



INOCULAÇÃO DE *Azospirillum brasiliense* E DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO EM COBERTURA NA CULTURA DO SORGO

João Augusto Pereira dos Santos¹, Igor Gustavo Pavinatto², Luís Gustavo Perez de Oliveira³, Pedro Rogério Monteiro⁴, Silvestre Bellettini⁵

¹ Acadêmico do Curso de Agronomia, Campus Luiz Meneghel Bandeirantes-PR, Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP. Bolsista PIBIC/Fundação Araucária. nhsantosjoao22@gmail.com

² Acadêmico do Curso de Agronomia, Campus Luiz Meneghel Bandeirantes-PR, Universidade Estadual do Norte do Paraná – UENP. igorpavinatto10@gmail.com

³ Acadêmico do Curso de Agronomia, Campus Luiz Meneghel Bandeirantes-PR, Universidade Estadual do Norte do Paraná – UENP. lperezdeoliveira@gmail.com

⁴ Acadêmico do Curso de Agronomia, Campus Luiz Meneghel Bandeirantes-PR, Universidade Estadual do Norte do Paraná – UENP. pedro.rogeriom49@gmail.com

⁵ Orientador, Doutor, Departamento de Fitotecnia, UENP. Pesquisador na Estação Dashen Consultoria e Pesquisa Agronômica. bellettini@uenp.edu.br

RESUMO

O nitrogênio é um elemento essencial para o desenvolvimento da cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* L.) visando incrementos na produtividade. A adubação nitrogenada associada a inoculação com *Azospirillum brasiliense* auxilia na fixação e disponibilização para a planta. O presente trabalho tem o objetivo de avaliar a cultura do sorgo em associação com diferentes doses de nitrogênio, provendo a ação da bactéria *A. brasiliense*, utilizando a cultivar BM 737 tratadas com tiametoxam (Cruiser 600 FS 2ml/kg de sementes), fluxofenim (Benefic 0,4 ml/kg de sementes) e metalaxil-M + tiabendazol + fludioxonil (Maxim Advanced 1,5ml/kg de sementes) e sementes tratadas com inoculante Koppert Azokop na dose de 10ml a cada 5kg de sementes. O delineamento experimental utilizado será por blocos ao acaso com 6 tratamentos. T1 = *Azospirillum brasiliense* + 30 kg de nitrogênio em semeadura e 10 kg em cobertura; T2 = *A. brasiliense* + 30 kg de N em semeadura e 20 kg em cobertura; T3 = *A. brasiliense* + 30 kg de N em semeadura e 30 kg em cobertura; T4 = *A. brasiliense* + 30 kg de N em semeadura e 40 kg em cobertura; T5 = 30 kg de N em semeadura; T6 = Testemunha absoluta, a adubação em cobertura será realizada com o sorgo em estágio V6. A inoculação com *A. brasiliense* se mostra eficiente quando adicionada a diferentes doses de nitrogênio em cobertura, mostrando a eficiência da bactéria em diversos cenários, restando apenas optar pelo que melhor se encaixa a cada região.

PALAVRAS-CHAVE: Adubação; Inoculante; *Sorghum bicolor* L.

1 INTRODUÇÃO

A cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* L.) se destaca pela sua rusticidade, sendo mais tolerante a altas temperaturas e adversidades climáticas, o que a torna uma opção viável para regiões tropicais. Essa característica faz com que o sorgo seja cada vez mais escolhido em detrimento do milho na safrinha, com sua demanda aumentando nos últimos anos (EMBRAPA, 2008). Fisiologicamente, o sorgo pertence ao grupo de plantas de metabolismo C4, o que lhe confere alta eficiência no uso da água e da radiação solar, resultando em elevada produção de biomassa mesmo sob condições de estresse hídrico moderado. Sua versatilidade de uso, abrangendo desde a produção de grãos para alimentação animal e humana até a geração de forragem, silagem e bioenergia (etanol de segunda geração), consolida sua importância estratégica para a segurança alimentar e a matriz energética global.

Para otimizar o potencial produtivo de gramíneas como o sorgo, a biotecnologia agrícola tem investido no estudo de microrganismos benéficos. Bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP) são provenientes de um grupo de bactérias que auxiliam



no desenvolvimento das plantas, através da sua capacidade de colonização na superfície de raízes (KLOEPPER et al., 1989). Os mecanismos de ação dessas bactérias são múltiplos e complexos, incluindo a produção de fitormônios como auxinas, que estimulam o crescimento do sistema radicular, aumentando a área de exploração do solo e a capacidade de absorção de água e nutrientes. Adicionalmente, algumas BPCP podem solubilizar fosfatos inorgânicos, tornando o fósforo, um macronutriente essencial, mais disponível para as plantas.

Contando com as diversas formas que as BPCP podem impactar positivamente nas plantas, tem – se um ponto mais relevante, a fixação de nitrogênio biológico. (HUERGO et al., 2008). As BPCP ajudam em diversas maneiras na disposição de nitrogênio nas plantas. Bactérias diazotróficas associativas, que não formam simbiose na planta hospedeira, são pertencentes ao grupo *Azospirillum* (BASHAN et al., 2005). Este gênero é um dos mais estudados e utilizados em inoculantes comerciais para gramíneas no mundo, devido à sua eficiência em colonizar o sistema radicular e contribuir para a nutrição nitrogenada da planta hospedeira.

Todavia, *Azospirillum brasiliense* no tratamento de sementes, irá beneficiar a cultura do sorgo, suplementando a falta de N, reduzindo a necessidade do uso de fertilizantes nitrogenados. Atualmente se busca alcançar altas produtividades gerando um menor impacto ambiental, assim, devemos cuidar do nosso solo; o uso frequente de fertilizantes nitrogenados pode acarretar na acidificação e salinização do solo. Além disso, a produção de fertilizantes nitrogenados sintéticos, majoritariamente pelo processo de Haber-Bosch, é uma atividade de alto consumo energético e dependente de combustíveis fósseis. As perdas de nitrogênio no campo, por processos como lixiviação, volatilização e desnitrificação, não apenas representam um prejuízo econômico, mas também contribuem para a contaminação de lençóis freáticos e a emissão de gases de efeito estufa, como o óxido nitroso (N₂O).

Diante dessa situação, a inoculação com *A. brasiliense* visa a diminuição do uso de fertilizantes químicos utilizados na cultura. A integração de práticas biológicas, como a inoculação, com o manejo racional da adubação química surge como uma estratégia promissora para desenvolver uma agricultura mais eficiente e sustentável, onde a produtividade é otimizada e os impactos ambientais são minimizados.

O presente trabalho avaliou a influência da bactéria *Azospirillum brasiliense* associado em diferentes doses de nitrogênio em cobertura sobre a produtividade final de grãos na cultura do sorgo.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Sítio Santo Antônio, localizado no Bairro Três Águas, no município de Bandeirantes, estado do Paraná. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, com 6 tratamentos e 4 repetições. Cada parcela foi composta por 6 linhas de 5 metros de comprimento, com espaçamento de 0,45 entre linhas, totalizando uma área de 15,75 m² por parcela. A área total do experimento foi de 378 m².



Os tratamentos consistiram na combinação da inoculação de sementes com *Azospirillum brasiliense* e diferentes doses de nitrogênio em cobertura, conforme os tratamentos:

Quadro 1: Tratamentos utilizados:

TRATAMENTOS	INOCULAÇÃO COM <i>Azospirillum brasiliense</i>	ADUBAÇÃO EM SEMEADURA(KG)	ADUBAÇÃO EM COBERTURA (N) EM KG
01	SIM	30	10
02	SIM	30	20
03	SIM	30	30
04	SIM	30	40
05	-	30	-
06	-	-	-

Fonte: SANTOS, J. A. P. dos (2024)

A semeadura foi realizada em 27 de março de 2024, utilizando-se o híbrido BM 737. A densidade de semeadura foi de 10 sementes por metro linear. A emergência das plântulas ocorreu em 02 de abril de 2024, estabelecendo-se um estande final de 9 plantas por metro.

As sementes utilizadas nos tratamentos foram tratadas com os seguintes produtos:

- Tiametoxam (Cruiser 600 FS®).
- Fluxofenim (Benefic®).
- Metalaxil-M + Tiabendazol + Fludioxonil (Maxim Advanced®).
- Inoculação com *Azospirillum brasiliense*: As sementes foram inoculadas com o inoculante comercial Koppert Azokop®, na dose de 10 ml para cada 5 kg de sementes.

Os tratamentos T5 e T6 não receberam a inoculação com *Azospirillum brasiliense*.

A adubação de base (semeadura) foi realizada em todos os tratamentos (exceto na testemunha absoluta, T6), utilizando-se a formulação NPK 10:10:10. A adubação nitrogenada em cobertura foi realizada no dia 22 de maio de 2024, aos 50 dias após a emergência (DAE), quando as plantas de sorgo se encontravam no estágio fenológico V6 (seis folhas totalmente expandidas). A fonte de nitrogênio utilizada em cobertura foi a ureia (45% de N), nas doses correspondentes a cada tratamento.



O controle de plantas daninhas e de pragas foi realizado conforme a necessidade ao longo do ciclo da cultura, de modo a não interferir nos resultados do experimento. No caso de ervas daninhas, o controle foi realizado 100% via capina manual, uma vez que na área já havia sido cultivada outra cultura no sistema plantio direto, assim, facilitando o manejo em relação a invasoras. No caso das pragas, foram realizadas três aplicações, uma utilizando Sperto e outra com Premio + Lannet, com o intuito de controlar lagartas e percevejos. E uma terceira, que foi utilizado o Terminus, para o controle de Pulgão, praca que acomete em grande porcentagem a cultura do sorgo.

As avaliações foram realizadas na área útil de cada parcela, composta pelas duas linhas centrais. As seguintes variáveis foram avaliadas:

- Altura de Plantas (AP): Aos 80 dias após a emergência (DAE), mediu-se a altura de 10 plantas por parcela, da superfície do solo até a inserção da folha bandeira.
- Diâmetro do Colmo (DC): Aos 80 DAE, mediu-se o diâmetro do colmo de 10 plantas por parcela na região do terceiro entrenó visível a partir da base.
- Peso de Panícula (PP): Após a colheita, aos 120 DAE, 10 panículas por parcela foram coletadas, secas e pesadas.
- Massa de Mil Grãos (MMG): Após a colheita, determinou-se a massa dos grãos.
- Produtividade (PROD): As plantas das duas linhas centrais de cada parcela foram colhidas, trilhadas, e pesadas, gerando o resultado final.

Os dados obtidos para cada variável foram submetidos à análise de variância (teste F). Quando constatada diferença estatística significativa entre os tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para as variáveis altura de plantas e massa de mil grãos, não foi observada diferença estatística significativa entre os tratamentos. A altura de plantas é uma característica fortemente influenciada pelo genótipo do híbrido utilizado (BM 737), e embora a nutrição nitrogenada seja crucial para o crescimento, é possível que todas as doses testadas, incluindo a adubação de base, tenham fornecido N suficiente para que as plantas expressassem seu potencial de crescimento em altura, não resultando em diferenças estatísticas. Similarmente, a massa de mil grãos, que também possui um forte componente genético, não foi alterada pelos tratamentos, sugerindo que, embora a produção total de grãos tenha variado, o enchimento individual dos grãos foi similar entre os diferentes manejos nutricionais testados.

Tabela 1: Média de altura de plantas (AP), diâmetro de colmo (DC), peso de panícula (PP), nos tratamentos.

Tratamentos	AP (cm)	DC (mm)	PP (g)
T1	81,2a	19,2a	24,1cd
T2	82,2a	18,6ab	26,8c
T3	84,5a	19,6a	30,1b
T4	79,9a	19,9a	33,4a



T5	80,3a	19,3a	24,4cd
T6	82,7a	15,0b	22,3d
C.V%	5,07	9,82	4,63

Obs.: Médias seguidas de mesma letra, na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: SANTOS, J. A. P. dos (2024)

O diâmetro do colmo foi influenciado pelos tratamentos. A testemunha absoluta (T6), que não recebeu nenhuma adubação, apresentou o menor diâmetro médio (15,0 mm), diferindo estatisticamente de todos os outros tratamentos, com exceção do T2 (A. brasiliense + 20 kg/ha de N em cobertura). Todos os tratamentos que receberam adubação apresentaram colmos mais espessos que a testemunha, indicando o efeito direto da nutrição, especialmente do nitrogênio, na parte estrutural da planta. Um colmo mais robusto é agronomicamente desejável, pois está associado a uma maior resistência ao acamamento e a um maior fluxo de água e nutrientes para a parte aérea. A inoculação com *A. brasiliense* nos tratamentos T1, T3 e T4, que se igualaram ao tratamento apenas com adubação (T5), sugere que a bactéria contribuiu para o vigor vegetativo das plantas.

Tabela 2: Médias de produtividade (PROD) e massa de mil grãos (MMG), nos tratamentos.

Tratamentos	PROD (kg/ha)	MMG (g)
T1	238,5cd	33,0a
T2	265,4c	33,8a
T3	297,6b	33,1a
T4	330,4a	33,1a
T5	241,3cd	34,1a
T6	220,4d	28,1a
C.V%	4,66	8,22

Obs.: Médias seguidas de mesma letra, na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: SANTOS, J. A. P. dos (2024)

As variáveis de maior importância agrônoma, peso de panícula e produtividade, foram as que melhor responderam aos tratamentos, demonstrando uma clara hierarquia de resultados.

O tratamento T4 (*A. brasiliense* + 30 kg/ha de N na semeadura e 40 kg/ha de N em cobertura) foi estatisticamente superior a todos os demais, apresentando o maior peso médio de panícula (33,4 g) e a maior produtividade (330,4 kg/ha). Este resultado evidencia um efeito sinérgico entre a inoculação com a bactéria e a maior dose de nitrogênio em cobertura. A bactéria pode ter potencializado a absorção e a utilização do N aplicado, resultando em panículas mais pesadas e, conseqüentemente, em uma maior produção de grãos por área.



O tratamento T3 (*A. brasiliense* + 30 kg/ha de N em semeadura e 30 kg/ha em cobertura) obteve o segundo melhor desempenho, com 30,1 g de peso de panícula e 297,6 kg/ha de produtividade, superando os tratamentos com doses menores de N (T1 e T2) e o controle com apenas adubação de semeadura (T5).

É interessante notar que os tratamentos T1 (*A. brasiliense* + 10 kg/ha N em cobertura) e T5 (apenas adubação de semeadura) não diferiram estatisticamente entre si para peso de panícula e produtividade. Isso sugere que a inoculação com a bactéria, combinada com uma baixa dose de N em cobertura (10 kg/ha), resultou em uma produtividade equivalente à obtida apenas com a adubação de base de 30 kg/ha de N.

A testemunha absoluta (T6) apresentou, como esperado, os piores resultados, com o menor peso de panícula (22,3 g) e a menor produtividade (220,4 kg/ha), diferindo de todos os outros tratamentos e reforçando a importância da adubação para a cultura do sorgo.

Os resultados demonstram uma relação positiva entre o aumento da dose de nitrogênio em cobertura e a produtividade, especialmente quando associado à inoculação com *A. brasiliense*. A produtividade seguiu uma escada crescente do T1 ao T4, indicando que, nas condições deste experimento, a cultura respondeu bem a doses de até 40 kg/ha de N em cobertura na presença do inoculante.

Contudo, um fator é interessante de se levar em consideração, desde a implantação da cultura até a sua colheita, a área em que o experimento foi instalado, passou por uma longa estiagem, não havendo nenhuma chuva em todo o seu ciclo, esse fato pode ter influenciado de maneira negativa os resultados que aqui estão apresentados.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inoculação de sementes de sorgo com *Azospirillum brasiliense* associada à adubação nitrogenada em cobertura é uma prática que impacta positivamente componentes de produção e a produtividade da cultura. Os melhores resultados de peso de panícula e produtividade foram alcançados com a associação da inoculação e a maior dose de nitrogênio em cobertura (40 kg/ha), no tratamento T4, e com a dose de 30 kg/ha, no tratamento T3. Isso indica que a bactéria potencializa o efeito da adubação, resultando em incrementos de produção. A produtividade apresentou uma resposta crescente às doses de nitrogênio em cobertura quando as sementes foram inoculadas, evidenciando o benefício dessa interação. A ausência de adubação (testemunha absoluta) resultou nas menores médias para diâmetro de colmo, peso de panícula e produtividade, confirmando a alta demanda nutricional do sorgo para expressar seu potencial produtivo. Variáveis como altura de plantas e massa de mil grãos não foram influenciadas pelos tratamentos nas condições deste experimento, sugerindo uma maior influência do fator genético sobre estas características. Os resultados deste trabalho fornecem um indicativo importante para os produtores de sorgo, sugerindo que o uso de inoculantes à base de *Azospirillum brasiliense* é uma ferramenta biotecnológica viável que, em conjunto com um manejo adequado da adubação nitrogenada, pode otimizar a produtividade da cultura de forma mais eficiente e potencialmente mais sustentável. Contudo, mais estudos acerca desse fator devem ser realizados, principalmente em condições de clima e solo diferentes, com a intenção de criar novos dados para assim conseguir realizar uma comparação mais ampla e assertiva sobre o assunto.



REFERÊNCIAS

BASHAN, Y.; BASHAN, L. E. Plant growth-promoting. In: HILLEL, D. (ed.). **Encyclopedia of soil in the environment**. 2. ed. Oxford: Elsevier, 2005. p. 103-115.

HUERGO, L. F.; MONTEIRO, R. A.; BONATTO, A. C.; RIGO, L. U.; STEFFENS, M. B. R.; CRUZ, L. M.; CHUBATSU, L. S.; SOUZA, E. M.; PEDROSA, F. O. Regulation of nitrogen fixation in *Azospirillum brasilense*. In: CASSÁN, F. D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (ed.). **Azospirillum sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina**. Argentina: Asociación Argentina de Microbiología, 2008. p. 17-35.

KLOEPPER, J. W.; LIFSHITZ, R.; ZABLOTOWICZ, R. M. Free-living bacterial inocula for enhancing crop productivity. **Trends in Biotechnology**, Cambridge, v. 7, n. 2, p. 39-43, Feb. 1989.