



CRESCIMENTO DO FEIJOEIRO SUBMETIDO A CO-INOCULAÇÃO COM *R. tropici*, *A. brasiliense* E OS MICRONUTRIENTES Mo/Co

Brenda Bárbara Araújo Ribeiro (PG)^{1*}, Heli Nunes Luz Guimarães (IC)¹, Diana Rosa Reis (PG)¹, Itamar Rosa Teixeira (PQ)¹, Gisele Carneiro da Silva (PQ)²

*brendabarbara.eng@gmail.com

¹ Universidade Estadual de Goiás, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Campus de Ciências Exatas e Tecnológicas- Anápolis/GO, Brasil.

² Universidade Estadual de Goiás, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Unidade Posse, Posse/GO, Brasil.

Resumo: A demanda de nitrogênio pela cultura do feijoeiro pode ser atendida integralmente com as estirpes de bactérias nodulíferas pertencentes à espécie *R. tropici*, porém essa capacidade de resposta pode ser melhorada com a associação *Rhizobium tropici* + *Azospirillum brasilense* + micronutrientes Mo/Co em co-inoculação, cujos resultados de pesquisa são incipientes. O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento vegetativo da cultura de feijão submetida à co-inoculação de células rizobianas + *A. brasiliense* e os micronutrientes Mo/Co. O delineamento foi de blocos casualizados, com 10 repetições, sendo três tratamentos. A co-inoculação foi realizada antes da semeadura, empregando inoculante líquido contendo as estirpes. Observou-se o crescimento das plantas com 15, 30 e 45 dias após emergência (DAE), sendo avaliadas as seguintes características: altura de planta, número de folhas por planta, número de hastes por planta e diâmetro do caule principal. Os resultados obtidos concluíram-se que as bactérias nodulíferas nativa e matéria orgânica do solo não foram capazes de fornecer nitrogênio para o crescimento vegetativo. A co-inoculação do feijão com *R.tropici* + *A. brasiliense* e os micronutrientes Mo/Co promoveu maior crescimento vegetativo do feijoeiro em relação à adubação mineral nitrogenada, podendo assim, substituir a adubação mineral nitrogenada na fase vegetativa do feijoeiro.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*. Nutrição mineral. FBN. Acúmulo de biomassa.

Introdução

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) é uma leguminosa pertencente à família Fabaceae, sendo a espécie mais cultivada no Brasil (SALES, 2020). A área plantada do feijoeiro na safra 2019/2020 foi de 2,9 milhões de hectares, obtendo uma produção de 3,2 milhões de toneladas, com produtividade média de apenas 1.101 kg





ha⁻¹ (CONAB, 2021), sendo a questão nutricional um dos fatores que corrobora para este baixo patamar de produtividade, com destaque para o nitrogênio (N), nutriente de maior demanda pela cultura de feijão. A dose de N recomendada para a cultura é de 100 kg ha⁻¹, fracionada em duas aplicações, 40 e 60 kg ha⁻¹, respectivamente na base e em cobertura (VIEIRA, 1998). Esta demanda pode ser suprida pelo N do solo, pela adubação nitrogenada e pelo processo de fixação biológica do nitrogênio (FBN).

A FBN é um processo bioquímico, natural e essencial, realizado por bactérias que possuem a enzima nitrogenase. Estes organismos são encontrados em vários ambientes e vivendo livremente, associado ou em simbiose com outros seres vivos. A FBN é realizada em simbiose com bactérias diazotróficas, que induzem a formação de nódulos nas raízes (FERREIRA et al., 2015). As bactérias fixadoras de nitrogênio possuem um papel ecológico importante, atuando na conversão do nitrogênio atmosférico (N₂), não assimilável pelas plantas e por outros grupos de organismos, em amônia (NH₄⁺), forma utilizada (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006). O feijoeiro desenvolve por associação simbiótica nas raízes com a bactéria rizobiana, e quando essa bactéria está presente no solo, naturalmente ou via inoculação, reconhece e infecta as raízes da planta hospedeira, provocando a formação de nódulos onde ocorre a fixação do N₂ (OLIVEIRA et al., 2017).

Com o intuito de melhorar o desempenho dos rizóbios e, conseqüentemente, a eficiência da FBN no feijoeiro, dentre outros benefícios, a técnica de co-inoculação começa a ser explorada na cultura. A co-inoculação é uma técnica de manejo utilizada a fim de obter benefícios e aumentar o potencial da FBN a partir de associação entre bactérias do grupo rizóbio e as bactérias promotoras de crescimento vegetal a exemplo do *A. brasiliense*. Esta alternativa é representada por um grupo de bactérias associativas capazes de promover o crescimento das plantas através de alterações fisiológicas devido à liberação de hormônios como auxinas e citocininas que promovem aumento no crescimento radicular (ZAFAR et al., 2012).

A eficiência da FBN pode ser melhorada ainda pela aplicação dos micronutrientes molibdênio e cobalto. O Mo é indispensável ao metabolismo do N, pois faz parte das enzimas nitrato redutase e nitrogenase, sendo essencial ao crescimento e desenvolvimento das plantas (HAMILTON et al., 2020). O cobalto é





útil nas leguminosas por participar da estrutura da vitamina B12, que regula a concentração de oxigênio nos nódulos impedindo a inativação da enzima nitrogenase (MENCALHA, 2017).

Devido à interação positiva entre as bactérias, a co-inoculação tem sido sugerida para potencializar a nodulação, estimular o crescimento da planta e beneficiar o processo biológico de fixação de nitrogênio. O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento das plantas de feijão submetidas a co-inoculação com *Rhizobium tropici* + *Azospirillum brasilense* + micronutrientes Mo/Co, comparado a adubação nitrogenada mineral, na safra irrigada (inverno) no cerrado goiano.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na safra de inverno de 2021, na área experimental da Agência Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária - EMATER, situada no município de Anápolis-GO, com altitude de 1058 m, latitude 16°20'12.13" Sul e longitude 48°53'15.96" Oeste. O clima predominante da região é do tipo Aw, conforme classificação de Köppen, com chuvas concentradas no verão (outubro-abril) e estação seca no inverno (maio/setembro). A precipitação média anual é de 1441 mm, umidade relativa média anual de 65%, temperatura média do ar anual de 22,2°C, temperatura máxima anual de 28°C e mínima de 19°C.

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados com 10 repetições, sendo estudados três tratamentos: T1 – Co-inoculação *R. tropici* + *A. brasiliense* + Mo/Co; T2 – Adubação mineral, com N na base e cobertura; T3- Testemunha.

O inoculante rizobiano líquido BIOMAX Premium, a base de *Rhizobium tropici* (agentes estabilizantes SEMIA 4077, SEMIA 4080 e SEMIA 4088), com recomendação de dosagem de 150 mL ha⁻¹ foi empregado na inoculação da semente. Foi empregado *Azospirillum brasilense* da marca Azotrop, na dose de 100 mL ha⁻¹. Já a dose de Mo/Co usada foi de 0,20 L ha⁻¹, pertencente a marca Biocross.

O tratamento com adubo mineral foi aplicado usando a ureia como fonte de N, na base e em cobertura, de 20 e 40 kg ha⁻¹ de N respectivamente. O tratamento testemunha não empregou qualquer fonte de N externa. As parcelas experimentais





foram constituídas por quatro linhas de 5m cada, espaçadas de 0,5m. Em cada parcela experimental foi tomada como área útil as duas linhas centrais, desconsiderando 0,5m no início e no final da linha. O solo foi preparado de forma convencional, com uma aração e duas gradagens. A correção e adubação básica e de cobertura foi realizada conforme resultado da análise de solo e necessidade da cultura. Utilizou-se a cultivar de feijão BRS FC 104, de ciclo superprecoce (65 dias), caracterizada pela sua boa produtividade e qualidade dos grãos, ampla adaptação, se tratando de um feijão tipo comercial de grão carioca (EMBRAPA, 2017), na densidade de semeadura de 12 sementes por metro linear.

As sementes de feijão foram inoculadas antes da semeadura, conforme citado acima, a exceção dos tratamentos adubação mineral N e testemunha. A aplicação do adubo mineral foi feita na base e em cobertura no estádio R2, empregando as doses recomendadas citadas acima. Empregou-se irrigação durante todo o ciclo, usando equipamento por aspersão, conforme necessidade de cultura. Os tratos culturais empregados foram os comumente aplicados a cultura do feijão, como o controle de plantas daninhas, pragas e doenças.

Foram realizadas três avaliações de crescimento das plantas ao longo do experimento: 15, 30 e 45 dias após emergência (DAE). Foram avaliadas as seguintes características: altura da planta (AP), número de folhas por planta (NF), número de hastes por planta (NH) e diâmetro do caule principal (DC). A AP foi determinada utilizando uma régua graduada em centímetros. Para o NF foi feita a contagem individual. Para a determinação do DC foi utilizado um paquímetro digital em milímetros.

Os valores obtidos foram submetidos à análise de variância ($P \leq 0,05$) e, quando significativos, foram comparados pelo teste de Tukey. A análise foi realizada pelo programa computacional Sistema para Análise de Variância (SISVAR), versão 5.6.

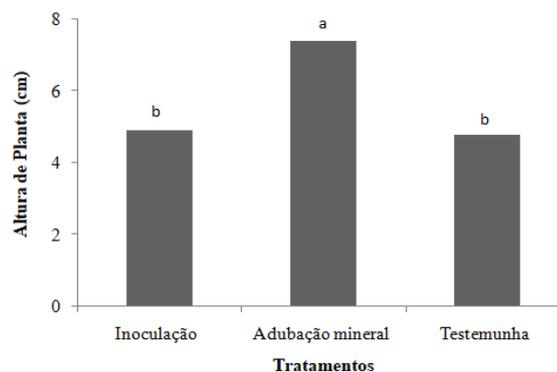




Resultados e Discussão

O emprego da adubação mineral nitrogenada propiciou a obtenção da maior altura de plantas de feijão (7,4 cm), comparado ao tratamento que envolveu a co-inoculação *R. tropici* + *A. brasilense* + Mo/Co, com maiores médias respectivas de 4,9 e 4,8 cm (Figura 1). Estes resultados pode ser atribuído ao fato do adubo mineral nitrogenado (ureia) fornece N prontamente para as plantas, cujas raízes já iniciam o processo de absorção de N tão logo as folhas cotiledonares caem sobre o solo.

Figura 1. Altura de planta de feijão aos 15 DAE, submetido à co-inoculação inoculação com *R. tropici* + *A. brasilense* e Mo/Co e adubação mineral.



Em contrapartida, as células rizobianas aplicadas via FBN na semente, ainda não estabeleceram efetivamente no sistema radicular das plantas, e desta forma não sendo capazes de fornecer a demanda de N necessária ao crescimento da planta, notadamente a altura de planta. Esta hipótese corrobora aos relatos de Araújo et al. (1996), ao considerar que a formação inicial de nódulos é crítica para o feijoeiro, com início entre 15 a 20 dias após a semeadura, e apenas um conjunto de nódulos totalmente funcionais permite fornecer a quantidade apropriada de N à cultura.

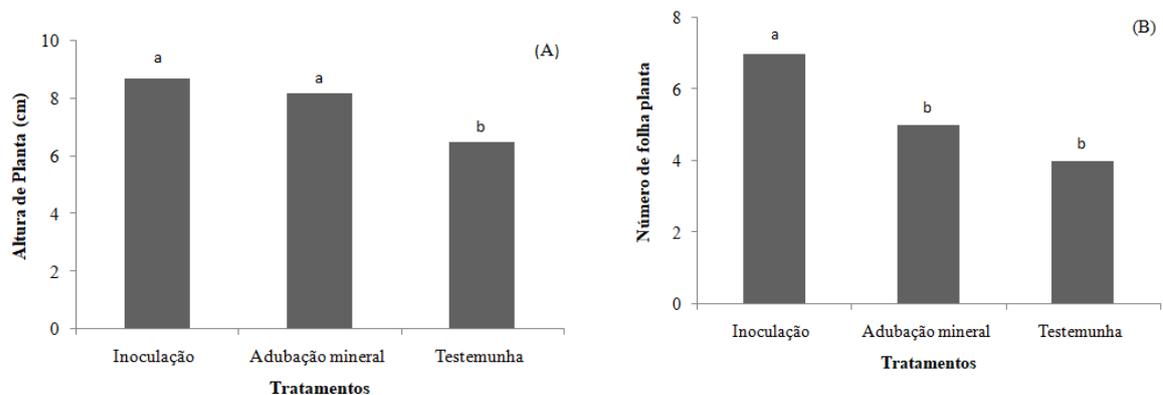
O aumento da atividade da população rizobiana associado à *A. brasilense* e os micronutrientes Mo/Co na rizosfera do feijoeiro promoveu acréscimos de biomassa das plantas aos 30 DAE, conforme demonstra os resultados da altura de planta e do número de folha por planta, cujos máximos valores médios obtidos foram respectivamente de 8,7 e 7,0 cm (Figuras 2A,B), apesar da diferença entre o





tratamento inoculação e a adubação mineral de N diferir estatisticamente somente para o número de folha por planta.

Figura 2. Altura de planta (A) e número de folhas (B) de feijão aos 30 DAE, submetido à co-inoculação inoculação com *R. tropici* + *A. brasilense* e Mo/Co e adubação mineral.



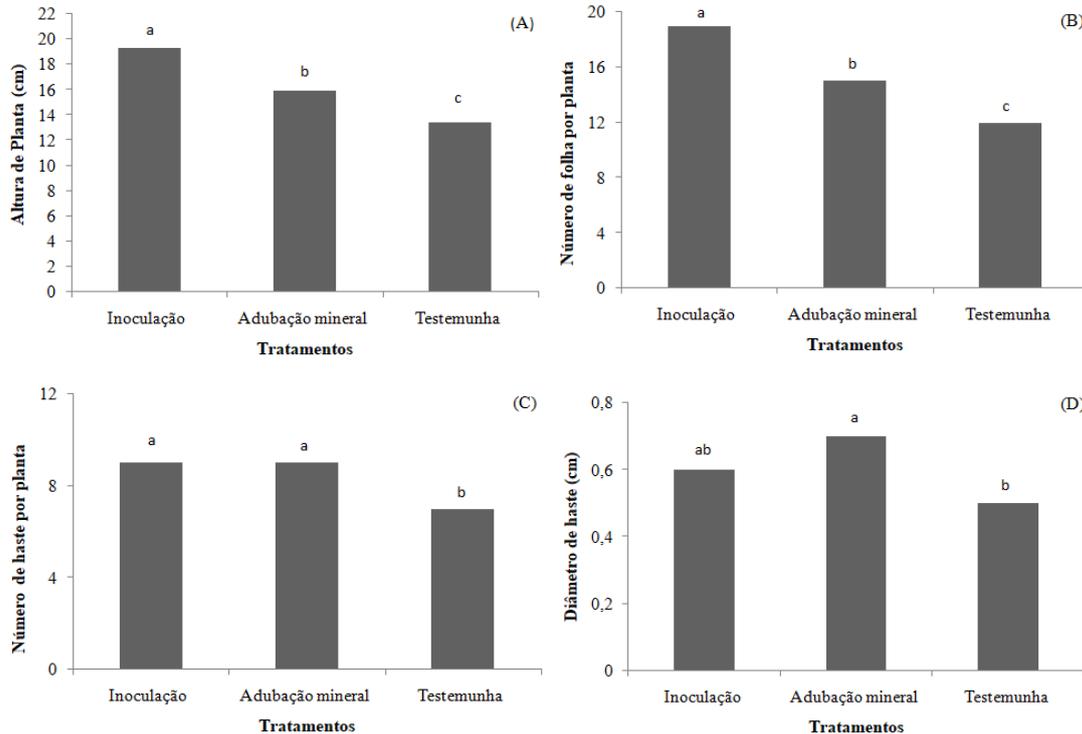
Destaca-se ainda, a incapacidade do solo em fornecer a demanda de N à cultura do feijão aos 30 DAE, visto as menores médias de altura de planta e número de folha verificadas para o tratamento testemunha, podendo-se inferir que a população de bactérias rizobianas nativas do solo não foi capaz de fornecer o N necessário ao crescimento das plantas, como também a ausência de matéria orgânica do solo em decomposição, visto que a sua mineralização é fonte de N para as planta (MARCHNER, 2012).

A maior eficiência da co-inoculação *R. tropici* + *A. brasilense* + Mo/Co, comparativamente a adubação mineral com uréia, foi verificada aos 45 DAE da cultura de feijão, com destaque à altura de planta e número de folha por planta, cujo as maiores médias foram respectivamente de 19,3 e 19 cm (Figuras 3A,B). Verificou-se ainda, que apesar do número de haste por planta e o diâmetro do caule obtidos nos tratamentos co-inoculação e adubação mineral nitrogenada não diferirem estatisticamente entre si, as maiores médias obtidas para ambas as características foram verificadas com a co-inoculação de sementes de feijão com *R. tropici* + *A. brasilense* + os micronutrientes Mo/Co (Figuras 3C,D).





Figura 3. Altura de planta (A), número de folha por planta (B), número de haste por planta (C) e diâmetro do caule (DC) de feijão aos 45 DAE, submetido à co-inoculação inoculação com *R. tropici* + *A. brasilense* e Mo/Co e adubação mineral.



As fases de florescimento e enchimento de grãos configuram como as de maior exigência nutricional e hídrica pela cultura do feijão (VIEIRA et al., 2006). Assim, pode-se dizer que aos 45 DAE o tratamento envolvendo a aplicação de células rizobianas associado a bactérias capazes de prover hormônios de crescimento (ex. auxinas e citocininas) e os micronutrientes Mo/Co, apresentou maior capacidade de atender a demanda do feijoeiro, comparativamente a adubação mineral nitrogenada.

Considerações Finais

A co-inoculação do feijão com *R. tropici* + *A. brasilense* e os micronutrientes Mo/Co promove maior crescimento vegetativo plantas de feijão em relação à adubação mineral nitrogenada. As bactérias nodulíferas nativas do solo e matéria orgânica do solo não foi capaz de fornecer nitrogênio necessário ao crescimento vegetativo das plantas de feijão. A inoculação com célula rizobiana em co-inoculação





com *A. brasilense* e Mo/Co pode substituir a adubação mineral nitrogenada mineral na fase vegetativa do feijoeiro.

Agradecimentos

Agradeço a Universidade Estadual de Goiás, a CAPES e a EMATER pela oportunidade de desenvolvimento deste trabalho.

Referências

ARAUJO, F.F.; MUNHOZ, R.E.V; HUNGRIA, M., Início da nodulação em sete cultivares de feijoeiro inoculadas com duas estirpes de *Rhizobium*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, p. 435-443, 1996.

CLIMATE-DATA.ORG. **Clima Goiás**. 2021. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/goias/goias-879942/>>. Acesso em: 29 set. 2021.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Informações agropecuária: safras**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro>>. Acesso em: 28 fev. 2021.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **BRS FC 104: Cultivar de feijão-comum carioca superprecoce**. 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/5176/fejao---brs-fc104#:~:text=O%20fej%C3%A3o%20carioca%20BRS%20FC104,em%20torno%20de%2075%20dias>>. Acesso em: 29 de set. 2021.

FERREIRA, N.S.; RIOS, R.M.; JUNIOR, N.J.M.; BORGES, W.L., Fixação biológica de nitrogênio em diferentes genótipos de Caupi. **XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**. Natal, 2015.

FIPKE, G.M.; CONCEIÇÃO, G.M.; GRANDO, L.F.T.; LUDWIG, R.L.; NUNES, U.R.; MARTIN, T.N. Co-inoculation with diazotrophic bacteria in soybeans associated to urea topdressing. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 40, p. 522-533, 2016.

GOOGLE EARTH. **Google Earth Pro**. 2019. Disponível em: <<https://www.google.com.br/earth/download/gep/agree.html>>. Acesso em: 28 fev. 2021.





HAMILTON, P.L.; SOUZA, J.R.; MARTINS, M.C.; SÁ, J.M., Potencial germinativo de sementes de feijão comum tratadas com cobalto e molibdênio. **Enciclopédia Biosfera**, v. 17, p. 384-392, 2020.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3ed. London: Elsevier, 2012. 649 p.

MENCALHA, J. **Enriquecimento de sementes de feijão-comum com cobalto**. 2017. 36p. Dissertação (Pós-Graduação em Fitotecnia), Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais, 2017.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2.ed. Lavras: Ufla, 2006. 729p.

OLIVEIRA, C.A.B.; PELÁ, G.M.; PELÁ, A. Inoculação com *Rhizobium tropici* adubação foliar com molibdênio na cultura do feijão comum. **Agricultura neotropical**, v. 4, p. 43-50, 2017.

SALES, L.Z.S. **Momentos de reinoculação de *Rhizobium tropici* no feijoeiro na implantação de sistema de plantio direto**. 2020. 61p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual Paulista "Júlio Mesquita Filho", Ilha Solteira, 2020

VIEIRA, C. Adubação mineral e calagem. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BORÉM, A. (Eds). **Feijão**: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas Gerais. Viçosa, MG: UFV, 1998. Cap. 6, p.123-151.

VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J. & BORÉM, A. **Feijão**: Aspectos gerais e cultura no Estado de Minas. 2.ed. Viçosa: UFV, 2006. 600p.

ZAFAR, M.; ABBASI, M.K.; KHAN, M.A.; KHALIQ, T.; SULTAN, T.; ASLAM, M. Effect to plant growth-promoting Rhizobacteria on growth, nodulation and nutrient accumulation of lentil under controlled conditions. **Pedosphere**, v.22, p. 848-859, 2012.

