



## Doses de Nitrogênio Associado à Inoculação de *Azospirillum brasilense* Via Foliar na Cultura do Sorgo

**Naiane Cristina de Oliveira<sup>(1)</sup>; João Henrique Oliveira Cornacini<sup>(1)</sup>; Flávia Mendes Lourenço<sup>(1)</sup>; Carlos Henrique Queiroz Rego<sup>(1)</sup>; Charline Zaratín Alves<sup>(2)</sup>**

<sup>(1)</sup> Alunos de graduação do curso de Agronomia; Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS); Chapadão do Sul, MS; [naiane.oliveira.gen@gmail.com](mailto:naiane.oliveira.gen@gmail.com); [joao.cornacini@hotmail.com](mailto:joao.cornacini@hotmail.com); [flaviams1@hotmail.com](mailto:flaviams1@hotmail.com); [c.arloshenr@hotmail.com](mailto:c.arloshenr@hotmail.com); <sup>(2)</sup> Docente da Área de Tecnologia de Sementes; UFMS; [charline.alves@ufms.br](mailto:charline.alves@ufms.br)

**RESUMO:** A cultura do sorgo tem sido utilizada como base alimentar de milhões de pessoas, além de ser utilizado na alimentação animal. Sabendo que a adubação nitrogenada é um dos fatores limitantes para uma boa produção de grãos, podendo também interferir na qualidade fisiológica de sementes, o presente trabalho teve como objetivo avaliar doses de nitrogênio em cobertura associado à inoculação de *Azospirillum brasilense* via foliar na produção e qualidade fisiológica de sementes de sorgo. O experimento foi instalado e conduzido no Câmpus Experimental da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Câmpus de Chapadão do Sul – CPCS/UFMS e as avaliações foram realizadas no Laboratório de Tecnologia de Sementes. Os tratamentos consistiram de quatro doses de nitrogênio em cobertura (0, 30, 60 e 90 kg ha<sup>-1</sup>) e a presença ou ausência de *Azospirillum brasilense* aplicado via foliar aos 30 dias da semeadura. As doses de nitrogênio influenciam linearmente na produtividade do sorgo. A inoculação de *Azospirillum brasilense* via foliar não incrementa a produtividade, porém há benefício na germinação e vigor das sementes de sorgo, principalmente na ausência de adubação nitrogenada.

**Termos de indexação:** *Sorghum bicolor* L., fixação biológica de nitrogênio, bactérias diazotróficas.

### INTRODUÇÃO

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) destaca-se como o quinto cereal de maior produção no mundo (Faostat, 2010) e o quarto no ranking de produção brasileiro, sendo que a produtividade média no Brasil ainda é considerada baixa, em torno de 2.587 kg ha<sup>-1</sup> de grãos (Ibge, 2010). Dentre os principais fatores responsáveis pela baixa produtividade nas áreas destinadas à produção dessas plantas destacam-se as precipitações irregulares, a fertilidade do solo e as baixas aplicações de fertilizantes (Aguiar et al, 2007).

Na cultura do sorgo, o acúmulo de nitrogênio (N) ocorre quase linearmente até a maturação, sendo o elemento que mais frequentemente limita sua produtividade. Todavia, a resposta de uma cultura a doses crescentes desse elemento depende de vários fatores que interferem na disponibilidade às

plantas, destacando-se os edafoclimáticos como textura do solo e regime de chuvas, e os fatores genéticos inerentes a cada cultivar (Silva & Lovato, 2008).

As rizobactérias são consideradas promotoras do crescimento de plantas pelos benefícios que podem causar no metabolismo vegetal (Burdman et al, 2000). Sua utilização em práticas agrícolas está se tornando relevante nos últimos anos, visto que a adubação nitrogenada representa uma parcela importante dos custos de produção de culturas não-leguminosas. Dentre os microrganismos fixadores de N podem ser citados os gêneros *Rhizobium*, *Frankia*, *Burkholderia*, *Azotobacter*, *Herbaspirillum*, *Acetobacter* e *Azospirillum*. (Didonet et al., 2000).

Sendo assim, o objetivo do trabalho foi avaliar doses de nitrogênio em cobertura associado à inoculação foliar de *Azospirillum brasilense* na produtividade de grãos e qualidade fisiológica das sementes de sorgo.

### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado no Câmpus Experimental da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Câmpus de Chapadão do Sul, MS, utilizando a variedade 1G 100. Os tratamentos no campo consistiram de quatro doses de nitrogênio na forma de sulfato de amônio (0, 30, 60 e 90 kg ka<sup>-1</sup>), que foram aplicados em cobertura e, na presença e ausência do inoculante Masterfix Gramineas®, com as estirpes AbV<sub>5</sub> e AbV<sub>6</sub> de *A. brasilense* (2x10<sup>8</sup> células viáveis mL<sup>-1</sup>), na dose de 200 mL ha<sup>-1</sup> aplicado via foliar, 30 dias após a emergência.

Os parâmetros avaliados foram a massa de 100 grãos, produtividade e a qualidade das sementes, por meio dos testes de germinação e vigor. Após a colheita, os grãos foram pesados para o cálculo da produtividade de grãos (kg ha<sup>-1</sup>), sendo feita a correção para 13% de umidade.

A massa de 1000 sementes foi avaliada utilizando-se oito repetições de 100 sementes, as quais foram pesadas em balança de precisão 0,0001g, de acordo com Brasil (2009).

Para o teste de germinação utilizou-se quatro repetições de 50 sementes, distribuídas sobre uma folha de papel germitest, previamente umedecidas com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato, sendo mantidas em germinador a



25 °C. As avaliações foram realizadas aos cinco e oito dias após a semeadura (Brasil, 2009). A primeira contagem de germinação foi realizada juntamente com o teste de germinação, computando-se a porcentagem de plântulas normais obtidas aos cinco dias após a semeadura (Brasil, 2009).

Para a emergência de plântulas foram utilizadas bandejas de poliestireno expandido contendo substrato comercial Plantmax®, as quais foram mantidas em casa de vegetação e receberam irrigações diárias (três vezes ao dia). A avaliação da emergência das plântulas foi efetuada aos 10 dias após a semeadura, mediante a contagem do número de plântulas normais emergidas. Para este teste, foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes. O índice de velocidade de emergência foi calculado pela fórmula de Maguire (1962).

No teste de condutividade elétrica, foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes com massa conhecida, sendo colocadas para embeber em copos plásticos contendo 75 mL de água destilada e mantidos em germinador durante 24 horas a 20 °C. As leituras da condutividade elétrica foram realizadas em condutivímetro e os valores médios obtidos, expressos em  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$  de semente. O teste de envelhecimento acelerado foi conduzido utilizando-se caixas gerbox, possuindo em seu interior suportes para apoio de uma tela metálica, onde foram distribuídas em camada única, 5,0 g de sementes sobre a tela e colocados 40 mL de água destilada abaixo. As caixas foram tampadas e mantidas em câmaras durante 72 horas a 41 °C. Decorrido este período, as sementes foram submetidas ao teste de germinação, conforme metodologia descrita acima, sendo a avaliação realizada aos quatro dias após a semeadura (Marcos Filho, 2005).

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso no campo, num esquema fatorial 4 x 2 (doses de nitrogênio x presença ou ausência do inoculante), com quatro repetições para cada tratamento. Para os testes de laboratório, utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições para germinação, primeira contagem de germinação, emergência, condutividade elétrica e envelhecimento acelerado, e oito repetição para a massa de 1000 sementes. Os resultados foram submetidos ao teste F, comparando-se as médias dos tratamentos com *A. brasilense* pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e as médias de doses de nitrogênio por meio de regressão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As doses de nitrogênio influenciaram a produtividade do sorgo (**Tabela 1**) havendo efeito

linear positivo com o incremento das doses (**Figura 1A**). Esses resultados concordam com Von Pinho et al. (2009) estudando a aplicação de nitrogênio em cobertura no milho, que também é uma gramínea, os quais obtiveram incrementos significativos para produtividade de grãos.

Com relação à aplicação foliar de *A. brasilense*, não foi verificado diferença na produtividade (**Tabela 1**). Resultados observados por Didonet et al. (2000) concordam com os obtidos no presente trabalho, em que o uso da bactéria não influenciou significativamente a produtividade de trigo.

A aplicação em cobertura de nitrogênio proporcionou diferença entre as doses para a massa de 1000 sementes (**Tabela 1**), sendo que quando não foi realizada a adubação nitrogenada, a massa de 1000 sementes foi maior e à medida que se aumentou a dose de nitrogênio houve uma diminuição nesse valor (**Figura 1B**). Segundo Marshall et al. (1992), a massa de sementes, normalmente, ou não sofre modificação, ou é reduzida pelo acréscimo na adubação nitrogenada. Entretanto, a aplicação foliar da bactéria incrementou a massa de 1000 sementes (**Tabela 1**).

Houve interação significativa entre adubação nitrogenada e a inoculação de *A. brasilense* para primeira contagem de germinação e porcentagem de germinação (**Tabela 1**). Na primeira contagem, as maiores porcentagens de sementes germinadas foram observadas na maior dose de nitrogênio utilizada, porém nessa dose não houve diferença na primeira contagem de germinação para a ausência e presença da inoculação (**Tabela 2**).

Na ausência do nitrogênio verificou-se que a aplicação foliar de *A. brasilense* aumentou a porcentagem de sementes germinadas no quinto dia após a semeadura (**Tabela 2**); fato que pode ser explicado devido o *Azospirillum* ser capaz de sintetizar um importante hormônio, uma auxina, o ácido 3- indolacético (AIA), além de outros compostos indólicos (Crozier et al., 1988). Quando não se inoculou a bactéria via foliar não houve diferença entre as doses de N testadas; porém, quando foi utilizado *Azospirillum* foliar houve efeito linear positivo (**Figura 1C**).

Na ausência da adubação nitrogenada, a germinação foi favorecida com a inoculação do *Azospirillum* (**Tabela 2**). Quando se inoculou *A. brasilense* houve diferença entre as doses de N, com os dados se ajustando a uma equação linear positiva (**Figura 1D**).

Não houve diferença entre doses e interação para emergência e IVE (**Tabela 1**). Em relação à inoculação de *Azospirillum* verificou-se que a presença da bactéria aumentou a porcentagem de plântulas emergidas e o IVE, corroborando com os



resultados de germinação, em que se verifica também uma melhoria no vigor das sementes pela presença da inoculação dos *Azospirillum*. Araújo et al. (2010) também constataram que a inoculação com as bactérias diazotróficas aumentaram a velocidade de emergência de sementes de arroz.

No teste de condutividade elétrica (**Tabela 1**) não foi verificada diferença significativa entre os tratamentos. No envelhecimento acelerado, na ausência da bactéria os valores foram menores, seguindo de um aumento gradativo até a máxima dose testada (**Figura 1E**).

Nas doses de 0 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio a presença da bactéria proporcionou incremento na germinação de sementes após o teste de envelhecimento acelerado (**Tabela 2**). Entretanto no trabalho realizado por Araujo et al. (2014), o vigor determinado pelo envelhecimento acelerado não foi afetado pela inoculação com bactérias diazotróficas.

Algumas pesquisas em trigo têm sugerido que a inoculação com bactérias diazotróficas não substitui o adubo nitrogenado, porém pode promover melhor absorção e utilização do N disponível (Saubidet et al., 2002), desenvolvendo um sistema de produção baseado num conceito de agricultura sustentável.

## CONCLUSÕES

As doses de nitrogênio influenciam linearmente a produtividade do sorgo.

A inoculação de *Azospirillum brasilense* via foliar não incrementa a produtividade, porém há benefício na germinação e vigor das sementes de sorgo, principalmente na ausência de adubação nitrogenada.

## REFERÊNCIAS

AGUIAR L. M. S.; MORAES, A. V. C.; GUIMARÃES, D. P. Cultivo do sorgo. Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de Produção, 2 ISSN 1679-012X. Versão Eletrônica - 3ª edição. 2007. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo/clima.html>>. Acesso em: 20 out. 2014.

ARAUJO, A. E. S.; ROSSETO, C. A. V.; BALDANI, V. L. D. et al. Germinação e vigor de sementes de arroz inoculadas com bactérias diazotróficas. Ciência e Agrotecnologia, 34:932-939, 2010.

ARAUJO, E. O.; VITORINO, A. C. T. A.; MERCANTE, F. M. et al. Qualidade de sementes de milho em resposta à adubação nitrogenada e à inoculação com bactérias diazotróficas. Agrária - Revista Brasileira de Ciências Agrárias, 9:159-165, 2014.

BRASIL. Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009

BURDMAN, S.; OKON, Y.; JURKEVITCH, E. Surface characteristics of *Azospirillum brasilense* in relation to cell aggregation and attachment to plant roots. Critical Reviews in Microbiology, 26:91-110, 2000.

CROZIER, A.; ARRUDA, P.; JASMIM, J. M. et al. Analysis of indole-3-acetic acid and related indóis in culture medium from *Azospirillum lipoferum* and *Azospirillum brasilense*. Applied and Environmental Microbiology, 54:2833-2837, 1988.

DIDONET, A. D.; LIMA, O. S.; CANDATEN, A. A. et al. Realocação de nitrogênio e de biomassa para os grãos em trigo submetidos à inoculação de *Azospirillum*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 35:401-411, 2000.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO. 2010. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=339&lang=en>> p. 2007. Acesso em: 23 out. 2014.

IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa\\_201001\\_5.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa_201001_5.shtm)>. Acesso em: 15/10/2014.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination – aid in selection aid evolution for seedling emergence and vigor. Crop Science, 2:176-177, 1962.

MARCOS FILHO, J. Fisiologia de sementes: de plantas cultivadas. Piracicaba: FEALQ. 2005. 495p.

MARSHALL, H. G.; McDANIEL, M. E.; CREGGER, L. M. Cultural practices for growing oat in the United States. In: MARSHALL, H.G.; SORRELLS, M.E., ed. Oat science and technology. Madison: ASA/CSSA, 1992. p.191-221. (Agronomy, 33)

SAUBIDET, M. I.; FATTA, N.; BARNEIX, A. J. The effect of inoculation with *Azospirillum brasilense* on growth and nitrogen utilization by wheat plants. Plant and Soil, 245:215-222, 2002.

SILVA, P. C. S. & LOVATO, C. Análise de crescimento e rendimento em sorgo granífero em diferentes manejos com nitrogênio. Revista da FZVA, 15:15-33, 2008.

VON PINHO, R. G.; CANEDO RIVERA, A. A.; BRITO, A. H. et al. Avaliação agrônômica do cultivo de milho em diferentes níveis de investimento. Ciência e agrotecnologia, 33:9-46, 2009.



**Tabela 1** – Produtividade (P), massa de 1000 grãos (M1000), primeira contagem de germinação (PCG), germinação (G), emergência (EM), índice de velocidade de emergência (IVE), condutividade elétrica (CE) e envelhecimento acelerado (EA) em função de doses de nitrogênio associada à ausência e presença da aplicação foliar de *A. brasilense*.

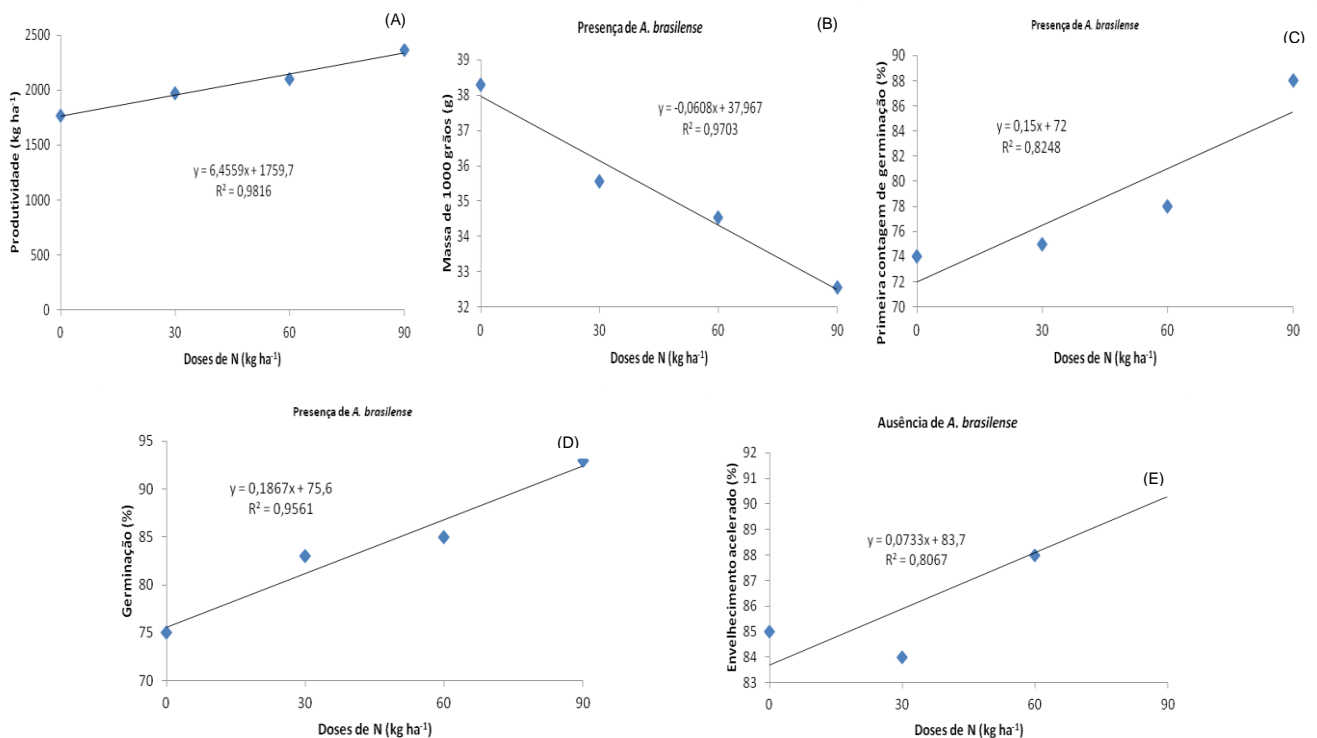
Doses de N (D) (kg ha <sup>-1</sup> )	P (kg ha <sup>-1</sup> )	M1000 (g)	PCG (%)	G (%)	EM (%)	IVE -	CE (μS.cm <sup>-1</sup> .g <sup>-1</sup> )	EA (%)
0	1764,54	38,29	74	78	75	10,44	13,87	85
30	1970,85	35,55	75	83	79	11,20	14,49	84
60	2097,53	34,54	78	85	78	11,31	15,66	88
90	2367,90	32,55	88	93	77	10,81	15,06	91
<i>Azospirillum</i> (A)								
Ausência	1917,37a	34,69 b	76	84	71 b	10,80 b	14,58 a	85
Presença	2183,05a	35,77 a	75	86	83 a	11,80 a	14,96 a	88
F(D)	8,34	23,76*	16,04*	9,28*	0,38 <sup>ns</sup>	1,05 <sup>ns</sup>	1,33 <sup>ns</sup>	3,62*
F(A)	1,48 <sup>ns</sup>	4,86*	0,03 <sup>ns</sup>	1,71 <sup>ns</sup>	15,78*	20,09*	0,32 <sup>ns</sup>	5,16*
F(D*A)	0,13 <sup>ns</sup>	1,21 <sup>ns</sup>	6,98*	7,44*	2,43 <sup>ns</sup>	2,01 <sup>ns</sup>	1,32 <sup>ns</sup>	4,70*
CV (%)	30,07	3,94	7,87	6,32	11,10	9,95	8,98	5,20

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. <sup>ns</sup> – não significativo

**Tabela 2** - Desdobramento da interação entre doses de nitrogênio em cobertura associada a ausência e presença da aplicação foliar de *A. brasilense* na primeira contagem de germinação (PCG), germinação e envelhecimento acelerado (EA), em porcentagem, de sementes de sorgo.

	Doses de nitrogênio (kg ha <sup>-1</sup> )							
	0		30		60		90	
	Ausência	Presença	Ausência	Presença	Ausência	Presença	Ausência	Presença
PCG	66,50 b	80,50 a	79,50 a	70,00 b	72,50 a	63,50 b	86,50 a	89,60 a
G	79,50 b	96,50 a	86,50 a	79,00 a	80,00 a	78,50 a	91,50 a	93,50 a
EA	79,50 b	90,50 a	84,50 a	83,00 a	84,00 b	92,00 a	92,00 a	89,00 a

\*Médias seguidas de mesma letra, dentro de ausência e presença na linha, dentro de cada dose não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



**Figura 1** – Produtividade (A), massa de 1000 grãos (B), primeira contagem de germinação (C), germinação (D) e envelhecimento acelerado (E) de sorgo em função de doses de nitrogênio.