

ORGANOMINERAL ASSOCIADO A *BACILLUS* *ARYABHATAI* COMO ATENUADOR DO DÉFICIT HÍDRICO EM MUDAS DE CAFÉ

RESUMO

Michele Luciene Vieira
michele.ptga@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-3907-1159>
Centro Universitário do Cerrado-UNICERP
Patrocínio, MG, Brasil

Aquiles Júnior da Cunha
aquiles@unicerp.edu.br
<https://orcid.org/0000-0002-5888-6145>
Centro Universitário do Cerrado-UNICERP
Patrocínio, MG, Brasil

Daniela Silva Souza
danielasouza.agro@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-3530-5942>
Centro Universitário do Cerrado-UNICERP
Patrocínio, MG, Brasil

Recebido em: 09/07/2021
Aprovado em: 21/09/2021

DOI: 10.17648/2525-2771-v1n9-9

Correspondência:

Michele Luciene Vieira
Rua Conselheiro Rufino, 552, Centro,
Guimarânia, Minas Gerais, Brasil

Direito autoral:

Este artigo está licenciado sob os termos da
Licença Creative Commons-Atribuição 4.0
Internacional.

INTRODUÇÃO: Dentre os fatores abióticos que mais limitam o crescimento e o sucesso reprodutivos das plantas são as temperaturas extremas, a seca e os solos salinos. A busca por métodos que possam mitigar o efeito do estresse hídrico no transplante de mudas de café é de extrema importância e necessário para que possamos minimizar estes fatores.

OBJETIVO: Avaliar organomineral associada à inoculação com bactérias do gênero *Bacillus aryabhattai*, no transplante de mudas de café.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi conduzido em casa de vegetação, utilizando a cultivar café arábica Arara, durante um período de 120 dias para avaliação de aspectos morfológicos das mudas de café, submetidas a duas condições hídricas de (80 e 60% da capacidade de campo) e a três tipos de tratamento (sem inoculação e sem adubo; organomineral inoculado com bactérias e organomineral sem a inoculação). O experimento foi conduzido em DIC, esquema fatorial 2x3.

RESULTADOS: O comprimento de parte aérea não foi influenciado por nenhum tratamento à 80% da capacidade de campo. Bactérias associadas ao organomineral demonstrou melhorias quando submetido à estresse hídrico.

CONCLUSÃO: O uso de bactérias associado ao organomineral incrementou aspectos morfológicos de raízes de cafeteiros recém transplantados, submetidos à estresse hídrico.

PALAVRAS-CHAVE: adubação; bactérias; estresse hídrico; matéria orgânica.

ORGANOMINERAL ASSOCIATED WITH BACILLUS ARYABHATTAI AS A WATER DEFICIT ATTENUATOR IN COFFEE SEEDLINGS

ABSTRACT

INTRODUCTION: Among the abiotic factors that most limit the growth and reproductive success of plants are extreme temperatures, drought and saline soils, the search for methods that can mitigate the effect of water stress on transplanting coffee seedlings are extremely important and necessary for that can minimize these factors.

OBJECTIVE: To evaluate organomineral associated with inoculation with *Bacillus aryabhattai*, in coffee seedling transplantation.

MATERIAL AND METHODS: The experiment was carried out in a greenhouse, using the Arabica coffee cultivar Arara, for a period of 120 days to evaluate the morphological aspects of the coffee seedlings, submitted to two water conditions (80 and 60% of the capacity of field) and to three types of treatment (without inoculation and without fertilizer; organomineral inoculated with bacteria and organomineral without inoculation). The Experiment was conducted in DIC, 2x3 factorial scheme.

RESULTS: Shoot length was not influenced by any treatment at 80% of field capacity. Bacteria associated with organomineral showed improvements when subjected to water stress.

CONCLUSION: The use of bacteria associated with organomineral increased morphological aspects of roots of newly transplanted coffee trees subjected to water stress.

KEYWORDS: bacteria; hydric stress; organic matter; fertilizing.

INTRODUÇÃO

A cafeicultura, como importante atividade do setor agropecuário, desempenha função de elevada importância para o desenvolvimento social e econômico do Brasil, garantindo a geração de empregos, tributos e contribuindo significativamente para a formação da receita brasileira. O café é um dos produtos básicos que mais se negociam no mundo todo, sendo produzido em mais de 60 países, proporcionando o sustento para mais de 125 milhões de pessoas e é particularmente importante para os pequenos cafeicultores, que são os responsáveis pela maior parte da produção (EMBRAPA, 2017).

Os fatores abióticos que mais limitam o crescimento e o sucesso reprodutivo dos vegetais são as temperaturas extremas, a seca e os solos salinos (NASER; SHANI 2016), sendo o déficit hídrico, o de maior ocorrência nas áreas agricultáveis do mundo, e o responsável por demandar maior esforço científico para manutenção das produtividades (CATTIVELLI *et al.*, 2008).

As plantas como organismos sésseis regulam seu crescimento e desenvolvimento, por meio de estratégias, na tentativa de tolerar ambientes inóspitos, respondendo aos constantes estímulos e oscilações ambientais. As plantas quando estressadas acionam estratégias genéticas, morfológicas, fisiológicas e bioquímicas, que variam de acordo com a intensidade e duração do estresse, visando reduzir o efeito da baixa disponibilidade hídrica (HOSSAIN *et al.*, 2014). A perda do turgor e o ajustamento osmótico diminuem o potencial hídrico da folha, induzindo o fechamento dos estômatos. Acarretando uma redução das trocas gasosas e diminuição da transpiração e da fotossíntese, limitando o crescimento e desenvolvimento da planta (FAGHANI *et al.*, 2015).

A demanda por fertilizantes minerais na agricultura é alta, por disponibilizar todos os nutrientes necessários para o solo e planta. No entanto, grande parte desses fertilizantes são importados, tornando o Brasil dependente de outros países, onerando a produção, por depender de preço externo (OLIVEIRA, 2018). Além do mais, a utilização de fertilizantes químicos pode influenciar na degradação física do solo, afetando a acelerada redução de matéria orgânica, erosão, salinização e enfraquecimento nutricional do solo, gerando impacto para o meio ambiente (BORBA, 2018).

Em consequência disso, a utilização de fertilizantes organominerais tem aumentado consideravelmente. Este resulta da associação de fertilizantes orgânicos e minerais, que

possibilitam o melhor aproveitamento dos nutrientes contidos nos subprodutos, melhorando sua composição nutricional adicionando nutrientes minerais. Diante disso, são produzidas fórmulas comerciais baseadas no tipo de cultura e exigência no campo (SANTOS *et al.*, 2019).

O aumento do teor de matéria orgânica nos sistemas de plantio, além de propiciar um maior crescimento radicular, promove ainda, melhorias nas condições físicas, químicas e biológicas de solo (BENITES *et al.*, 2010). Ademais, fornece nutrientes às culturas, aumenta a retenção de cátions, complexa elementos tóxicos e micronutrientes, aumenta a aeração e atividade microbiana e aumenta a retenção hídrica, minimizando o estresse hídrico (BAYER; MIELNIEZUK, 1999). Desta maneira, aumentando a associação com as bactérias e organismos benéficos.

Bactérias do gênero *Bacillus aryabhatai*, atenuam os efeitos do estresse hídrico, além de propiciar maior promoção do crescimento de espécies vegetais (EMBRAPA, 2017). Estudos sugerem que essas rizobactérias têm forte impacto em vários mecanismos de tolerância ao estresse, os quais, em conjunto, resultam na melhoria dos processos das células biorremediar o estresse. Um destes mecanismos é a produção de osmólitos compatíveis, os quais são pequenas moléculas orgânicas que auxiliam durante estresses ambientais, como betaína e a formação de biofilmes (EMBRAPA, 2017). Estes biofilmes são formados pelas rizobactérias, sendo estes agregados multicelulares que aderem à superfície das raízes por meio da produção de substâncias, como polissacarídeos, proteínas e DNA.

Estas bactérias ao colonizarem junto ao sistema radicular das plantas sob estresse, produzem algumas substâncias que hidratam as raízes. A busca para compreender o potencial destas bactérias, que são encontradas em plantas de clima semiárido, analisando o seu desenvolvimento ao déficit hídrico ainda é um desafio, com isso a situação hídrica requer uma atenção especial. Este método busca por resultados que possam ser futuramente usados em plantas de café (EMBRAPA, 2019).

O objetivo deste estudo é avaliar a ação da adubação com organomineral associada à inoculação com bactérias do gênero *Bacillus aryabhatai*, aplicados no transplantio de mudas de cafeeiro, como promotores de tolerância em plantas de café.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na casa de vegetação, localizado no Centro Universitário do Cerrado Patrocínio – UNICERP na cidade de Patrocínio/MG. As plantas foram submetidas a irrigação de acordo com suas necessidades diárias, para que se mantivesse a uma capacidade de campo de 80% da capacidade de retenção máxima de água no solo, para evitar estresse hídrico antes do período determinado.

A capacidade de campo do solo, foi determinada pelo método da coluna de solo (Adaptado de FERNANDES; SYKES, 1968). Onde no fundo de uma proveta de 1000 ml de plástico com um pequeno furo próximo à base, foi colocado um papel toalha amassado. Adicionando-se o solo (terra fina seca ao ar – TFSA) até uma altura de aproximadamente 50 cm. Em seguida o solo foi adicionado à proveta de modo que a coluna se apresente regularidade na distribuição das partículas do solo. No ápice da coluna de solo, foram adicionados 100 ml de água filtrada. Na abertura da proveta foi necessário colocar um plástico filme, para que se evitasse a evaporação da água. Após 48 horas, foi retirado com uma espátula os 5 cm superficiais de solo e descartados. Em seguida, retirado o solo presente na camada de 5 a 7 cm da coluna, e realizado a determinação da umidade do solo (base seca) dessa porção. A determinação da umidade feita em estufa a 65 °C por 48 h, tendo o valor de umidade, expresso em base seca calculado, correspondendo à capacidade de campo do solo, sendo expresso em % (g de água/100 g de solo seco). O controle de água no solo foi realizado pelo método de pesagem dos vasos diariamente.

No experimento, foram utilizados a cultivar de café arábica Arara. O transplântio das mudas, foram introduzidas quando estas ainda apresentaram quatro pares de folhas, em vasos plásticos com capacidade para 5 dm³. Os vasos preenchidos com um substrato mesclam de solo argiloso e arenoso, o qual foi peneirado e previamente corrigido para atingir saturação de bases de 70% e adubado de acordo com a necessidade da cultura.

A dose utilizada foi de 10⁻⁸ unidades formadoras de colônia (UFC) de *Bacillus aryabhatai* inoculadas no adubo organomineral. Os tratamentos de déficit hídrico constituíram-se de dois níveis de manutenção da umidade do solo: as plantas foram mantidas a 80% da capacidade de campo (CC) do solo, por pesagem diária, a água foi reduzida até que a capacidade

de campo se estabiliza em 60% CC, pesados e irrigados diariamente para manter este estresse nas mudas.

As plantas foram submetidas aos seguintes tratamentos:

- (i) Tratamento 1 – plantas submetidas à 80% da Capacidade de Campo do Solo, sem adubação
- (ii) Tratamento 2 – inoculação de 10^{-8} UFC de *Bacillus aryabhatai* aplicadas em plantas com 80% de CC, sem adubação;
- (iii) Tratamento 3 – inoculação de 10^{-8} UFC de *Bacillus aryabhatai* aplicadas em plantas com 80% de CC associada a adubação organomineral;
- (iv) Tratamento 4 – plantas submetidas à 60% da Capacidade de Campo do Solo, sem adubação
- (v) Tratamento 5 – inoculação de 10^{-8} UFC de *Bacillus aryabhatai* aplicadas em plantas com 60% de CC, sem adubação;
- (vi) Tratamento 6 – inoculação de 10^{-8} UFC de *Bacillus aryabhatai* aplicadas em plantas com 60% de CC, com adubação organomineral;

Desde o transplântio, o crescimento vegetativo do cafeeiro foi aferido mensalmente, através, de medições da altura das plantas e diâmetro médio da copa, com o auxílio de régua graduada e diâmetro do caule tomado a 5,0 cm do solo, com o auxílio de paquímetro digital, uma vez que o crescimento do cafeeiro é lento no primeiro ano após o transplântio, foram contabilizados ao final do experimento e o número de folhas totais.

Após quatro meses do transplântio, foram realizadas avaliações da morfologia do sistema radicular. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, levadas ao laboratório, onde, sobre bancadas, o sistema radicular foi imediatamente retirado, lavando-se as raízes em água corrente, sobre peneiras de malha inferior a 1 mm, até a total retirada do solo.

As amostras foram submetidas à coloração com violenta genciana (5%), por cinco minutos, após retirado o excesso de corante, sem sobreposição, sobre uma folha para retirada de toda água. As raízes colocadas sobre o vidro do scanner de mesa, e escaneado com resolução de 300 dpi, em tons cinza. Em seguida, as imagens foram processadas com o Software Safira (JORGE; RODRIGUES, 2008), e vários parâmetros relacionados à morfologia do sistema

radicular foram estimados: diâmetro médio de raízes e superfície específica de raízes ($\text{m}^2 \text{kg}^{-1}$ matéria seca).

O experimento foi conduzido em blocos casualizados, com esquema fatorial 2×3 , sendo os fatores: duas condições hídricas (60 e 80% CC) e três níveis de tratamento (sem inoculação e sem adubo; organomineral inoculado com bactérias e organomineral sem a inoculação). As médias foram submetidas a análise de variância (ANOVA), e posteriormente as médias dos tratamentos submetidas à análise de comparação múltipla pelo teste SNK e, diferenças em $p < 0,05$ serão consideradas significativas. Para as análises dos dados se utilizou o software estatístico SPEED STAT (CARVALHO; MENDES, 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O comprimento de parte aérea não foi influenciado por nenhum tratamento à 80% da capacidade de campo. Entretanto o tratamento com bactérias associadas ao fertilizante organomineral demonstrou melhorias quando submetido à estresse hídrico, ao comparar-se apenas com o uso do *B. aryabhatai* em separado (Tabela 1). Isto deve-se ao fato de as substâncias húmicas presentes no fertilizante permitirem o maior enraizamento e interação com microrganismos. Estas substâncias atuam ciclando e disponibilizando nutrientes, contribuindo ainda com o desenvolvimento das plantas (BALDOTTO; BALDOTTO, 2015).

Houve uma diminuição do diâmetro de copa no tratamento controle submetido à estresse hídrico, fato este relacionado pelo menor desenvolvimento da planta e crescimento de ramos plagiotrópicos (Tabela 1). Durante o estresse hídrico, a planta cria mecanismos de minimizar a perda de água, aumentando a condutância estomática, diminuindo a absorção e assimilação de gás carbônico. Desta forma, ocorre a diminuição de síntese de fotoassimilados, o que diminui o crescimento de ramos plagiotrópicos, por menor translocação de carboidratos e formação de novas estruturas. As limitações de ramos são devidas à diminuição metabólica e são consideradas por ocorrerem sob condições de seca (CARMO-SILVA *et al.*, 2012).

O diâmetro de caule foi influenciado negativamente pelo estresse hídrico, em ambos os tratamentos (Tabela 1). Isto acontece, pois em situações de estresse, a síntese de carboidratos é reduzida, então a planta utiliza o amido presente nos ramos para produção de energia e

manutenção do metabolismo, resultando na diminuição do diâmetro de caule. Os carboidratos armazenados nesses tecidos são importantes fontes de energia e de compostos metabólicos que podem ser utilizados durante o desenvolvimento da planta, principalmente nas fases que exigem um rápido crescimento vegetativo e reprodutivo (KOZLOWSKI, 1992).

A massa de matéria fresca de raiz foi menor em condição de estresse hídrico para todos os tratamentos (Tabela 1). Enquanto a superfície específica de raiz em situação de estresse no tratamento controle também. Em contrapartida, em condições de hidratação o tratamento com bactérias e fertilizante organomineral demonstrou-se positivo (Tabela 1). Corroborando com o fato de que o estresse hídrico leva a menor partição de matéria seca nas raízes e que o uso de bactérias associadas à matéria orgânica e substâncias húmicas, permite uma maior rizocompetência de mudas de cafeeiro.

Tabela 1. Comprimento de parte aérea (CPA), diâmetro de copa (DCO), diâmetro de caule (DCA), número de folhas totais (NFT), massa de matéria fresca de raiz (MMFR), diâmetro médio de raiz (DMR) e superfície específica de raiz (SER) de plantas de cafeeiros aos 120 dias após o transplante, submetidas à duas condições hídricas (80 e 60% de capacidade de campo (CC) no solo). UNICERP. Patrocínio, 2021.

Tratamento	CPA(cm)		DCO(cm)		DCA(mm)		NFT		MMFR(g)		DMR(mm)		SER(mm ²)	
	80	60	80	60	80	60	80	60	80	60	80	60	80	60
Controle	38,8	40,8	34	27,6	6,72	5,61	25,6	25	48,21	32,48	0,12	0,12	1,49	0,64
	Aa	Aab	Aa	Ba	Aa	Ba	Aa	Aa	Aa	Ba	Aa	Aa	Ab	Bb
<i>Bacillus</i> <i>Aryabhatai</i> (10 ⁻⁸ UFC)	40	38,2	31,6	29,4	7,14	5,86	25,8	24,8	53,35	27,88	0,11	0,12	1,13	1,38
	Aa	Ab	Aa	Aa	Ba	Aa	Aa	Aa	Aa	Ba	Aa	Aa	Ab	Aa
<i>Bacillus</i> <i>Aryabhatai</i> (10 ⁻⁸ UFC) + 180 kg P2O5 OM	41,2	41,8	32,4	28,6	7,07	5,46	26,4	24,8	51,66	31,73	0,10	0,13	1,98	1,49
	Aa	Aa	Aa	Ba	Aa	Ba	Aa	Aa	Aa	Ba	Aa	Aa	Aa	Aa

Médias seguidas da mesma letra, minúsculas na linha e maiúscula na coluna, para cada tratamento e respectiva condição hídrica, não diferem entre si pelo teste de SNK a 5% de probabilidade.

CONCLUSÕES

O comprimento de parte aérea não sofrerá influência desde que não submetidos à estresse hídrico. Os diâmetros de copa e de caule, bem como a massa de matéria fresca de raiz foram influenciados negativamente pelo estresse hídrico. O uso do fertilizante organomineral associado a *B. aryabhatai* permite incrementos morfológicos de plantas de cafeeiros submetidas à estresse hídrico.

FINANCIAMENTOS

ProIC - Programa de Iniciação Científica

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. J. *et al.* **ECOFISIOLOGIA DE CULTURAS AGRÍCOLAS**. 1. Ed. Minas Gerais: EDUEMG, 2018. 168 p.

BAYER, C. Dinâmica da matéria orgânica em sistemas de manejo de solos. **Tese** (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996. 240 p.

BENITES, V. de M. *et al.* Produção de fertilizantes organomineral granulado a partir de dejetos de suínos e aves no Brasil. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, Guarapari. **Anais...** Guarapari: Revista Brasileira de Ciência do solo, 2010. 5 p.

BORBA, M. de A. Respostas fisiológicas da cultura do milho à diferentes manejos de adubação. 2018. 34 f. **Monografia** (Bacharel em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia. 2018. 34 p.

CARVALHO, A. M. X.; MENDES, F. Q. SPEED Stat: a minimalist and intuitive spreadsheet program for classical experimental statistics. In: **Anais da 62ª Reunião Anual da Região 45 Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria; Lavras – MG, Brasil**. Lavras: Universidade Federal de Lavras. 2017. 333 p.

CATTIVELLI, L.; RIZZA, F.; BADECK, F.; MAZZUCOTELLI, E.; MASTRANGELO, A. M.; FRANCIA, E.; MARE, C.; TONDELLI A; STANCA, A. M. Drought tolerance improvement in crop plants: An integrated view from breeding to genomics. **Field Crop Res** 105. [doi:10.1016/j.fcr.2007.07.004](https://doi.org/10.1016/j.fcr.2007.07.004). 2018. 1-14 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – **EMBRAPA**, 2019. BOLETIM DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO. Isolamento e Potencial Uso de Bactérias do Gênero Bacillus na Promoção de Crescimento de Plantas em Condições de Déficit Hídrico. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1114738/1/bol192.pdf>, acesso em 14 de agosto 2020, às 14h23min.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – **EMBRAPA**, 2017. Cientistas usam bactérias para ajudar plantas a resistir à seca. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias//noticia/22885691/cientistas-usam-bacterias-para-ajudar-plantas-a-resistir-a-seca>, acesso em 17 de fevereiro 2020, às 21h40min.

FAGHANI, E.; GHARECHAHI, J.; KOMATSU, S.; MIRZAEI, M.; KHAVARINEJAD, R. A.; NAJAFI, F.; FARSAAD, L. K.; SALEKDEH, G. H. Comparative physiology and proteomic analysis of two wheat genotypes contrasting in drought tolerance. **Journal of Proteomics**, v. 114. 2015.1-15 p.

FERNANDES, B.& SYKES, D.J. Capacidade de campo e retenção de água em três solos de Minas Gerais. **R. Ceres**, 15. 1968. 1-39 p.

HAVIR, E.A.; McHALE, N.A. Biochemical and Developmental Characterization of Multiple Forms of Catalase in Tobacco Leaves. **Plant Physiology**. v.84. 1987. 450-455 p.

HOSSAIN, M., M.; LIU, X.; QI, X.; LAM, H.; ZHANG, J. **The Crop Journal**, v. 02. 2014. 366-380 p.

JORGE, L. A. C.; Rodrigues, A. F. O. Safira: sistema de análise de fibras e raízes. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa Instrumentação Agropecuária**, São Carlos. 2008. 21 p.

SANTOS, V. S. dos. et al. Rendimento de milho após aplicação de fertilizantes orgânico e organomineral como estratégia de melhoria da fertilidade do solo. In: SALÃO INTEGRADO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO. Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: UERGS, 2019. 4 p.