

**Scientific Electronic Archives**

Issue ID: Sci. Elec. Arch. Vol. 13 (7)

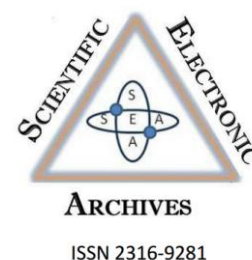
July 2020

DOI: <http://dx.doi.org/10.36560/13720201163>

Article link

<http://sea.ufr.edu.br/index.php?journal=SEA&page=article&op=view&path%5B%5D=1163&path%5B%5D=pdf>

Included in DOAJ, AGRIS, Latindex, Journal TOCs, CORE, Discoursio Open Science, Science Gate, GFAR, CIARDRING, Academic Journals Database and NTHRYS Technologies, Portal de Periódicos CAPES, CrossRef



## Desempenho agrônomo do milho safrinha em resposta a doses de nitrogênio combinadas com inoculante biológico em Mato Grosso

### Agronomic performance of off-season maize crop in response to nitrogen doses combined with biological inoculant in Mato Grosso

K. B. Carmo<sup>I</sup>; G. C. M. Berber<sup>II</sup>; M. L. B. Bourscheidt<sup>III</sup>; M. N. Garcia<sup>IV</sup>; A. F. Silva<sup>V</sup>; A. Ferreira<sup>VI</sup>

<sup>I</sup> Universidade Federal de Mato Grosso - Campus Cuiabá

<sup>II</sup> Universidade Federal de Rondonópolis

<sup>III</sup> Universidade Federal de Mato Grosso - Campus Sinop

<sup>IV</sup> Instituto de Pesquisas da Amazônia

<sup>V</sup> Embrapa Milho e Sorgo

<sup>VI</sup> Embrapa Agrossilvipastoril

Author for correspondence: [anderson.ferreira@embrapa.br](mailto:anderson.ferreira@embrapa.br)

**Resumo.** O alto preço do adubo nitrogenado é um fator agravante para o custo de produção do milho safrinha e seu uso pode acarretar impactos negativos ao ambiente. Bactérias diazotróficas possuem a capacidade de se associarem com diferentes espécies vegetais e fornecer nitrogênio fixado do ar. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho agrônomo de milho safrinha inoculado com *Azospirillum brasilense* e cultivado com doses de nitrogênio no estado de Mato Grosso. O experimento foi dimensionado e reproduzido a campo com seis tratamentos: 42 kg N ha<sup>-1</sup> com inoculante; 31,5 kg N ha<sup>-1</sup> com inoculante; 21 kg N ha<sup>-1</sup> com inoculante; 0 kg de N com inoculante; 0 kg de N sem inoculante; 42 kg N ha<sup>-1</sup> sem inoculante. O inoculante testado continha duas estirpes de *A. brasilense*. Foram avaliadas nove variáveis após a colheita e os dados foram submetidos ao teste de Kruskal-Wallis ( $p \leq 0,01$ ). As variáveis produtividade, número de fileiras de grãos por espiga, número de grãos por fileira, diâmetro de espiga, peso da espiga e peso do sabugo responderam positivamente a inoculação em conjunto com 42 Kg de N. As variáveis massa de mil grãos, peso da palha e diâmetro do sabugo não variaram de acordo com os tratamentos. A produtividade nos tratamentos com inoculante suplementados com doses de N reduzidas foi igual a maior dose de N sem inoculante. Esses resultados indicaram que a aplicação de inoculantes com doses de nitrogênio reduzidas pode ser uma alternativa para a redução do uso de adubo nitrogenado sem redução da produtividade de milho na safrinha naquelas condições edafoclimáticas e pacote tecnológico em Mato Grosso.

**Palavras-chave:** *Azospirillum brasilense*; adubo nitrogenado, fixador de nitrogênio, bactérias diazotróficas, agricultura sustentável.

**Abstract.** The high price of nitrogen fertilizer is an aggravating factor for the corn production costs in the out season and its use may be lead environmental damages. Diazotrophic bacteria have the ability to associate with different plant species and nitrogen supply. Thus, the objective of this study was to evaluate the agronomic performance of winter maize inoculated with *Azospirillum brasilense* grown with nitrogen levels in the state of Mato Grosso. The experiment was carried out and scaled the field with six treatments: 42 kg N ha<sup>-1</sup> with inoculant; 31.5 kg N ha<sup>-1</sup> with inoculant; 21 kg N ha<sup>-1</sup> with inoculant; 0 kg N with inoculant; 0 kg N without inoculation; 42 kg N ha<sup>-1</sup> without inoculation. The inoculant tested contained two strains of *A. brasilense*. Nine variables were evaluated after harvest and the data were assessed by Kruskal-Wallis test ( $p \leq 0.01$ ) test. The variables productivity, number of rows of grains of corn, number of kernels per row, diameter spike, spike weight and weight of the cob responded positively to inoculation with 42 Kg of N. The variables mass of thousand grains, diameter of cob and weight of straw did not change according to the treatments. The productivity in the treatments with reduced N doses was equal to high N doses without inoculation. These results indicated that the application of inoculants with reduced nitrogen doses can be an alternative to reduce the use of nitrogen fertilizer without reducing the productivity of corn in the off-season, in those edaphoclimatic conditions and technological package.

**Keywords:** *Azospirillum brasilense*, nitrogen fertilizer, nitrogen fixation, diazotrophic bacteria, sustainable agriculture.

## Introdução

O termo milho safrinha, referente à semeadura em época tardia e sob condições climáticas desfavoráveis, se tornou componente fundamental da cadeia produtiva de grãos no Brasil. Segundo Fuschter (2019) essa cultura exige grandes quantidades de nutrientes, principalmente de nitrogênio e usualmente requer o uso de adubação nitrogenada para complementar a quantidade que fica no solo após o cultivo de soja, cultura mais utilizada como antecessora. A produtividade do milho é o resultado de vários fatores integrados, sendo que a massa de grãos e o número de grãos por planta e por unidade de área são os componentes mais importantes na predição do rendimento da cultura. A obtenção de maior número de grãos possível é função da população e do número de espigas por planta (prolificidade) e por área (FANCELLI & DOURADO NETO, 2000).

Na safra de 2018/19 a produção nacional do grão foi de 29,37 milhões de toneladas, cultivados em 4,74 milhões de hectares, alcançando produtividade média de 103,23 kg/ha (CONAB, 2019). Entretanto, para manter a elevada produção e produtividade, a dependência por insumos químicos no Brasil é notória. Em 2009, foram gastos US\$ 25,8 bilhões com a importação de fertilizantes, sendo 1,94 milhões de toneladas referente a uréia, resultado advindo da baixa produção nacional de insumos nitrogenados, o qual corresponde somente a 25 % precisando importar do restante de N. Em Mato Grosso, estado de maior produção nacional de grãos, o custo médio de produção de milho na safra de 2018/19 foi de 2.699,59 R\$/ha, sendo que deste total o componente fertilizante representa 18,44%, tornando o ganho econômico do milho safrinha suscetível ao custo com fertilizantes (IMEA, 2019).

Uma alternativa para a redução no uso de fertilizantes nitrogenados é a fixação biológica de nitrogênio (FBN). Esse processo compreende diversos grupos filogenéticos bacterianos, denominados diazotróficos, caracterizados por conterem a enzima nitrogenase, responsável por catalisar o N atmosférico (N<sub>2</sub>) e reduzi-lo até amônia, disponibilizando formas de N que são absorvidas pelas plantas (NUNES et al., 2003; BASHAN et al., 2004; FRANCHE et al., 2009; SANTI et al., 2013).

Dentre a diversidade de bactérias dizotróficas, as pertencentes ao gênero *Azospirillum* da classe *Alphaproteobacteria*, são comumente encontradas habitando as raízes de gramíneas e tem demonstrado resultados satisfatórios em suprir parcialmente ou totalmente a adubação nitrogenada (HUNGRIA et al., 2010; ARAÚJO et al., 2014). Entretanto, alguns trabalhos tem demonstrado que a inoculação de FBN não incrementa a produtividade nem tanto contribui para a redução do uso de fertilizantes nitrogenados (LANA et al., 2012; REPKE et al., 2013).

Considerando que em média somente 50 % do N aplicado no solo é aproveitado pelas plantas, o restante não absorvido torna-se um contaminante

para o meio ambiente, através da lixiviação, desnitrificação e volatilização, afetando a sustentabilidade do sistema agrícola (GREENLAND, 1975; ALVES et al., 2006; SAIKIA & JAIN, 2007).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho agrônomo de milho safrinha inoculado com *Azospirillum brasilense* cultivado sob diferentes doses de nitrogênio no estado de Mato Grosso.

## Métodos

O estudo foi realizado em uma fazenda, localizada no município Sorriso, MT, no ano agrícola 2012 no período de 18 de fevereiro a 15 de julho. O delineamento experimental adotado foi em faixas compostas por seis tratamentos e três repetições não casualizadas. As faixas possuíram dimensão de 48 m x 1200 m, distanciando 12 m entre si. A área útil de cada parcela correspondeu as duas linhas centrais, eliminando 0,5 m nas extremidades de cada linha. O experimento foi dimensionado considerando os implementos agrícolas disponíveis na propriedade, a fim de reproduzir as condições reais de uso do inoculante no campo.

Foram realizados seis tratamentos, testando diferentes doses de N na presença e ausência de inoculante: 100N+I (100% da dose de N (42 kg de N ha<sup>-1</sup>) com inoculante); 75N+I (75 % da dose de N (31,5 kg de N ha<sup>-1</sup>) com inoculante); 50N+I (50 % da dose de N (21 kg de N ha<sup>-1</sup>) com inoculante); 0N+I (0 kg de N com inoculante); 0N-I (0 kg de N sem inoculante); 100N-I (100% da dose de N (42 kg de N ha<sup>-1</sup>) sem inoculante).

O inoculante testado foi produto comercial contendo duas estirpes de *Azospirillum brasilense* (Abv5 e Abv6), na concentração mínima de 2,0 x 10<sup>8</sup> Unidades Formadoras de Colônia mL<sup>-1</sup>. A dose utilizada seguiu as recomendação do fabricante e, 100 mL para cada 25 kg de sementes de milho. A semeadura da cultura ocorreu em esquema de plantio direto, sobre restos culturais da soja cultivada na safra anterior do mesmo ano.

A adubação do milho safrinha foi realizada em cobertura, 80 kg de cloreto de potássio para todos os tratamentos e como fonte de N foi utilizado sulfato de amônio. Utilizou-se o híbrido triplo de milho BG 7049 H no espaçamento de 0,5 m entre linhas e população de 60.000 plantas por hectare.

Para avaliação das características agrônômicas, as faixas foram divididas em três parcelas onde foram coletadas as espigas de todas as plantas em 10 m lineares de duas linhas centrais. O material coletado foi levado para o laboratório de preparo de amostras da Embrapa Agrossilvipastoril, onde foram retiradas 5 espigas de cada parcela para a determinação dos seguintes características agrônômicas: a) número de fileiras de grãos por espiga; b) número de grãos por fileira; c) diâmetro de espiga, no terço médio; d) peso da espiga; e) peso do sabugo; f) massa de mil grãos. A produtividade foi determinada com base na produção da área útil, 20 metros lineares de cada parcela, onde os dados foram transformados em kg

ha<sup>-1</sup>, corrigindo o teor de umidade dos grãos para 13%.

O delineamento experimental adotado foi factível com área do produtor, na tentativa de reproduzir ao máximo a condição real de produção. O experimento em faixas realizado nesse estudo não atendeu as premissas básicas da análise de variância. Nesse caso, os dados foram analisados de forma não paramétrica utilizando o teste de Kruskal-Wallis ( $p \leq 0,05$ ) no programa ASSISTAT (versão 7.7 beta).

## Resultados e discussão

Dentre os nove componentes agrônômicos de produção avaliados, oito responderam significativamente aos tratamentos e sete variáveis apresentaram maiores médias para o tratamento 100N+I. Os componentes peso de espiga (g), peso do sabugo (g) e diâmetro de espiga (mm) mostraram maiores médias sob o tratamento 100N+I (figura 1). Para essas variáveis, as menores médias foram observadas sob os tratamentos sem a combinação de doses nitrogenadas com inoculante, 100N-I, 0N+I e 0N-I. Corroborando com nossos resultados, ARAÚJO et al. (2014) encontraram menores médias para tratamentos isolados, ou seja, inoculante e doses de nitrogênio para milho verde (híbrido AG1051) e maiores médias quando inoculados com *Azospirillum brasilense* (estirpes Abv5 e Abv6) combinados com maior dose de N (80 kg N ha<sup>-1</sup>). Deste modo, fica evidente que o inoculante testado apresenta potencial como fixador de N para cultura do milho, em clima tropical, como para a região Norte de Mato Grosso.

A baixa resposta observada no tratamento 100N-I pode estar relacionada as possíveis perdas significativas do N por volatilização da amônia e pela imobilização do N na matéria orgânica (ALVES et al., 2006). Já, a baixa resposta unicamente do tratamento somente com inoculação (0N+I), pode estar relacionada ao fato de que essa seria a fonte exclusiva de N, podendo não ser capaz de fixar biologicamente a quantidade necessária de N para alcançar ótimo desenvolvimento agrônômico de plantas não-leguminosas (BALDANI et al., 1999; MOREIRA et al., 2013). Entretanto, esta condição não foi observada para resultados de REPKE et al. (2013), onde apenas encontraram efeito isolado para doses de nitrogênio, afirmando que o uso de inoculante *Azospirillum brasilense* no híbrido 2B587 Hx de milho, não substitui o uso de fertilizantes nitrogenados e tampouco permite sua redução de dose. Essas divergências de resultados entre os trabalhos poderia ser explicada pela interação entre o híbrido de milho e a bactéria, pois cada trabalho citado aqui usou um híbrido diferente. Adicionalmente, os locais de realização dos experimentos também são contrastantes.

Em relação as variáveis, número de grãos por fileiras por espiga e número de fileiras por espiga, as mesmas apresentaram maiores médias sob tratamento 100N+I e a massa de mil grãos (g) não diferiu entre os tratamentos (Figura 2). Para o peso

da palha a maior média observada foi no tratamento 75N+I (20,2 g), diferindo estatisticamente do tratamento 0N-I (14,97 g). Em contrapartida, NOVAKOWSKI et al. (2011) observaram que a inoculação de *A. brasilense* (cepa BR 11005 -Sp 245) em cultura de milho em sucessão com a pastagem de aveia preta (*Avena strigosa* L.) e azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) ocupada por bovinos de corte em sistema de pastejo contínuo, apresentou para massa de mil grãos valor inferior à adubação nitrogenada, mas superior ao controle.

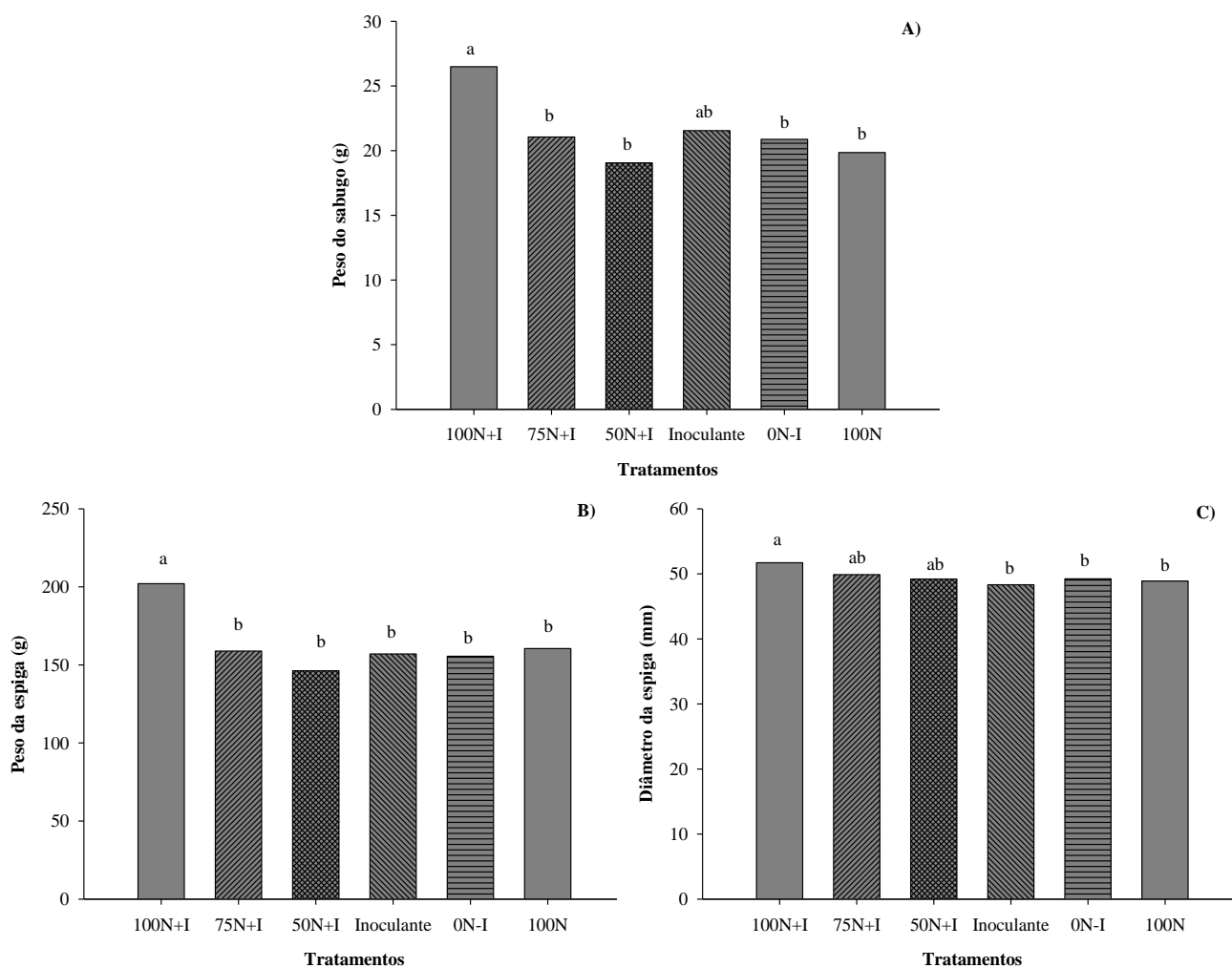
Para a produtividade, ou produção de grãos, de milho safrinha houve resultado mais elevado para 100N+I com média de 7.140 kg ha<sup>-1</sup>, obtendo menor valor para o tratamento 0N-I (4.377 kg ha<sup>-1</sup>) e intermediário para os demais tratamentos como mostrado na figura 3. HUNGRIA et al. (2010) observaram que a maior produtividade em milho e trigo em resposta aos inoculantes *A. brasilense* e *A. lipoferum* contribuíram com a melhor absorção tanto de macro como de micronutrientes pelas plantas, enfatizando que a presença destes microrganismos no sistema não é importante somente pela fixação biológica de N. Outros autores tem relatado na literatura sobre a produção e secreção de substâncias, as quais funcionam como sinal e componentes para promover o crescimento vegetal (PALDI et al, 2011, MOREIRA et al., 2012).

Todavia, o resultado de LANA et al. (2012) apresentou a redução de produtividade e biomassa seca de milho (híbrido AG 6018 YG) quando associado com o inoculante, *Azospirillum brasilense* (AZ39) e adubação nitrogenada. Esse resultado, pode ter diferido dos obtidos aqui devido as condições climáticas, local, genótipo da cultura agrícola, assim como as estirpes presentes no inoculante. MONTAÑEZ & SICARDI (2013) concluíram que a escolha da estirpe bacteriana e do hospedeiro são fundamentais para o sucesso da fixação biológica em diferentes condições. Além disso, o desempenho do inoculante no campo pode ser comprometido por diversos fatores, dentre eles a aplicação do N fertilizante na semeadura, aspectos nutricionais do solo, o tratamento das sementes com agrotóxicos, viabilidade das bactérias na semente, entre outros fatores (MOREIRA et al., 2010).

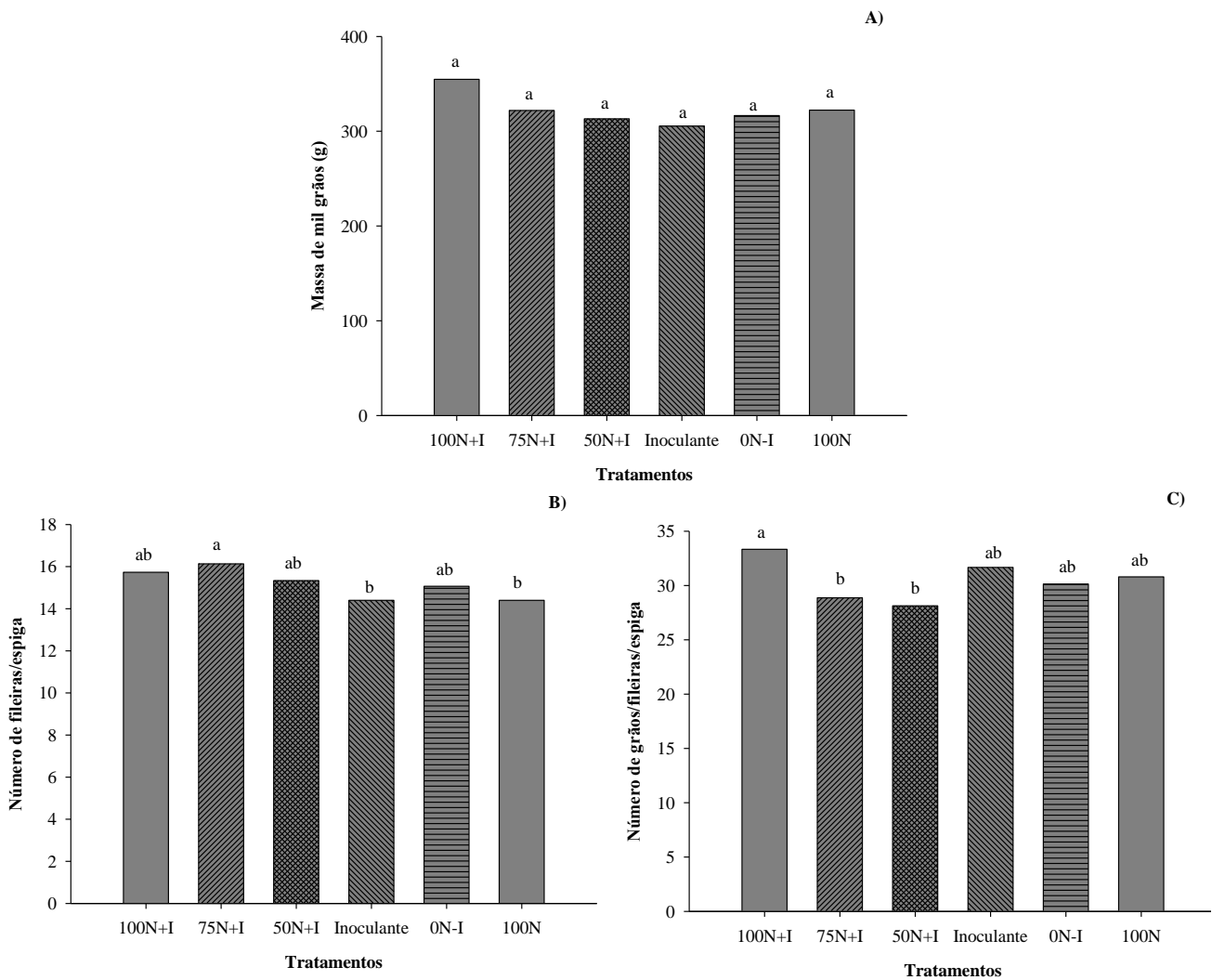
Contudo neste trabalho, o fato da combinação das menores doses nitrogenadas com o inoculante não terem apresentado os melhores resultados, ainda permaneceram com valores intermediários na maioria das variáveis avaliadas. Para obter incrementos médios no rendimento de grãos, a eficiência do uso de inoculantes em culturas agrícolas é alcançada quando passa a ser incorporada anualmente no sistema (HUNGRIA et al. 2007). O principal intuito de validar o uso de inoculantes fixadores de nitrogênio no sistema agrícola brasileiro, é reduzir o uso de fertilizante nitrogenados, em vista do seu elevado custo, dos possíveis impactos negativos na produção alimentar e na qualidade ambiental (HERRIDGE et al, 2008). Contudo, o uso de inoculantes, mesmo diante da

menor ou igual produtividade de grãos comparada com adubos nitrogenados, é primordial continuar a validar essa alternativa pela busca de uma atividade agrícola sustentável (OLIVARES et al, 2013; TIKHONOVICH & PROVOROV, 2011). Como relatado em HUNGRIA et al. (2010), a economia advinda da redução em 50 % do uso de N no Brasil pela inoculação do *Azospirillum* em milho e trigo, seria de 1.2 bilhões de dólares por ano. À vista disso, as espécies bacterianas do gênero *Azospirillum* testado neste trabalho não podem ser descartadas diante do potencial em responder ao objetivo de diminuir o uso de fertilizante nitrogenados em plantas não-leguminosas, pois os

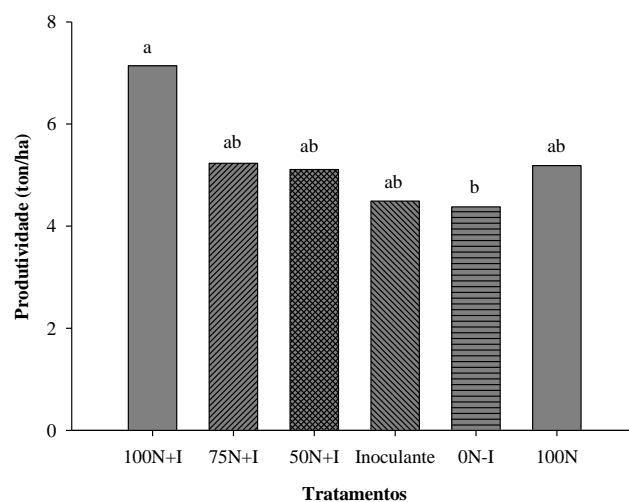
resultados mostraram que as doses reduzidas de N, mesmo não sendo as com maiores médias para a produtividade do milho safrinha, não diferiram do tratamento adubado com 100N-I, tornando um ótimo indicio de que somente a adubação nitrogenada não é satisfatoriamente viável economicamente. Além disso, é necessário considerar os aspectos climáticos da região Norte do estado de Mato Grosso, a procedência das duas estirpes contidas no produto comercial são provenientes de outro nicho ecológico e o fato da cultura do milho ser uma espécie exótica, dificultando a adaptação compatível dos microrganismos neste habitat e com a espécie vegetal.



**Figura 1.** Características agrônômicas, A) peso do sabugo, B) peso da espiga e C) Diâmetro da espiga, do milho safrinha inoculado com *Azospirillum brasilense* cultivado sob diferentes doses de nitrogênio. Mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Kruskal-Wallis ( $p \leq 0,01$ ). Tratamentos: 100N+I (42 kg/ha com inoculante); 75N+I (31,5 kg/ha com inoculante); 50N+I (21 kg/ha com inoculante); Inoculante (0 kg de N com inoculante); 0N-I (0 kg de N sem inoculante); 100N-I (42 kg/ha sem inoculante).



**Figura 2.** Características agrônômicas, A) massa de mil grãos, B) número de fileiras por espiga e C) número de grãos por fileiras por espiga, do milho safrinha inoculado com *Azospirillum brasilense* cultivado sob diferentes doses de nitrogênio. Mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Kruskal-Wallis ( $p \leq 0,01$ ). Tratamentos: 100N+I (42 kg/ha com inoculante); 75N+I (31,5 kg/ha com inoculante); 50N+I (21 kg/ha com inoculante); Inoculante (0 kg de N com inoculante); 0N-I (0 kg de N sem inoculante); 100N-I (42 kg/ha sem inoculante).



**Figura 3.** Produtividade de milho safrinha inoculado com *Azospirillum brasilense* cultivado sob diferentes doses de nitrogênio. Mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Kruskal-Wallis ( $p \leq 0,01$ ). Tratamentos: 100N+I (42 kg de N com inoculante); 75N+I (31,5 kg de N com inoculante); 50N+I (21 kg de N com inoculante); Inoculante (0 kg de N com inoculante); 0N-I (0 kg de N sem inoculante); 100N-I (42 kg de N sem inoculante).

## Conclusão

O uso do inoculante *Azospirillum brasilense* (estirpes Abv5 e Abv6) para a região Norte de Mato Grosso apresentou maior produtividade quando associado a maior dose de N (100N+I); A redução de 25% da dose de N e uso de *A. brasilense* apresentou produtividade igual a maior dose de N sem *A. brasilense* (100N-I); A suplementação da dose de N com *A. brasilense* para o milho safrinha pode ser uma estratégia eficiente para redução do uso de adubos nitrogenados naquela cultura; Nesse sentido, o uso de *A. brasilense* pode ser uma alternativa o agricultor na obtenção de maior lucro diante da economia com adubo nitrogenado, observando-se as condições edafoclimáticas na qual o experimento foi desenvolvido.

## Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa a primeira autora. A fazenda Leonel e ao Eng Agrônomo Junior Ferla pelo suporte técnico na condução das atividades campo; A empresa Novozymes pelo fornecimento do inoculante; A Aprosoja pelo apoio na condução das atividades; A Embrapa Agrossilvipastoril pelo apoio na condução das atividades.

## Referências

ALVES, B.J.R. et al. Fixação biológica de nitrogênio e fertilizantes nitrogenados no balanço de nitrogênio em soja, milho e algodão. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v. 41, n. 3, p.449-456, 2006.

ARAÚJO, R.M. et al. Resposta do milho verde à inoculação com *Azospirillum brasilense* e níveis de nitrogênio. Ciência Rural, Santa Maria, Online, ISSN 0103-8478.

BALDANI, J.L. et al. Fixação biológica de nitrogênio em gramíneas: avanços e aplicações. In: SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; LOPES, A.S.; CARVALHO, J.G. eds. Inter-relações fertilidade, biologia e nutrição de plantas. Viçosa, SBCS/UFLA/DCS, 1999. 621-666p.

BASHAN, Y. et al. *Azospirillum*-plant relationships: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). Canadian Journal of Microbiology, v. 50, n. 8, p.521-577, 2004.

FUSCHTER, K.O. Relação entre épocas de sementeira e grupos de maturação de cultivares de soja na viabilidade técnica e econômica do milho safrinha no sul do Brasil. Repositório institucional da Universidade do Paraná, Paraná, 2020.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos – 2018/2019, n.11 – Décimo Primeiro Levantamento, Brasília, ago. 2014. Capturado em 3

set. 2014. Disponível na internet: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=2>.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. Ecofisiologia e fenologia. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Produção de milho. Guaíba: Agropecuária, p. 21-54, 2000.

FRANCHE, C. et al. Nitrogen-fixing bacteria associated with leguminous and non-leguminous plants. Plant and Soil, v. 321, p.35–59, 2009.

GREENLAND, D.J. Bringing the green revolution to the shifting cultivator. Science, v. 190, p.841-844, 1975.

HERRIDGE, D.F et al. Global inputs of biological nitrogen fixation in agricultural systems. Plant Soil, v. 311, p.1–18, 2008.

HUNGRIA, M. et al. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. Plant and Soil, v. 331, p.413-425, 2010.

HUNGRIA, M.; Campo, R.J. Inoculantes microbianos: situação no Brasil. In: Izaguirre-Mayoral ML, Labandera C, Sanjuan J (eds) Biofertilizantes en Iberoamérica: visión técnica, científica y empresarial. Cyted/Biofag, Montevideo, pp 22–31, 2007.

IMEA. Custo de Produção de Milho Safra 12/13. Capturado em 4 set. 2014. Disponível na internet: [http://www.imea.com.br/upload/publicacoes/arquivos/R410\\_2012\\_12\\_CPMilho.pdf](http://www.imea.com.br/upload/publicacoes/arquivos/R410_2012_12_CPMilho.pdf).

LANA, M.C. et al. Inoculation with *Azospirillum*, associated with nitrogen fertilization in maize. Revista Ceres, Viçosa, v. 59, n. 3, p.399-405, 2012.

MONTAÑEZ, A.; SICARDI, M. Effects of inoculation on growth promotion and biological nitrogen fixation in maize (*Zea mays* L.) under greenhouse and field conditions. Basic Research Journal of Agricultural Science and Review, v. 2, n. 4, p.102-110, 2013.

MOREIRA, F.M.S. et al. Bactérias diazotróficas associativas: diversidade, ecologia e potencial de aplicações. Comunicata Scientiae, v. 1, n.2, p.74-99, 2010.

MOREIRA, F.T.A. et al. Ocorrência de bactérias do gênero *Azospirillum* spp. associadas a gramíneas forrageiras no semiárido nordestino. Holos, ano 29, v. 3, p. 205-209, 2013.

NOVAKOWISKI, J.H. et al. Efeito residual da adubação nitrogenada e inoculação de *Azospirillum brasilense* na cultura do milho. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 32, suplemento 1, p.1687-1698, 2011.

NUNES, F.S. et al. Fixação de nitrogênio: estrutura, função e modelagem bioinorgânica das nitrogenases. *Química Nova*, v. 26, n. 6, p.872-879, 2003.

OLIVARES, J. et al. Biological Nitrogen Fixation in the Context of Global Change. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, v. 26, n. 5, p.486–494, 2013.

PALDI, S.F. et al. Key physiological properties contributing to rhizosphere adaptation and plant growth promotion abilities of *Azospirillum brasilense*. *Federation of European Microbiological Societies, Microbiology Letters*, v. 326, p.99–108, 2012.

REPKE, R.A. et al. Eficiência da *Azospirillum brasilense* combinada com doses de nitrogênio no

desenvolvimento de plantas de milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v. 12, n. 3, p.214-226, 2013.

SAIKIA, S.P.; JAIN, V. Biological nitrogen fixation with non-legumes: an achievable Target or a dogma? *Current Science, Bangalore*. v. 92, n. 3, p. 317-322, 2007.

SANTI, C. et al. Biological nitrogen fixation in non-legume plants. *Annals of Botany*, v. 111, p.743–767, 2013.

TIKHONOVICH I.A.; PROVOROV, N.A. Microbiology is the basis of sustainable agriculture: an opinion. *Annals of Applied Biology*, v. 159, p.155–168, 2011.