

AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DO MILHETO COM DIFERENTES DOSES DE SILÍCIO, SEM E COM A UTILIZAÇÃO DE *AZOSPIRILLUM BRASILENSE*

Data de aceite: 01/04/2024

Carlos Rodolfo do Nascimento Castro

Mestrando do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal (PPGCA)

Francisca Claudia da Silva de Sousa

Mestranda do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal (PPGCA)

Renata Sousa Costa

Mestranda do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal (PPGCA)

George de Sousa Lima Paiva

Graduando do Departamento de Zootecnia (CAZOO)

Daniele de Jesus Ferreira

Professora do Departamento de Zootecnia (CAZOO)

Anderson de Moura Zanine

Professor do Departamento de Zootecnia (CAZOO)

RESUMO: Os períodos distintos de chuva e seca, influenciam diretamente a disponibilidade e qualidade da forragem. Assim, o uso de microrganismos promotores de crescimento, como o *Azospirillum brasilense* e o uso de silício, surgem como estratégia promissora para maximizar o

rendimento de culturas. O solo é classificado como Argissolo vermelho-amarelo com textura franco-argilosa. A área totalizou 251m², com 40 parcela. Para a inoculação foi usado de 0,5 kg de semente e inoculada com 2 mL do Inoculante GRAP NOD A L. A aplicação de Si foi parcelada em 6 vezes: três durante o estágio vegetativo e três no reprodutivo. Foi utilizado o silicato de sódio estabilizado com sorbitol. Foram avaliadas o comprimento de panícula(cm), diâmetro de panícula(mm), altura da planta(cm), altura da planta até a folha bandeira(cm), diâmetro do colmo(mm), número de perfilhos reprodutivos e número de perfilhos vegetativos. Utilizou-se blocos casualizados com 8 tratamentos e 5 repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade e, ajustadas ao modelo linear ou quadrático via análise de regressão. Observou-se efeito isolado ($P < 0,05$) para as variáveis comprimento da panícula ($P=0,010$) (CP) e diâmetro da panícula (DP) ($p=0,041$), em que as maiores médias foram observadas quando relacionadas ao uso da *Azospirillum*. A inoculação com *Azospirillum brasilense* foi eficiente para melhorar as características morfológicas do milheto em relação ao diâmetro e comprimento de panícula.

EVALUATION OF THE MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF MILLET WITH DIFFERENT DOSES OF SILICON, WITHOUT AND WITH THE USE OF *AZOSPIRILLUM BRASILENSE*

ABSTRACT: In the tropics, seasonal variation is marked by distinct periods of rain and drought, directly influencing the availability and quality of forage in the pasture. The soil in the experimental area is classified as red-yellow Argissolo with a loamy-clay texture. The experimental area totaled 251m², with 40 plots of 6m² (3x2m) each, spaced 0.5m apart between rows and 0.5m apart, following a spacing of 0.5m between plots and 1m between blocks. To inoculate the seed, 0.5 kg of seed was weighed and inoculated with 2 ml of GRAP NOD A L Inoculant (1.5LT = 15 doses) - Azospirillum Brasilense -Agrocete. Si was applied in 6 installments: three times during the vegetative stage and three times during the reproductive stage of the millet crop. The Si source used was sodium silicate stabilized with sorbitol (Si = 115.2 g L⁻¹, Na₂O = 60.5 g L⁻¹). For the morphological evaluations, two plants were selected from each plot, totaling 80 plants evaluated for panicle length (cm), panicle diameter (mm), plant height (cm), height from the plant to the flag leaf (cm), stem diameter (mm), number of reproductive tillers and number of vegetative tillers. A randomized block design was used with eight treatments and five replications. The data was subjected to analysis of variance at a 5% probability level and, when the F test was significant, the means were fitted to the linear or quadratic model via regression analysis

KEYWORDS: panicle, soil, thatch

INTRODUÇÃO

Nos trópicos, a variação sazonal é marcada por períodos distintos de chuva e seca, influenciando diretamente a disponibilidade e qualidade da forragem no pasto. Esse fenômeno sazonal impõe desafios à manutenção de rebanhos, já que a escassez de pasto durante a estação seca compromete a nutrição dos animais, resultando em queda na produção. Nesse contexto, a utilização de silício associado ao *Azospirillum* emerge como uma estratégia eficaz para contornar as limitações impostas pela sazonalidade.

Entre as diversas qualidades para o crescimento do cultivo dessa forrageira estão: adaptação a solos de baixa e média fertilidade; sistema radicular vigoroso e abundante; e produção de biomassa verde que chega até 70 t ha⁻¹ (PEREIRA FILHO et al., 2003; QUEIROZ et al., 2012). Ainda que a cultura apresente boa tolerância ao déficit hídrico é importante que as plantas recebam uma quantidade mínima de água para seu desenvolvimento e, se não houver restrições, o crescimento será mais acelerado (CROOKSTON et al., 2020; SHRESTHA et al., 2023). Quando comparado às culturas de milho e sorgo, o milheto mostra-se mais eficiente no uso de água, necessitando de 300 a 400 g de água para produzir 1 g de matéria seca (GUIMARÃES, 2006).

Desse modo, a busca por práticas agrícolas mais sustentáveis, baratas e eficientes tem impulsionado a exploração de alternativas que otimizem a produção de forragens utilizadas na alimentação animal. Nesse contexto, o uso de microrganismos promotores de crescimento vegetal, como o *Azospirillum brasilense* e o uso de silício, surgem como estratégia promissora para maximizar o rendimento de culturas forrageiras.

MATERIAL E MÉTODOS

O solo presente na área experimental é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo com textura franco-argilosa (SANTOS et al., 2018). Foram retiradas amostras de solo na profundidade de 0-20 cm, as amostras foram submetidas a análises para a caracterização química e textural do solo.

A correção do solo foi realizada conforme a necessidade, com base na análise de solo. O calcário usado foi o calcário dolomítico, com o PRNT de 115,10%, sendo indicado 2,3 t ha⁻¹, quantidade recomendada para elevar a saturação de bases para 60%, de acordo com as recomendações para o cultivo do milho.

A adubação de plantio (NPK) foi realizada de forma manual, seguindo-se as necessidades dispostas na análise de solo. As quantidades foram de 20 kg de N/ha, 100 kg de P₂O₅/ha e 30 kg de k₂O/ha. As características granulométricas registradas foram de 70% de areia, 21% de argila e 9% de silte.

A área experimental totalizou 251 m², com 40 parcelas de 6 m² (3x2 m) cada, apresentando espaçamento 0,5 m entre linhas e 0,5 m entre covas, seguindo um espaçamento de 0,5 m entre parcelas e 1 m entre blocos. Cada parcela foi composta de 20 plantas, totalizando 800 plantas em toda a área experimental e 31.8723 plantas ha⁻¹. A semeadura ocorreu de forma manual, as covas foram abertas com o auxílio de enxada de modo que a abertura chegasse a aproximadamente 3-5 cm de profundidade. Para a inoculação da semente foi realizada a pesagem de 0,5 kg de semente e inoculada com 2 mL do Inoculante GRAP NOD A L (1,5LT = 15 doses) - *Azospirillum brasilense* – Agroceite.

O fornecimento de Si foi realizado via fertilização, iniciando-se aos 20 dias após completa emergência das plantas até 30 dias após florescimento pleno. A aplicação de Si foi parcelada em 6 vezes: três durante o estágio vegetativo e três no reprodutivo da cultura do milho. A fonte de Si utilizada foi o silicato de sódio estabilizado com sorbitol (Si = 115,2 g L⁻¹, Na₂O = 60,5 g L⁻¹). Para a diluição do silício foi utilizada uma caixa d'água de 1000 L, em que foram destinados 70 L de diluição para cada um dos respectivos tratamentos (0; 4; 8 e 12 kg de silício). Cada planta recebeu 0,700 mL da diluição.

Para manter a umidade do solo a área foi irrigada duas vezes ao dia (6:00 e 17:00 h) durante o período experimental. Para a irrigação foram utilizadas 5 fitas de irrigação (28,5 mm) microperfuradas, na área experimental as fitas foram distribuídas de maneira que permanecesse uma fita no centro de cada bloco. O tempo de irrigação foi de 15 minutos a cada duas fitas.

Para as avaliações morfológicas foram selecionadas duas plantas de cada parcela totalizando 80 plantas avaliadas quanto ao comprimento de panícula (cm): foi determinado com régua graduada em milímetros, mensurada da base até o ápice da panícula; diâmetro de panícula (mm): medido com um paquímetro, tomando-se a medida na parte central da panícula; altura da planta (cm): foi determinada com fita milimetrada, tomando-se a medida da superfície do solo até a altura máxima da última folha; altura da planta até a folha bandeira (cm): foi determinada com fita milimetrada, tomando-se a medida da superfície do solo até a inserção da folha bandeira; diâmetro do colmo (mm): medido com auxílio de um paquímetro, no terceiro nó da planta a partir do solo; número de perfilhos reprodutivos: foi determinado realizando a contagem de todos os perfilhos reprodutivos presentes em toda a parcel; número de perfilhos vegetativos: foi determinado a partir da contagem de todos os perfilhos vegetativos presentes em toda a parcela.

Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados com oito tratamentos e cinco repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade e, quando o teste F foi significativo, as médias foram ajustadas ao modelo linear ou quadrático via análise de regressão. Foi utilizado o PROC MIXED do software estatístico SAS (2004).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se efeito isolado ($P < 0,05$) para as variáveis comprimento da panícula ($P=0,010$) (CP) e diâmetro da panícula (DP) ($p=0,041$), em que as maiores médias (30,62 e 28,15 mm) foram observadas quando relacionadas ao uso da *Azospirillum* (Tabela 1).

A ação das giberelinas e auxinas podem interferir na expansão das células vegetais, causando alongamento da parte área da planta (TAIZ; ZEIGER, 2013). Assim, é possível afirmar que o comprimento da panícula (CP) e diâmetro da panícula foram diretamente influenciados pela inoculação com *A. brasilense*, pois além das auxinas e giberelinas, a bactéria é capaz de fornecer parte do N exigido pela cultura impactando de maneira positiva a produtividade (HUNGRIA et al., 2010; FUKAMI et al., 2018).

Tabela 1: Avaliação das características morfológicas do milheto com diferentes doses de Si, sem e com a utilização de *Azospirillum brasilense*

Item	Níveis de Silício (kg ha ⁻¹)				<i>Az. brasilense</i>			Si	AB	Si x Ab
	0	4	8	12	Sem	Com	EPM			
NPR	4,90	7,10	6,90	7,10	6,7	6,30	0,459	0,079	0,560	0,854
NPV	1,50	2,00	1,42	1,30	1,21	1,90	0,107	0,715	0,140	0,007
CP	28,85	29,36	29,92	28,70	27,79 ^b	30,62 ^a	0,701	0,837	0,010	0,963
DP	28,84	27,44	26,37	24,56	25,45 ^b	28,15 ^a	0,547	0,128	0,041	0,084
APFB	112,00	105,30	114,72	113,70	112,36	110,50	3,504	0,579	0,722	0,001
DC	12,37	11,39	11,32	12,26	11,44	12,22	0,853	0,136	0,059	0,029
AP	133,30	138,80	133,37	137,86	132,83	139,13	3,412	0,829	0,222	0,396

NPR: números de perfilho reprodutivos, NPV: número de perfilho vegetativos, CP: Comprimento de panícula, DP: Diâmetro de panícula, APFB: Altura da planta até a folha bandeira, DC: Diâmetro do colmo, AP: Altura da planta.

Os estudos que investigaram a inoculação em plantas de sorgo apresentam uma presença mais reduzida na literatura científica relacionada a bactérias diazotróficas, totalizando 59 em comparação com outras culturas, especialmente quando contrastado com o milho e o trigo (PACOVSKY et al., 1985; GARCÍA-OLIVARES et al., 2006; PEÑA, 2008; NAKAO et al., 2018). Assim como no milho, os efeitos manifestam-se com maior ou menor intensidade, dependendo da interação entre os genótipos da planta e as bactérias. O aumento observado no comprimento das panículas pode resultar em um incremento na produtividade de grãos quando as plantas são inoculadas. A relevância da inoculação nessa cultura é substancial, considerando a ampla distribuição geográfica do cultivo e as diversas finalidades de uso do milheto, notadamente na alimentação animal.

CONCLUSÕES

A inoculação com *Azospirillum brasilense* foi eficiente para melhorar as características morfológicas do milheto em relação ao diâmetro e comprimento de panícula.

AGRADECIMENTOS

Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão - FAPEMA

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CROOKSTON, B.; BLASER, B.; DARAPUNENI, M. et al. Pearl millet forage water use efficiency. **Agronomy**, v. 10, n. 11, 2020.

FUKAMI, J.; CEREZINI, P.; HUNGRIA, M. Azospirillum: benefits that go far beyond biological nitrogen fixation. **Amb Express**, v. 8, n. 1, p. 73, 2018.

GARCÍA-OLIVARES, J. et al.. Azospirillum brasilense biofertilization in sorghum at northern Mexico. **Agricultura técnica en México**, v. 32, n. 2, p. 135–141, 2006.

GUIMARÃES JÚNIOR, R. **Avaliação nutricional de silagem de milho [Pennisetum (L.) R. Br.]**. 90p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG. 2006.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; SOUZA, E. M., et al. Inoculation with selected strains of Azospirillum brasilense and A. lipoferum improves yields of maize and wheat in **Brazil**. **Plant Soil** 331:413-425. 2010.

NAKAO, A.L. et al. Intercropping Urochloa brizantha and sorghum inoculated with Azospirillum brasilense for silage. **Revista Ciencia Agronomica**, v. 49, n. 3, p. 501– 511, 2018.

PACOVSKY, R. S.; PAUL, E. A.; BETHLENFALVAY, G. J. Nutrition of sorghum plants fertilized with nitrogen or inoculated with Azospirillum brasilense. **Plant and Soil**, v. 85, n. 1, p. 145–148, 1985.

PEÑA, M. A. A.; DÍAZ FRANCO, C.; HERNÁNDEZ J.H. Sorghum productivity in the field associated with arbuscular mycorrhiza and Azospirillum brasilense. **Universidad y Ciencia**, v. 24, n. 3, p. 229–237, 2008

PEREIRA FILHO, I. A.; FERREIRA, A. S.; COELHO, A. M.; et al. Manejo da cultura do milho. Sete Lagoas: **Embrapa Milho e Sorgo**, 17 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 29), 2003.

QUEIROZ, D. S.; SANTANA, S. S.; MURÇA, T. B. et al. Cultivares e épocas de semeadura de milho para produção de forragem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 13, n. 2, p. 318-329, abr./jun. 2012.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. et al. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa. **Revista e ampliada**, 256p. 2018.

SAS. SAS 9.0 user's guide. v. 4 ed. Cary, NC: SAS Institute, 2004

SHRESTHA, N.; HU, H.; SHRESTHA, K. et al. Pearl millet response to drought: A review. **Frontiers in Plant Science**, v. 14, p. 1059574, 2023.

TAIZ, L., AND ZEIGER, E. **Plant physiology. Artemed**, Porto Alegre, Brasil. 2013