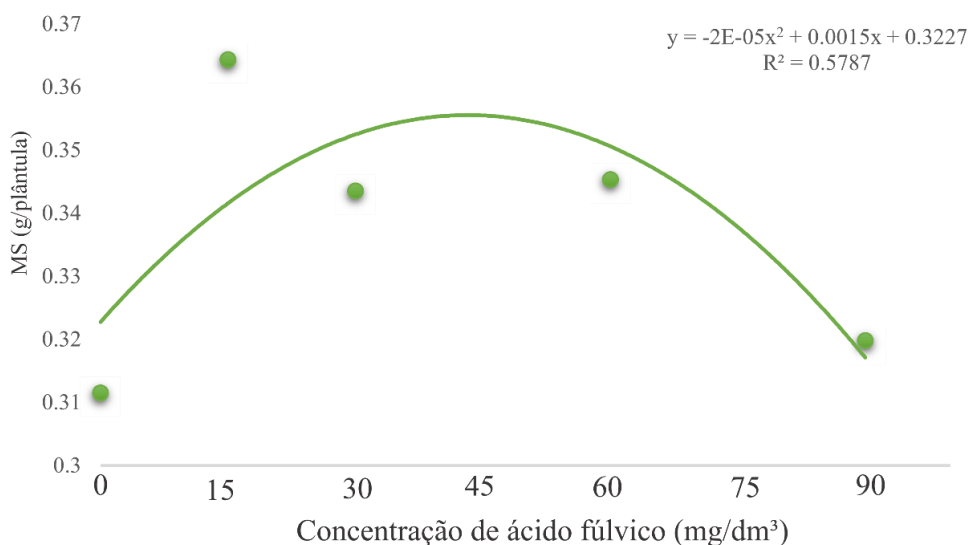
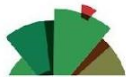
FV	GL	PC	G	CR	MS
Métodos de aplicação (M)	1	2.70ns	8.52ns	327.52*	0.002342 ^{ns}
Concentração (D)	4	4.55ns	2.41 ^{ns}	23.21ns	0.002706*
Interação M*D	4	1.78ns	19.11ns	7.98ns	0.000164 ^{ns}
Resíduo	20	59.33	17.10	18.68	0.000640
CV (%)		1.80	4.83	6.75	7.51

*F significativo em nível de 5% de probabilidade; ns não significativo.

Conforme a Tabela 1, para as variáveis protusão radicular (PC) e porcentagem de germinação (G) não foi observado efeito significativo com a aplicação de ácido fúlvico. Resultado semelhante foi encontrado por Azevedo (2018) ao aplicar substâncias húmicas em sementes de café, não obtendo diferença significativa para a germinação nas avaliações realizadas aos 15 e 30 dias. Segundo o autor, esse resultado já era esperado pelo fato da auxina, principal hormônio relacionado à atuação das substâncias húmicas no metabolismo vegetal, não estar envolvida diretamente com o processo de germinação. Para a cultura do sorgo, o tratamento de sementes com substâncias húmicas também não proporcionou efeito sobre a germinação (VENDRUSCOLO et al., 2014). Entretanto, um resultado divergente foi observado por Silva Filho e Silva (2002) em tomate, para o qual a aplicação de substâncias húmicas influenciou no aumento e na velocidade de germinação das sementes, com efeito superior da fração ácido fúlvico.

Desdobrando os resultados significativos obtidos pela análise de variância, a distribuição dos dados de massa seca total de eixo hipocótilo-raiz apresentou comportamento quadrático, em que os maiores valores dessa variável foram observados nas concentrações 15, 30 e 60 mg.dm⁻³, respectivamente (Figura 1). Diante do efeito positivo do ácido fúlvico sobre o desenvolvimento radicular, era previsível que o tratamento controle apresentasse menor valor para variáveis relacionadas ao sistema radicular. O decréscimo da MS na concentração de 90 mg.dm⁻³ pode estar relacionado a uma possível fitotoxidez causada pelo excesso de AF.

Figura 1- Relação entre a massa seca total dos eixo hipocótilo-raiz (MS, gramas por plântula) e as diferentes concentrações (mg.dm⁻³) de ácido fúlvico.



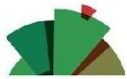
Com relação à fitotoxicidez pelo aumento da concentração de ácido fúlvico utilizada, em sementes de Aroeira-do-Sertão (*Astronium urundeuva*, M. Allemão), imersas em soluções com maiores concentrações de substâncias húmicas (0,50%, 0,75% e 1,00%), observou-se efeitos negativos na germinação (MOTA et al., 2015). Através de uma revisão bibliográfica, Camargo et al. (2001) concluíram que esta fitotoxicidez por ácidos orgânicos é causada pela paralisação da respiração e, por consequência, da divisão celular, afetando a germinação de sementes e o desenvolvimento inicial do sistema radicular.

Observa-se na Tabela 2 que o comprimento médio da raiz primária obtido aplicando ácido fúlvico por pulverização diferiu estatisticamente e foi superior à imersão das sementes. Esse resultado superior da pulverização das plântulas pode estar relacionado à presença de pelos radiculares na raiz primária das plântulas de café aos 15 dias, momento da aplicação deste tratamento. Segundo Rosa e McDonald JR (2011), aos 15 após a montagem dos testes dias é possível visualizar pelos absorventes na raiz primária da plântula de café. Mesmo que ainda estivessem pequenos e em menor quantidade, os pelos possivelmente já estavam funcionais, permitindo maior eficiência na absorção do AF e sua atuação sobre o metabolismo da plântula. O ácido fúlvico, por possuir menor peso molecular que o ácido húmico, consegue chegar à membrana plasmática mais facilmente e ser absorvido, sendo a fração mais fortemente relacionada aos efeitos positivos da aplicação de substâncias húmicas às plantas (NARDI et al., 2002).

Tabela 2 - Médias da variável comprimento médio da raiz primária (CR, mm) nos métodos de aplicação imersão no tempo zero (dia da montagem) e 15 dias após o tempo zero (dia da montagem).

	Imersão no dia da montagem	Pulverização no 15º após a montagem
Médias	60.68 B	67.27 A

Médias seguidas por uma mesma letra não diferem pelo teste F.



Ao aplicar substâncias húmicas em sementes de café arábica da cultivar Topázio MG1190, Azevedo (2018) observou efeito significativo das diferentes concentrações de SH sobre o comprimento da raiz, porém não observou diferenças significativas entre os ácidos fúlvico e húmico e para a interação entre eles. O comprimento radicular se comportou de forma complexa com o aumento da dosagem de substâncias húmicas, entretanto a concentração 0 mg.dm^{-3} foi a que proporcionou maior valor para a variável. Esses resultados diferem dos obtidos neste presente trabalho, visto que não foram encontradas diferenças significativas para as concentrações de AF testadas. Essa diferença observada entre os resultados obtidos nos trabalhos pode ser devido a um ou mais fatores que divergiram entre os experimentos, como cultivar utilizada, dosagem, forma de aplicação, composição do produto. Conforme mencionado por Zandonadi et al. (2014), são diversos os fatores que podem influenciar na resposta ao tratamento com substâncias húmicas.

Outros trabalhos com diferentes culturas, como alface (BORCIONI et al., 2016), milho (CANELLAS et al., 2002; PAIVA, 2020; ZANDONADI, 2006) e tomate (ADANI et al., 1998), dentre outros, também demonstraram resultados positivos do tratamento com AF e/ou AH sobre o crescimento radicular. Bento et al. (2021), ao tratarem mudas de café arábica, cultivar Mundo Novo/04, com ácido fúlvico, encontraram maiores valores para comprimento e peso seco de raiz. O bom desenvolvimento dos eixo hipocótilo-raiz é essencial para que a planta explore melhor o substrato de crescimento, tenha maior superfície para absorção de nutrientes, além de sustentação da planta e maior tolerância a situações de déficit hídrico.

Evidências demonstram que o efeito benéfico de ácidos húmicos e fúlvicos sobre o desenvolvimento do sistema radicular está relacionado à influência sobre a atividade auxínica (CANELLAS et al., 2002; ZANDONADI et al., 2007), mas o mecanismo de ocorrência não está totalmente elucidado. Assim, diversas explicações são propostas. Em *Arabidopsis thaliana*, a aplicação de substâncias húmicas promoveu ativação de genes envolvidos na síntese de auxina (TREVISAN et al., 2010). Façanha et al. (2002) relataram estar relacionado à presença de grupamentos análogos à auxina nas estruturas que, quando dissociados das moléculas de AF e AH, são absorvidos e desencadeiam estímulos ao crescimento das raízes. Zandonadi et al. (2010) abordam sobre a hipótese de que o óxido nítrico (NO), que tem sua síntese induzida por AH, está relacionado com o desenvolvimento radicular, promovendo alto número de raízes laterais em milho mesmo na presença de inibidores de auxina. Além disso, o NO está envolvido na sinalização de auxina (CORREA-ARAGUNDE et al., 2004).

Os estímulos ao crescimento radicular estão associados ao aumento da atividade da H⁺-ATPase presente na membrana plasmática, que ao liberar prótons no apoplasto reduzem o pH desse espaço, criando a condição ideal para atuação das expansinas. As expansinas são enzimas responsáveis por promover o afrouxamento da parede celular que, atrelado à entrada de água e criação da pressão de turgor, promovem o alongamento celular, intensificando o chamado “crescimento ácido” (TAIZ et al., 2017). Além disso, a H⁺-ATPase também é responsável por criar o gradiente eletroquímico necessário à absorção de nutrientes pelas raízes. As substâncias húmicas, a auxina e o óxido nítrico estão envolvidos na expressão e na atividade dessa importante enzima (CANELLAS et al., 2002; ZHAO et al.,



2004). Azevedo (2018) também observou aumento da atividade da H⁺-ATPase com a aplicação de substâncias húmicas em sementes de café arábica, cultivar Topázio MG1190.

A partir dos resultados encontrados observa-se que, nas condições, concentrações e formas de aplicação do ácido fúlvico utilizadas neste trabalho, os efeitos positivos proporcionados às sementes de café estão relacionados ao desenvolvimento radicular e não aos diretamente à capacidade e velocidade de germinação. Ao trabalhar com aplicação de substâncias húmicas, com alta porcentagem de ácidos húmico e fúlvico, em milho, Eyheraguibel et al. (2008) também não observaram efeito sobre a germinação das sementes. Entretanto, o comprimento radicular aumentou de forma progressiva, atingindo aumento de 25% com 10 dias de tratamento. Além do comprimento, também houve mudanças na forma de desenvolvimento do sistema radicular, com maior proliferação de raízes laterais nas plantas tratadas, aumentando a exploração do meio em que estavam. Zandonadi (2006) e Paiva (2020) também observaram o mesmo comportamento de aumento no comprimento radicular e na quantidade de raízes laterais de plantas de milho tratadas com substâncias húmicas.

Muitos trabalhos trazem, além do efeito de SUBSTÂNCIAS HÚMICAS sobre o desenvolvimento das raízes, o reflexo deste na parte aérea das plantas (CAVALCANTE et al., 2013; EYHERAGUIBEL et al., 2008), seja no maior crescimento, teor de nutrientes, dentre outras características. Cavalcante et al. (2013), aplicando substâncias húmicas via foliar em mudas de maracujá amarelo, obtiveram resultados significativos com as concentrações utilizadas para as variáveis altura de planta, diâmetro do caule, massa seca da parte aérea, teor de clorofila foliar e massa seca da raiz. Já Eyheraguibel et al. (2008) observaram nas plantas de milho efeito sobre o crescimento e desenvolvimento do sistema radicular, além de efeitos positivos sobre o comprimento da parte aérea, florescimento, precocidade, eficiência hídrica e absorção de nutrientes. Nesse sentido, seria interessante investigar os possíveis efeitos da aplicação dessas substâncias diretamente em plantas jovens de café.

Por fim, a partir dos resultados obtidos e por não se encontrar muitos trabalhos relacionando café e substâncias húmicas, pode-se pensar em expandir as condições experimentais para mais próximas da realidade encontrada no mercado de produção de mudas, como realizar testes na semeadura e formação das plântulas em recipiente contendo substrato, permitindo análises de mais variáveis e por um tempo maior, podendo prolongar até o momento de levar as mudas ao campo.

Conclusões

A aplicação de ácido fúlvico em sementes de café arábica (*Coffea arabica* L.), cultivar Catuaí Vermelho IAC 44, influencia no comprimento médio da raiz primária e massa seca total do eixo hipocótilo-raiz.

A aplicação de ácido fúlvico via pulverização após 15 dias da semeadura proporciona maior comprimento médio da raiz primária.

A aplicação da concentração de 15 mg.dm⁻³ de ácido fúlvico proporciona maior massa seca total do eixo hipocótilo-raiz.



A pulverização de solução de ácido fúlvico na dosagem 15 mg.dm⁻³ demonstra ser uma técnica promissora para a produção de mudas de café.

Agradecimentos

A Universidade Federal de Viçosa - Departamento de Agronomia e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Referências

- ADANI, F.; GENEVINI, P.; ZACCHEO, P., ZOCCHI, G. The effect of commercial humic acid on tomato plant growth and mineral nutrition, *Journal of Plant Nutrition*, v.21, n.3, p.561-575, 1998. DOI: 10.1080/01904169809365424
- ARAUJO, R. F.; ARAUJO, E. F.; CECON, P. R.; SOFIATI, V. Conservação de sementes de café (*Coffea arabica* L.) despulpado e não despulpado. *Revista Brasileira de Sementes*, v.30, n.3, p.71-78, 2008. DOI:10.1590/S0101-31222008000300010.
- AZEVEDO, H. P. A. **Enraizamento de café arábica em sistema orgânico de produção**. 2018. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- BENTO, J. F. A. R.; ZAMBELI, A. S.; FREITAS, A. S.; SOARES, M. G.O.; SILVA, F.E.A. Impacto de ácidos húmicos e fúlvicos na produção de mudas de cafeeiro. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, PR, v.7, n.7, p.67277-67285, 2021. DOI: 10.34117/bjdv7n7-146.
- BORCIONI, E.; MÓGOR, A.F.; PINTO, F. Aplicação de ácido fúlvico em mudas influenciando o crescimento radicular e produtividade de alface americana. *Revista Ciência Agrônômica*, v.47, n.3, p.509-515, 2016.
- BRASIL. **Instrução Normativa. Nº 35, de 29 de novembro de 2012**. Aprova o regulamento técnico para produção e comercialização de material de propagação de cafeeiro (*Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner). Brasília, 2012.
- BRASIL. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009.
- CAMARGO, F. A. O.; ZONTA, E.; SANTOS, G. A.; ROSSIELLO, R.O.P. Aspectos fisiológicos e caracterização da toxidez de ácidos orgânicos voláteis em plantas. *Ciência Rural*, v.31, n.3, p.523-529, 2001. DOI: 10.1590/S0103-84782001000300029.
- CANELLAS, L. P.; OLIVARES, F.L.; OKOROKOVA-FAÇANHA, A.L.; FAÇANHA, A.R. Humic Acids Isolated from Earthworm Compost Enhance Root Elongation, Lateral Root Emergence, and Plasma Membrane H⁺-ATPase Activity in Maize Roots. *Plant Physiology*, v.130, p.1951-1957, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1104%2Fpp.007088>.
- CARON, V. C.; GRAÇAS, J.P.; CASTRO, P.R.C. **Condicionadores do solo: ácidos húmicos e fúlvicos**. Piracicaba: ESALQ, 2015.
- CARVALHO, C. H. S. **Cultivares de café Brasília**: EMBRAPA, 2007. Recuperado em 3 de março de 2022. Disponível em: http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/publicacoes_tecnicas/Livro_Cultivares.pdf.
- CAVALCANTE, Í.H.L.; SIVA, R.R.S.; ALBANO, F.G.; LIMA, F.N.; MARQUES, A.S. Foliar spray of humic substances on seedling production of yellow passion fruit. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, v.11, n.2, p.301-304, 2013. DOI: 103923/ja.2011.118.122.



CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: café.** Safra 2022 - Quarto levantamento, v.9, p.1-52, 2022.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de café.** Safra 2023 - Primeiro levantamento, v.10, n.1, p.1-41, 2023.

CORREA-ARAGUNDE, N.; GRAZIANO, M.; LAMATTINA. Nitric oxide plays a central role in determining lateral root development in tomato. *Planta*, v.18, p.900-905, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00425-003-1172-7>

EYHERAGUIBEL, B.; SILVESTRE, J.; MORARD. Effects of humic substances derived from organic waste enhancement on the growth and mineral nutrition of maize. *Bioresource Technology*, v.99, p.4206-4212, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.08.082>

FAÇANHA, A.R.; FAÇANHA, A.L.O.; OLIVARES, F.L.; GURIDI, F.; SANTOS, G.A.; VELLOSO, A.C.X.; RUMJANEK, V.M.; BRASIL, F.; SCHRIPSEMA, J.; BRAZ-FILHO, R.; OLIVEIRA, M. A.; CANELLAS, L.P. Bioatividade de ácidos húmicos: efeitos sobre o desenvolvimento radicular e sobre a bomba de prótons da membrana plasmática. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.37, n.9, p.1301-1310, 2002. DOI: 10.1590/S0100-204X2002000900014.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

HAMPTON, J.G. **Vigour testing within laboratories of the international seed testing association: a survey.** *Seed Science and Technology*, Zürich, v.20, p.199-203, 1992 (Supplement, 1).

IMA. **Estabelecimento comercial de sementes e mudas.** 2019. Disponível em: <<http://www.ima.mg.gov.br/sanidade-vegetal/renasem>>. Acesso em: 14 nov. 2022.

MOTA, A.R.; SILVA, R.J.; SOUZA, P.B.; OLIVEIRA, L.M.; SANTOS, A.C.M. Efeito da substância húmica na germinação de sementes de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.10, n.3, p.26-30, 2015. DOI: 10.18378/rvads.v10i3.3491.

NARDI, S.; PIZZEGHELLO, D.; MUSCOLO, A. VIANELLO. Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology & Biochemistry*, v.34, p.527-1536, 2002. DOI: 10.1016/S0038-0717(02)00174-8.

PAIVA, M. J. A. E. **Ação e modo de aplicação dos ácidos húmicos e fúlvicos sobre características morfológicas e fisiológicas de milho.** 2020. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) - Departamento de Agronomia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2020.

RIBEIRO, B. B.; MENDONÇA, L.M.V.L.; ASSIS, G.A.; MENDONÇA, J.M.A. de; MALTA, M.R.; MONTANARI, F.F. **Avaliação química e sensorial de blends de *Coffea canephora* Pierre e *Coffea arabica* L.** *Coffee Science*, v.9, p.178-186, 2014.

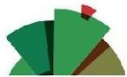
RIBEIRO, M. D. F. **Tratamentos alternativos para conservação de sementes de café arábica.** 2013. 97 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

ROSA, S. D. V. F.; MCDONALD JR, M. B. **Modelo de Crescimento de Plântulas de Café: Uma Justificativa para Reduzir o Teste Padrão de Germinação.** Brasília, DF: Embrapa Café, 2011.

SILVA FILHO, A. V. DA; SILVA, M. I. V. da. Importância das substâncias húmicas para a agricultura. **Anais do simpósio nacional sobre as culturas do inhame e do taro.** João Pessoa, v.2, 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal.** Tradução: Alexandra Antunes Mastroberti et al. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TREVISAN, S.; PIZZEGHELLO, D.; RUPERTI, B.; FRANCIOSO, O.; SASSI, A.; PALME, K.; QUAGGIOTTI, S.; NARDI, S. Humic substances induce lateral root formation and expression of the early auxin-responsive



KNUPP, V. R. A.; COELHO, A. P. F.; SANTOS, R. L.; SILVA, C. S.; PEDROSA, A. W. Influência do ácido fúlvico na qualidade fisiológica de sementes de café arábica, cultivar Catuaí Vermelho IAC 44. *Revista Semiárido De Visu*, V. 12, n. 2, p. 725-736, maio. 2024. ISSN 2237-1966.

IAA19 gene and DR5 synthetic element in Arabidopsis. *Plant Biology*, v.12, n.4, p.604-614, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.2009.00248.x>.

VENDRUSCOLO, E. P.; SANTOS, O.F.; ALVES, C.Z. Substâncias húmicas na qualidade fisiológica de sementes de sorgo. *Journal of Agronomic Sciences*, v.3, n.2, p.169-177, 2014.

ZANDONADI, D. B. **Bioatividade de substâncias húmicas: promoção do desenvolvimento radicular a atividade das bombas de H⁺**. Tese: Universidade Estadual no Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campo dos Goytacazes, 173 p, 2006.

ZANDONADI, D. B.; CANELLAS, L.P.; FAÇANHA, A.R. Indolacetic and humic acids induce lateral root development through a concerted plasmalemma and tonoplast H⁺ pumps activation. *Planta*, v.225, p.1583-1595, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00425-006-0454-2>.

ZANDONADI, D. B.; SANTOS, M.P.; MEDICI, L.O.; SILVA, J. Ação da matéria orgânica e suas frações sobre a fisiologia de hortaliças. *Horticultura Brasileira*, v.32, n.1, p.14-20, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362014000100003>.

ZHAO, L.; ZHANG, F.; GUO, J.; YANG, Y.; LI, B.; ZHANG, L. Nitric Oxide Functions as a Signal in Salt Resistance in the Calluses from Two Ecotypes of Reed. *Plant Physiology*, v.134, p.849-857, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1104/2Fpp.103.030023>.