

CARACTERIZAÇÃO ECOFISIOLÓGICA DE SORGO GRANÍFERO INOCULADO POR *Azospirillum brasilense* E SUBMETIDO À RESTRIÇÃO HÍDRICA

ANA PAULA LIMA DE PAIVA¹, UBIRACI GOMES DE PAULA LANA², PAULO CÉSAR MAGALHÃES³, LORENA PEREIRA DE CARVALHO⁴, HADASSA FORTUNA JALES⁴, CARLOS GOMES CÉSAR JÚNIOR⁶ & IVANILDO EVÓDIO MARRIEL³

¹Graduanda em Engenharia Química, anapaulalima.paiva21@gmail.com

²Professor do Curso de Engenharia Química, ubiraci.lana@unifemm.edu.br

³Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, paulo.magalhaes@embrapa.br, ivanildo.marriel@embrapa.br

⁴Graduandas em Engenharia Agrônômica, lorenadecarvalho@outlook.com, hadassafortuna2016@gmail.com

⁵Doutorando em Fisiologia Vegetal, juninhoiam91@gmail.com

Caderno Saberes, n. 7, 2021

RESUMO - O sorgo é o quinto cereal mais produzido no mundo, cuja característica marcante consiste em maior tolerância à seca em relação a outras gramíneas. A inoculação de plantas por rizobactérias promotoras do crescimento pode remodelar seu sistema radicular, mitigando os efeitos do déficit hídrico. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de inoculantes à base de *Azospirillum brasilense* na mitigação do estresse hídrico sob diferentes níveis de adubação nitrogenada. O experimento foi conduzido em condições controladas com o sorgo granífero BRS 332. As plantas foram submetidas a duas condições hídricas; dois diferentes inoculantes à base de *A. brasilense*, além do tratamento sem inoculação e, dois níveis de adubação nitrogenada. Foram avaliadas diferentes características ecofisiológicas e de produção. A inoculação com *A. brasilense* aumentou significativamente o sistema radicular, parte aérea e produção de grãos, especialmente em condição de baixa dose de nitrogênio, minimizando os efeitos da restrição hídrica.

Palavras-chave: Nitrogênio. Produtividade de Grãos. Rizobactérias. Seca. *Sorghum bicolor*.

INTRODUÇÃO

Estudos relatam que o déficit hídrico provoca a diminuição do período de crescimento e desenvolvimento das plantas culminando com a redução da produtividade. Diante deste cenário, pesquisas que buscam a produção suficiente de alimentos com a pouca disponibilidade hídrica tornam-se essenciais (REIS, 2019).

Como forma de reduzir o uso de fertilizante devido ao fator econômico e ambiental, o uso de Bactérias Promotoras de Crescimento (BPC) tem mostrado resultados satisfatórios na mitigação dos efeitos nocivos do déficit hídrico e no aumento da produção e crescimento das plantas (REIS, 2019).

Azospirillum brasilense é destas bactérias cujo papel na tolerância à seca tem sido documentado em vários estudos, pois as mesmas melhoram as características morfológicas da planta, como ramificação de raízes, aumento de biomassa radicular, aumento da densidade de pelos radiculares, levando a melhor exploração do perfil do solo em busca de água (HUNGRIA, 2011).

Dentro desse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a performance de plantas de sorgo inoculadas com *A. brasilense* em condições de restrição hídrica e doses de fertilizante nitrogenado.

MATERIAL & MÉTODOS

O experimento foi implantado em casa de vegetação na Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas - MG. O solo utilizado foi o Latossolo Vermelho Distrófico e seguiu as recomendações de correção de acordo com análise química do solo. Foram aplicados 300 kg.ha⁻¹ de fertilizante com formulação 8-28-16 de NPK. O genótipo utilizado foi o sorgo granífero híbrido BRS 332.

Os tratamentos foram: dois inoculantes de *A. brasilense* (A1) (cepas E11 + E26) e o inoculante comercial AzosTotal (A2), além do tratamento sem inoculação (A0); duas condições hídricas, sendo uma totalmente irrigada e a outra com restrição hídrica (RH) a partir do pré-florescimento; Dois níveis de adubação nitrogenada: AN (180 kg de N/ha) e BN (24 kg de N/ha). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), totalizando 12 tratamentos e 5 repetições.

Para avaliar a condição hídrica do experimento, o teor de água no solo foi monitorado diariamente, com o auxílio de um sensor de umidade watermark (tensiômetro) modelo 200SS - 5'' (IRROMETER, Califórnia - USA), instalado no centro dos vasos de cada repetição, na profundidade de 0,2 m.

A reposição hídrica foi realizada com base nas leituras obtidas com o sensor e a água foi repostada até a capacidade de campo (CC) durante o período que antecedeu a imposição dos tratamentos de restrição hídrica. O tratamento irrigado continuou recebendo irrigação diária até o solo alcançar umidade próxima a capacidade de campo (-18 kPa), enquanto que para os tratamentos não irrigados, a irrigação foi realizada aplicando-se 50 % da água total disponível, ou seja, até a tensão da água no solo atingir -138 kPa (REIS, 2019). A imposição da restrição hídrica foi mantida até a colheita de grãos.

A semeadura foi realizada em 60 vasos com capacidade de 20 kg. Com o auxílio de uma micropipeta de precisão,

aplicou-se 0,004 ml de inoculante por cova, totalizando 0,012 ml por vaso. A proporção da solução de inóculo utilizada foi de 200 ml para 140.000 sementes de sorgo, seguindo a sugestão do Laboratório de Microbiologia e Bioquímica do Solo da Embrapa Milho e Sorgo.

Assim que as plantas atingiram o estágio V4, os tratamentos com AN receberam a adubação de cobertura que foi parcelada de três vezes: no estágio V4, 36 Kg/ha de N; nos estágios V8 e V12, 60 kg de N/ha.

Realizaram-se três avaliações morfofisiológicas durante o período de imposição da restrição hídrica nas plantas (1, 7 e 15 dias após o início do estresse). As medições de altura da planta foram realizadas com o auxílio de uma fita métrica e o diâmetro do colmo por meio de um paquímetro digital. A condutividade estomática da folha foi feita utilizando um porômetro (Leaf Porometer - Decagon Devices), teor relativo de clorofila com o auxílio do SPAD (Minolta SPAD 502 Osaka, Japan) e a eficiência do fotossistema II (Fv/Fm) através de um FluorPen FP 100. As análises fisiológicas foram realizadas na última folha totalmente expandida, no período da manhã. Foi avaliado também o potencial hídrico foliar (utilizando a Bomba de Scholander - 1000 Pressure Chamber) no 7º dia de estresse, realizado às 12 h.

Após o experimento colhido, foi determinada a área foliar total de cada tratamento por meio de um leitor de área foliar (LI-3100C, Licor, Nebraska, USA). Ao final da leitura, as folhas foram acondicionadas em sacolas de papel e submetidas à secagem em estufa com circulação de ar durante 72 horas, a 65°C, para obtenção da massa seca.

O sistema radicular de cada parcela foi avaliado utilizando o sistema informatizado WinRhizo (WinRhizo Pro, Regent Inc. Instr., Canadá), conectado a um scanner (Epson, Expression 10000 XL, Inc.,

USA), em que mensurou-se o comprimento (cm), área superficial (cm²), diâmetro médio (\varnothing em mm) e volume das raízes (cm³). Após a finalização deste processo, as raízes foram dispostas em sacos de papel e transferidas para uma estufa de circulação de ar a 65°C, durante 72 horas, para obter então a massa seca de cada raiz.

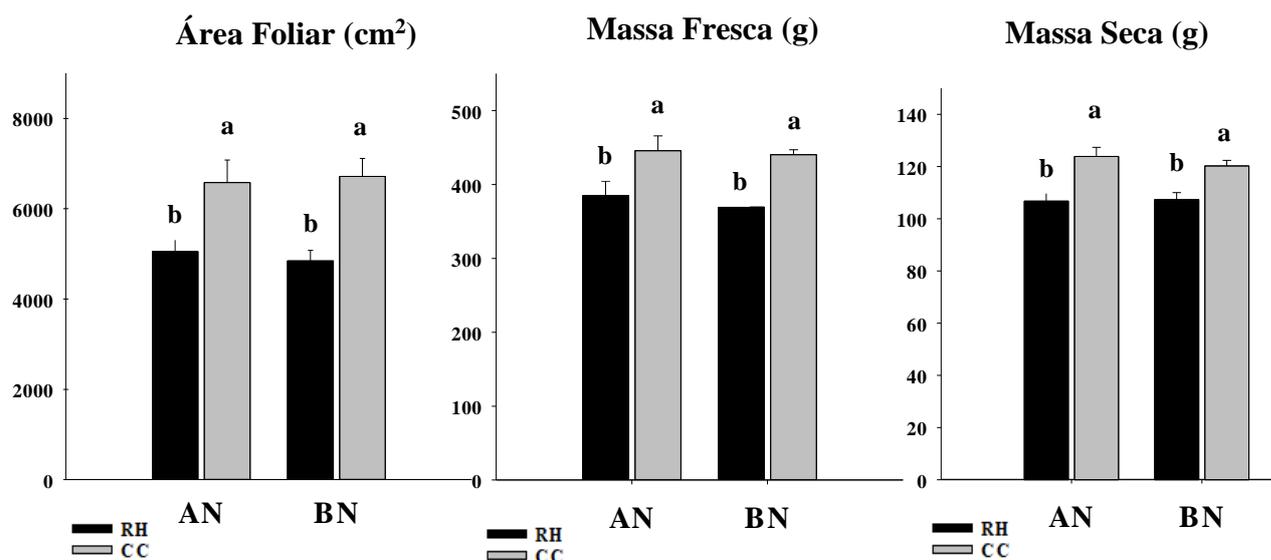
Os componentes de produção determinados foram: peso de panícula, comprimento e diâmetro da panícula, peso total de grãos e peso de 100 grãos.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância estatística e ao teste de comparação de médias pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade, utilizando o software estatístico SISVAR.

RESULTADOS & DISCUSSÃO

As trocas gasosas, os índices produtivos e principalmente a parte aérea tais quais, área foliar, massa fresca e massa seca (Figura 1) foram afetados consideravelmente pela restrição hídrica.

FIGURA 1 - Avaliação da parte aérea de plantas de sorgo sob restrição hídrica (RH) e capacidade de campo (CC) em duas doses de N (AN:180 kg de N/ha e BN: 24 kg de N/ha)

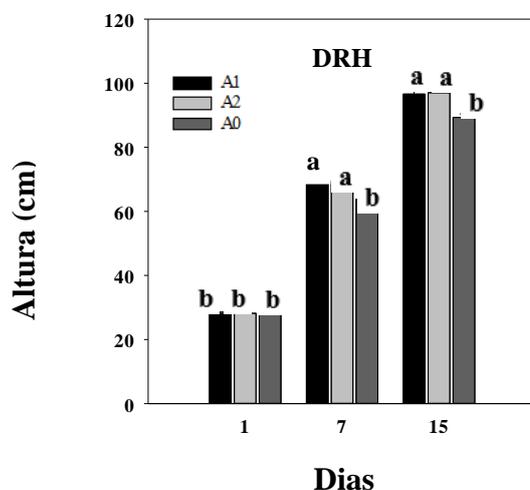


Médias com mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.
Fonte: Dados da Pesquisa.

Contudo, foi ostensivo que a associação da bactéria *A. brasilense* (A1 e A2) em tratamentos com o déficit hídrico, melhorou a altura de planta quando comparadas ao tratamento controle (A0)

após 7 e 15 dias de restrição hídrica (Figura 2) e conseqüentemente seu potencial hídrico foliar e as funções estomáticas da planta.

FIGURA 2 - Altura de plantas de sorgo inoculadas com *Azospirillum brasilense* (tratamentos A1 e A2) e tratamento controle (A0) no 1º, 7º e 15º dia de restrição hídrica (DRH)



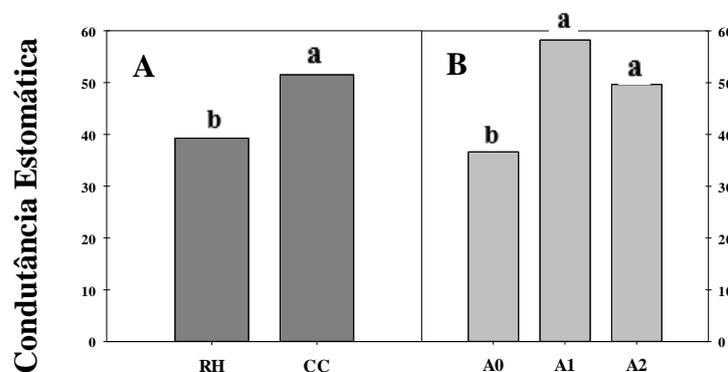
Médias com mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.
Fonte: Dados da Pesquisa.

A imposição das plantas de sorgo à restrição hídrica diminuiu o potencial hídrico foliar independente da relação N vs. Bactérias vs. Controle. A primeira resposta à diminuição do potencial hídrico é o fechamento dos estômatos, mecanismo esse para reduzir a perda de água para a atmosfera (MARQUES, 2019). Isso pode ser observado neste trabalho, uma vez que plantas em CC exibiram maiores valores de condutância estomática (Figura 3A).

Sobretudo, é válido ressaltar que as plantas sob déficit hídrico tratadas com BN associadas ao *A. brasilense* se sobressaíram em relação às parcelas que não continham inoculantes (Figura 3B).

Este resultado sugere que as bactérias reduziram a limitação do mecanismo não estomático que a restrição hídrica reflete nas plantas.

FIGURA 3 - A) Taxas de condutância estomática ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) em plantas de sorgo submetidos a duas condições hídricas: RH (restrição hídrica) e CC (capacidade de campo). B) Relação da condutância estomática ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) em tratamentos inoculados com *Azospirillum brasilense* (A1 e A2) e tratamento controle (A0) em baixa dose de N



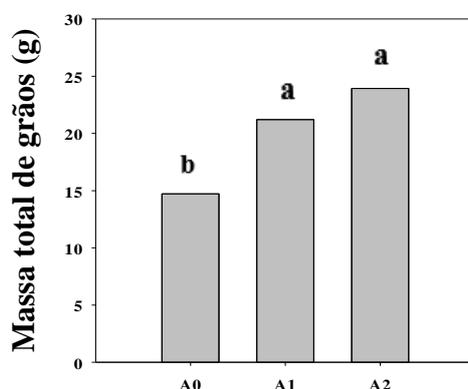
Médias com mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.
Fonte: Dados da Pesquisa.

A morfologia radicular não evidenciou diferenças entre os tratamentos irrigados e estressados. É pressuposto que a bactéria conferiu às plantas melhor sobrevivência, especialmente pelo aumento da exploração do solo pelas raízes, igualando ambas condições hídricas, uma vez que, o *A. brasilense* auxilia na aquisição de recursos essenciais, como água,

nitrogênio, fósforo e outros minerais (FUKAMI *et al.*, 2017).

Em relação à produtividade de grãos, os tratamentos que dispuseram da irrigação em CC, obtiveram dados superiores quando comparados aos tratamentos com RH. No entanto, os valores de massa total de grãos em condições de estresse hídrico foram superiores no tratamento com *A. brasilense* (Figura 4).

FIGURA 4 - Efeito da inoculação de *Azospirillum brasilense* (A1 e A2) em relação ao controle (A0) na massa total de grãos da panícula de sorgo em condição de estresse hídrico

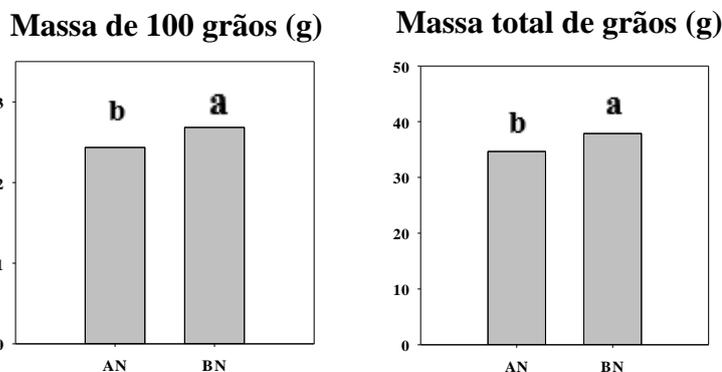


Médias com mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.
Fonte: Dados da Pesquisa.

Observou-se também que os componentes de produção tiveram um alto rendimento quando adubados em baixa dose de N, e uma das hipóteses abordadas é a coibição das bactérias pelo nutriente

(Figura 5). Segundo Fonseca (2014), o nitrogênio pode alterar o estado fisiológico da planta, portanto, a interação com bactérias pode ser afetada.

FIGURA 5 - Produção de grãos de sorgo em diferentes doses de nitrogênio (AN: 180 kg de N/ha e BN: 24 kg de N/ha)

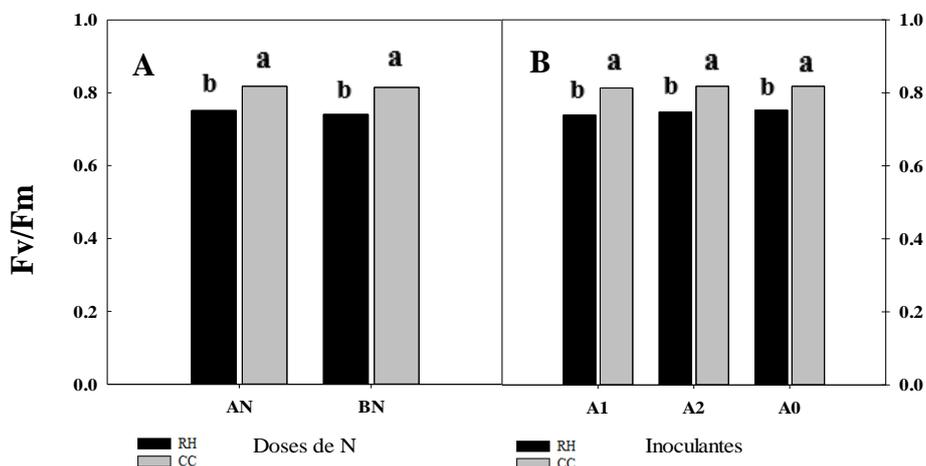


Médias com mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.
Fonte: Dados da Pesquisa.

Todas as plantas que estavam sob restrição hídrica (RH) apresentaram redução significativa nos níveis de clorofila, ressaltando a degradação da clorofila quando submetidos ao estresse. Os resultados encontrados neste trabalho corroboram com esta afirmativa feita por Ávila (2018), uma vez que a fluorescência da clorofila A é um indicativo da integridade, evitando em último caso a formação de espécies reativas de oxigênio

(EROs) que podem levar a oxidação de componentes celulares importantes como membranas celulares, lipídeos e até mesmo do material genético. A eficiência do fotossistema II e a relação da fluorescência variável e fluorescência máxima (Fv/Fm) apontou diferenças significativas na eficiência quântica do fotossistema II, tanto em relação às doses de N (Figura 6A), quanto em relação aos inóculos em ambas as condições de irrigação.

FIGURA 6 - A) Eficiência do fotossistema II (Fv/Fm) em plantas de sorgo em diferentes doses de nitrogênio submetidos a duas condições hídricas: RH (restrição hídrica) e CC (capacidade de campo). B) Eficiência do fotossistema II (Fv/Fm) em tratamentos inoculados (A1 e A2) e controle (A0) na interação de condição hídrica irrigado e estressado



Médias com mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.
Fonte: Dados da Pesquisa.

CONCLUSÕES

A inoculação com as cepas de *A. brasilense* aumentou significativamente a parte aérea e a produção de grãos em sorgo, especialmente em condição de baixa dose de nitrogênio, minimizando os efeitos da restrição hídrica e reduzindo o uso de fertilizantes nitrogenados.

REFERÊNCIAS

ÁVILA, R.G. **Indução de tolerância à seca em sorgo cultivado sob déficit hídrico e suplementado com silício e**

nitrito de potássio no pré-florescimento.

Orientador: Amauri Alves de Alvarenga. 2018. 124 p. TESE (DOUTORADO EM FISILOGIA VEGETAL) - UFLA, LAVRAS-MG, 2018.

FONSECA, L.M.F. **Inoculação com estirpes de *Azospirillum* e adubação nitrogenada no acúmulo de nutrientes e produtividade de milho.** Orientador: Prof^o Dr. Ivanildo Evódio Marriel. 2014. 48 p. DISSERTAÇÃO (Mestre em Ciências Agrárias) - UFSJ, Sete Lagoas, 2014. Disponível em: <https://ufsj.edu.br/portal2->

repositorio/File/ppgca/Dissertacao%20Livia%20Ferraz(2).pdf. Acesso em: 3 abr. 2020.

FUKAMI, J., OLLERO, F. J., MEGÍAS, M., & HUNGRIA, M. (2017). Phytohormones and induction of plant-stress tolerance and defense genes by seed and foliar inoculation with *Azospirillum brasilense* cells and metabolites promote maize growth. **AMB Express**, 7(1), 153.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasiliense***: inovação em rendimento a baixo custo / Mariangela Hungria. - Londrina: Embrapa Soja, 2011. 36p. - (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 1516-781X; n.325)

MARQUES, D. M. **Déficit hídrico e doses de nitrogênio na morfofisiologia e produção de genótipos de milho inoculados por *Azospirillum brasilense***. Orientador: PhD. Paulo César Magalhães. 2019. 79 p. TESE (Doutora EM BOTÂNICA APLICADA) - UFLA, LAVRAS-MG, 2019.

REIS, C. O. ***Azospirillum brasilense***: alternativa ecológica na superação do estresse hídrico em milho. Orientador: Dr. Paulo César Magalhães. 2019. TESE (DOUTORANDA EM BOTÂNICA APLICADA) - Universidade Federal de Alfenas, [S. l.], 2019.