

RELAÇÃO CARBONO: NITROGÊNIO DE CONSTITUINTES DA PLANTA DO SORGO FORRAGEIRO UTILIZANDO DOSES DE SILÍCIO E BACTÉRIAS PROMOTORAS DO CRESCIMENTO

Data de aceite: 01/04/2024

Fleming Sena Campos

Pesquisador FAPEMA/CNPq do Programa do Pós-graduação em Ciência Animal (UFMA)

Renata Sousa Costa

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

Francisca Claudia da Silva de Sousa

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

Diego Henrique Alves de Sousa

Estudante de graduação em Zootecnia (UFMA)

Daniele de Jesus Ferreira

Professora do Departamento de Zootecnia (UFMA)

Anderson de Moura Zanine

Professor do Departamento de Zootecnia (UFMA)

RESUMO: Objetivou-se avaliar a relação carbono:nitrogênio de constituintes da planta do sorgo forrageiro utilizando doses de silício e bactérias promotoras do crescimento. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, em um esquema

fatorial 4 x 2 x 4, representados por quatro doses de silício (0, 4, 8 e 12 kg ha⁻¹), com e sem cepas de *Azospirillum brasilense* e quatro constituintes (raiz, colmo, folha e grão) do sorgo forrageiro BRS Ponta negra e cinco repetições, totalizando 128 unidades experimentais. Avaliou-se o percentual de carbono (C), nitrogênio (N) e a relação C:N nos constituintes de genótipos de sorgo forrageiro. Não foi observado interação (P>0,05) entre os constituintes da planta x inoculante x silício para nenhuma das variáveis avaliadas. Houve interação (P<0,001) entre os constituintes x silício para os valores de N. Observou-se maiores concentrações de C (P=0,001) nas folhas (43,17%) e nos grãos (43,00%) em relação em relação aos demais constituintes (colmo e raiz). O maior percentual da relação C:N foi encontrado no colmo (123,92) em relação a raiz, folha e grão. As maiores proporções de silício refletem em um aumento do nitrogênio nos constituintes das plantas sem alteração na raiz do sorgo, proporcionando maiores percentuais de carbono nos grãos e sua relação com o nitrogênio no colmo.

PALAVRAS-CHAVE: *Azospirillum brasilense*, silicato de sódio, *Sorghum bicolor*.

RELATIONSHIP BETWEEN CARBON AND NITROGEN OF THE CONSTITUENTS OF THE FORAGE SORGHUM PLANT USING SILICON DOSES AND GROWTH-PROMOTING BACTERIA

ABSTRACT: It was aimed to evaluate the carbon relationship: nitrogen of constituents of the forage sorghum plant using silicon doses and growth-promoting bacteria. The randomized block design was used, in a 4 x 2 x 4 factorial scheme, represented by four doses of silicon (0, 4, 8 and 12 kg ha⁻¹), with and without blinds of *Azospirillum brasilense* e and four constituents (root, stalk, sheet and grain) of the forage sorghum BRS Ponta Negra and five repetitions, totaling 128 experimental units. The percentage of carbon (C), nitrogen (n) and the relationship C:N in the constituents of forage sorghum genotypes was evaluated. No interaction was observed ($p > 0.05$) among the constituents of plant x inoculant x silicon for any of the evaluated variables. There was interaction ($p < 0.001$) between the constituents x silicon for the values of N. There was higher concentrations of C ($p = 0.001$) in the leaves (43.17%) and in grains (43.00%) in relation to relation to the other constituents (pimple and root). The largest percentage of relationship C:N was found in the stalk (123.92) in relation to root, sheet and grain. The largest proportions of silicon reflect on an increase in nitrogen in plant constituents without sorghum root change, providing greater carbon percentages in the grains and their relationship with nitrogen in the pimple.

KEYWORDS: *Azospirillum brasilense*, sodium silicate, *Sorghum bicolor*.

INTRODUÇÃO

Estratégias de manejo para otimizar a eficiência do uso da água e atenuar o estresse hídrico nas plantas são necessárias. A utilização do silício, um elemento essencial as plantas tem demonstrado respostas benéficas sobre o desenvolvimento de várias culturas quando aplicado em cobertura, proporcionando maior resistência das plantas às doenças e pragas (OLIVERA-VICIEDO et al., 2020). Seus efeitos podem atenuar os efeitos de agentes estressores, bióticos e/ou abióticos, sofridos pelas plantas. Um dos benefícios do uso do silício é a atuação na amenização do estresse hídrico, propiciando menor transpiração, aumento da eficiência fotossintética, manter as folhas mais eretas e rígidas e com maior interceptação da luz, resistência a pragas e doenças, às intempéries, à salinidade, e à toxidez provocada pelo excesso de Al, Mn e Fe. Além disso, o silício está envolvido em uma maior homeostase estequiométrica elementar (C:N:P), favorecendo a eficiência do uso do carbono e o aumento da biomassa radicular (ROCHA et al., 2021).

Outra estratégia de suma importância para atenuar os efeitos do estresse hídrico é a tecnologia de inoculação com bactérias promotoras do crescimento vegetal. Uma importante ferramenta para alcançar a sustentabilidade na agricultura devido aos seus baixos custos ambientais e de produção em relação aos insumos industriais (OLIVEIRA et al., 2018). No Brasil destaca-se a utilização de bactérias fixadoras de nitrogênio capazes de suprir plenamente a demanda de N da lavoura (HUNGRIA et al., 2016). O *Azospirillum brasilense* é uma destas bactérias, cujo papel na tolerância à seca, pois elas melhoram as

características morfológicas da planta, como ramificação de raízes, aumento de biomassa radicular e aumento da densidade de pelos radiculares, resultando na melhor exploração do perfil do solo em busca de água (HUNGRIA, 2016).

De acordo com GALINDO et al. (2018) o uso de *A. brasilense* e diferentes fonte de Si na forma de silicato de Ca e Mg promove vários benefícios como maiores concentrações de B e Fe na parte aérea da planta, assim como, B nas raízes. Além dessa associação na inoculação das sementes promoverem o aumento da absorção de N da biomassa das raízes e da parte aérea da cultura. Assim, existe a necessidade de entender as respostas das diferentes doses de Si em associação a *A. brasilense* como estratégia em condições de déficit hídrico a longo prazo em condições de campo. Objetivou-se avaliar a relação carbono:nitrogênio de constituintes da planta do sorgo forrageiro utilizando doses de silício e bactérias promotoras do crescimento.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Centro de Ciências de Chapadinha da Universidade Federal do Maranhão – UFMA/CCCh, Chapadinha, MA. O período experimental ocorreu entre os meses de setembro à dezembro de 2022. Nesse experimento foi usado o sorgo forrageiro BRS Ponta Negra.

Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, em um esquema fatorial 4 x 2 x 4, representados por quatro doses de silício (Si) (0, 4, 8 e 12 kg ha⁻¹), com e sem cepas de *Azospirillum brasilense* (cepas Ab-V5 e Ab-V6) e quatro constituintes (raiz, colmo, folha e grão) do sorgo forrageiro BRS Ponta negra e cinco repetições, totalizando 128 unidades experimentais. As doses de Si corresponderam a 0; 0,96; 1,90 e 2,85 mmol/L de Si na solução, em cada aplicação. 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* – Agrocete.

A área experimental abrangeu um total de 251 m², dividida em 40 parcelas de 6 m² cada (3 x 2 m). O espaçamento entre as linhas foi de 0,6 m, e entre as covas foi de 0,5 m, mantendo um espaçamento de 0,50 m entre as parcelas e 1 m entre os blocos. Cada parcela foi composta por 20 plantas, totalizando assim 800 plantas em toda a área experimental e 31.873 plantas/ha. A semeadura ocorreu de forma manual, em covas com aproximadamente 3-5 cm de profundidade, depositando 3 sementes de sorgo por cova.

A aplicação do silício nas plantas foi dividida em 6 vezes, com 3 aplicações durante o período vegetativo e outras 3 no período reprodutivo. A fonte de Si utilizada foi o silicato de sódio estabilizado com sorbitol (Si = 115,2 g/L, Na₂O = 60,5 g/L)

A irrigação foi realizada duas vezes por dia (06h00 e 17h00 h), recebendo uma lâmina de água de 2,5 mm diários, totalizando 175 mm durante o período experimental. Capinas foram realizadas aos 20, 50 e 90 dias após a semeadura. O desbaste das plantas

foi realizado para que existisse apenas uma planta por cova. As panículas foram cobertas com sacos de papel para evitar o ataque de pássaros aos grãos, sendo monitoradas até o dia da colheita.

Foram colhidos aproximadamente 400 g de amostra do sorgo Ponta Negra. As amostras foram pré-secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 h, moídas em moinho de facas tipo “Willey” com peneiras de malhas de 1mm e, posteriormente foram realizadas as análises conforme metodologias descritas na AOAC (2016) e GAN et al. (2011).

Avaliou-se o percentual de carbono (C), nitrogênio (N) e a relação C:N nos constituintes (raiz, colmo, folha e grão) de genótipos de sorgo forrageiro (BRS Ponta negra).

As médias foram submetidas a análise de variância a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey utilizando o software estatístico SAS (2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foi observado interação ($P > 0,05$) entre os constituintes da planta x inoculante x silício para nenhuma das variáveis avaliadas. Houve interação ($P < 0,001$) entre os constituintes x silício para os valores de nitrogênio (N; Figura 1A). Os maiores valores de percentuais de N encontrados na folhas (1,8%) e grãos (1,7%) estão relacionados aos maiores níveis de silício (12 Kg ha^{-1}) correspondente a 2,85 mmol/L de Si na solução, em cada aplicação. A aplicação de Si no colmo promoveu resultados superiores (0.4%) em relação ao tratamento que não foi utilizado Si (0.3%) (Figura 1 A).

Observou-se maiores concentrações de carbono (C; $P = 0,001$) nas folhas (43,17%) e nos grãos (43,00%) em relação em relação aos demais constituintes (colmo e raiz). O maior percentual da relação C:N foi encontrado no colmo (123,92) em relação a raiz, folha e grãos (Figura 1B).

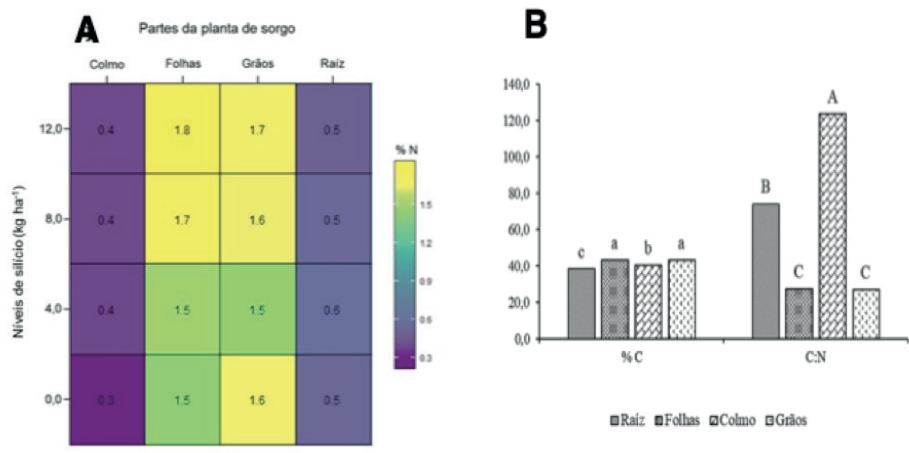


Figura 1: Valores das interações para as variáveis Carbono (C), Nitrogênio (N) e relação C:N (%), (Figuras A, B) respectivamente, na cultura do sorgo forrageiro submetido a diferentes doses de Si e sem e com utilização de *Azospirillum brasilense*.

Segundo OLIVEIRA et. al (2019) a relação C/N é a razão entre as quantidades de carbono (C) e nitrogênio (N) presente na biomassa da cultura. É um indicador de decomposição da matéria orgânica do solo. No presente estudo houve uma maior deposição de C e menor relação C/N nas folhas e grãos. Uma maior relação Carbono: Nitrogênio (C: N) nas folhas de uma planta geralmente significa que há uma proporção maior de carbono em relação ao nitrogênio nas estruturas foliares. Isso pode ser resultado de um acúmulo de compostos ricos em carbono, como celulose e lignina, que são importantes para a estrutura das plantas, no entanto com menor percentual de nitrogênio em sua composição.

Observou-se uma maior concentração de N a medida em que aumentou as doses de Si. Essa relação é um indicador importante das características e processos relacionados ao crescimento das plantas, à pendência da matéria orgânica e à dinâmica do solo. Para SIQUEIRA; FRANCO (1988), quando a relação C/N situa-se entre 20 e 30, ocorre um equilíbrio entre os processos de mineralização e de imobilização do nitrogênio; quando atinge valores superiores a 30, a imobilização supera a mineralização, o que pode ser observado no presente estudo.

CONCLUSÕES

As maiores proporções de silício refletem em um aumento do nitrogênio nos constituintes das plantas sem alteração na raiz do sorgo, proporcionando maiores percentuais de carbono nos grãos e sua relação com o nitrogênio no colmo.

AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão – FAPEMA, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e ao Programa de Pós Graduação em Ciência Animal (PPGCA) do Centro de Ciências de Chapadinha – CCCh.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC (Association of Analytical Chemists), 2016. **Official Methods of Analysis**, 20th ed. Latimer Jr., GW, Washington, D.C.

GALINDO, F.S. et al. Nitrogen rates associated with the inoculation of *Azospirillum brasilense* and application of Si: Effects on micronutrients and silicon concentration in irrigated corn. **Open Agriculture** v. 3, p. 510-523, 2018.

GAN, et al. C:N ratios and carbon distribution profile across rooting zones in oilseed and pulse crops. **Crop & Pasture Science**, v. 62, p. 496–503, 2011.

HUNGRIA, M. et al. Inoculation of *Brachiaria* spp. with the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum brasilense*: An environment-friendly component in the reclamation of degraded pastures in the tropics. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 221, p.125-131, 2016.

OLIVEIRA, A.B. et al. **Coleção 500 perguntas, 500 respostas**. Embrapa, Brasília, 274 p. 2019.

OLIVEIRA, L.A. et al. Water management for sugarcane and corn under future climate scenarios in Brazil. **Agricultural Water Management**, v. 201, p. 199-206, 2018.

OLIVERA-VICIEDO, D. et al. Physiological role of silicon in radish seedlings under ammonium toxicity. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 100, p. 5637-5644, 2020.

ROCHA, J.R. et al. Si fertigation attenuates water stress in forages by modifying carbon stoichiometry, favouring physiological aspects. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 207, p. 631-643, 2021.

SAS, 2015. **Sas/Stat University User Guide**. Sas Institute Inc, Cary (NC).

SIQUEIRA, J.O.; FRANCO, A.A. **Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas**. Brasília, Ministério da Educação e Cultura, 1988. 236p.