

APLICAÇÃO FOLIAR DE *Azospirillum brasilense* E DOSES DE NITROGÊNIO EM COBERTURA NO MILHO SAFRINHA

Claudinei Kappes^{1*}; Rayane Gabriel da Silva²; Vinícius Eduardo Nunes Ferreira³

SAP 14550 Data envio: 26/06/2016 Data do aceite: 07/06/2017

Sci. Agrar. Parana., Marechal Cândido Rondon, v. 16, n. 3, jul./set., p. 366-373, 2017

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho agrônomo do milho safrinha em função da aplicação foliar de *Azospirillum brasilense* e de doses de N em cobertura. A pesquisa foi conduzida na Estação Experimental da Fundação MT (17° 09' S, 54° 45' W e 490 m de altitude), em Itiquira, MT, na safrinha de 2013, num LATOSSOLO VERMELHO Distrófico muito argiloso. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com os tratamentos dispostos em esquema fatorial 2 x 5 (com e sem aplicação de *A. brasilense* x doses de N em cobertura: 0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹, via ureia). A aplicação do inoculante e do N foram realizadas quando as plantas se apresentavam em V5. A semeadura do híbrido Dow 2B587 Hx foi realizada no dia 22/02/2013. Mensurou-se população final, prolificidade, diâmetro de colmo, altura de planta, massa de mil grãos e produtividade de grãos. Os resultados foram submetidos ao teste F, ajustando-se modelos de equações pela análise de regressão para doses de N. A aplicação de *A. brasilense* não proporcionou resultados benéficos à cultura do milho. O aumento nas doses de N resultou em incremento linear no diâmetro de colmo e na produtividade de grãos.

Palavras-chave: adubação nitrogenada, fixação biológica, produtividade de grãos, *Zea mays*.

FOLIAR APPLICATION OF *Azospirillum brasilense* AND NITROGEN ON MAIZE OFF-SEASON

ABSTRACT - The aim of this study was to evaluate the agronomic performance of maize off-season under foliar application of *Azospirillum brasilense* and N rates. The research was conducted at the Experimental Station of the MT Foundation (17° 09' S, 54° 45' W and altitude of 490 m) in Itiquira, Mato Grosso State, Brazil, in the off-season of 2013, on a clayey Rhodic Haplustox. The experimental design was in randomized blocks with treatments in a 2 x 5 factorial arrangement (with and without the application of *A. brasilense* x application of N rates: 0, 30, 60, 90 and 120 kg ha⁻¹, as urea). The applications of inoculant and N were done in the V5 stage. The sowing of hybrid Dow 2B587 Hx was held on 02/22/2013. Final plant population, prolificacy, stem diameter, plant height, thousand grain weight and grain yield were measured. The data were analyzed using the F test and regression equations were adjusted for N rates. The application of *A. brasilense* did not influence positively the maize performance. The increase in N rates resulted in a linear increase in the stem diameter and grain yield.

Key words: nitrogen fertilization, biological fixation, grain yield, *Zea mays*.

INTRODUÇÃO

A adubação nitrogenada no milho é de grande importância, pois o nitrogênio (N) é absorvido em grandes quantidades e um dos nutrientes que apresenta os maiores efeitos no aumento da produtividade de grãos da cultura. O N possui papel fundamental no metabolismo vegetal por participar diretamente na biossíntese de proteínas e clorofilas que, direta e indiretamente, influenciam na formação de grãos das plantas (FERNANDES et al., 2008). No entanto, encontra-se em quantidades insuficientes na maioria dos solos brasileiros, demandando uma fertilização em doses adequadas para garantir o desenvolvimento e produtividade do milho, além de que, o

seu manejo incorreto é o que mais interfere na produtividade e mais onera no custo de produção.

Tendo em vista a crescente demanda por fertilizantes nitrogenados, a preocupação com a contaminação ambiental, a busca por práticas alternativas que visem a redução na aplicação e o aumento de sua eficiência, torna-se necessário o suprimento de N via fixação biológica. Em gramíneas, o processo de fixação biológica do N atmosférico é realizado por um grupo restrito de bactérias, denominadas diazotróficas (DÓBEREINER et al., 1995). Dentre estas, as do gênero *Azospirillum*, principalmente a espécie *A. brasilense*, tem sido usada como inoculante na cultura do milho. A interação positiva entre estas bactérias e o milho tem sido

¹Engenheiro Agrônomo, Dr., Pesquisador da Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária de Mato Grosso (Fundação MT), Av. Antônio Teixeira dos Santos 1559, Parque Universitário, CEP 78750-360, Rondonópolis, Mato Grosso, Brasil. E-mail: claudineikappes@fundacaomt.com.br. *Autor para correspondência

²Engenheira Agrônoma, Assistente de Pesquisa, Associação dos Produtores de Sementes de Mato Grosso (Aprosmat), Rua dos Andradas 688, Vila Goulart, CEP 78745-420, Rondonópolis, Mato Grosso, Brasil. E-mail: rayane.agro@gmail.com

³Engenheiro Agrônomo, Analista de Pesquisa, Tropical Melhoramento & Genética (TMG), Av. Ary Coelho, Jardim Esmeralda, CEP 78705-854, Rondonópolis, Mato Grosso, Brasil. E-mail: viniciusferreira@tmg.agr.br

demonstrada por vários autores. Levantamentos de diversos experimentos realizados no Brasil demonstram incrementos na produtividade de grãos de milho com o uso da inoculação com *Azospirillum* spp. (HUNGRIA et al., 2010; FRANCISCO et al., 2012; KAPPES et al., 2013b; PORTUGAL et al., 2013).

Embora haja diversos resultados de pesquisas demonstrando a eficácia agrônômica no uso de *A. brasilense* na cultura do milho, não se tem uma adoção expressiva desta prática pelos produtores. A principal barreira à utilização do *Azospirillum* no milho tem sido a inconsistência dos resultados de pesquisas, que podem variar de acordo com a cultivar e/ou híbrido; as condições edafoclimáticas (BARTCHECHEN et al., 2010); devido a competição dessas bactérias com estirpes nativas; e às condições heterogêneas dos solos nos quais a bactéria é exposta. São aspectos que demonstram a importância e justificam a realização de ensaios de campo para o melhor entendimento agrônômico sobre a utilização de *Azospirillum* na cultura do milho.

Sabe-se, ainda, que existem interações entre o N e as bactérias diazotróficas na assimilação e utilização desse nutriente pelas plantas. Ferreira et al. (1987) observaram que bactérias do gênero *Azospirillum* podem atuar no crescimento vegetal por meio da redução do nitrato nas raízes das plantas. Desse modo, as plantas não gastariam energia para reduzir o nitrato até amônia e essa energia poderia ser canalizada para outros processos vitais. O conhecimento desta interação pode constituir estratégia importante e contribuir com informações valiosas no que se refere à redução de aplicação de fertilizantes nitrogenados, redução de custos na semeadura e menor contaminação do lençol freático por compostos nitrogenados (KAPPES et al., 2013b). O uso do N atmosférico fixado através de bactérias diazotróficas seria uma prática para amenizar tais problemas.

O inoculante, contendo estirpes de *A. brasilense*, pode ser aplicado no milho em três modalidades: (i) via inoculação das sementes; (ii) no sulco de semeadura; e (iii) via foliar. No Brasil, a maioria das pesquisas tem sido realizada via inoculação das sementes. Devido à incompatibilidade de *A. brasilense* com os produtos químicos comumente utilizados no tratamento de sementes, para contornar este problema, uma alternativa adotada pelos produtores tem sido a aplicação do inoculante via foliar. Por outro lado, pouco se conhece sobre a eficácia agrônômica das situações nas quais este produto, contendo estirpes de *A. brasilense*, é aplicado via folha na cultura do milho.

Desta forma, diante da escassez de informações e tendo-se em vista a importância da fixação biológica e do manejo da adubação nitrogenada, conduziu-se este trabalho com o objetivo de avaliar o desempenho agrônômico do milho safrinha, cultivado em sistema de semeadura direta após a soja, em função da aplicação foliar de *A. brasilense* e de doses de N em cobertura.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida na Estação Experimental da Fundação MT, no município de Itiquira, MT, durante a safrinha de 2013. A localização geográfica da área experimental está definida pelas seguintes coordenadas: latitude 17° 09' S, longitude 54° 45' W e altitude de 490 m. A região está sob bioma de Cerrado, cujo clima predominante, segundo classificação de Köppen, é o do tipo Aw. A precipitação média anual é entre 1.200 e 1.800 mm e a temperatura média anual entre 22 e 23 °C. Os dados diários de precipitação pluvial e de temperatura mínima e máxima do ar, registrados durante o período experimental, podem ser observados na Figura 1.

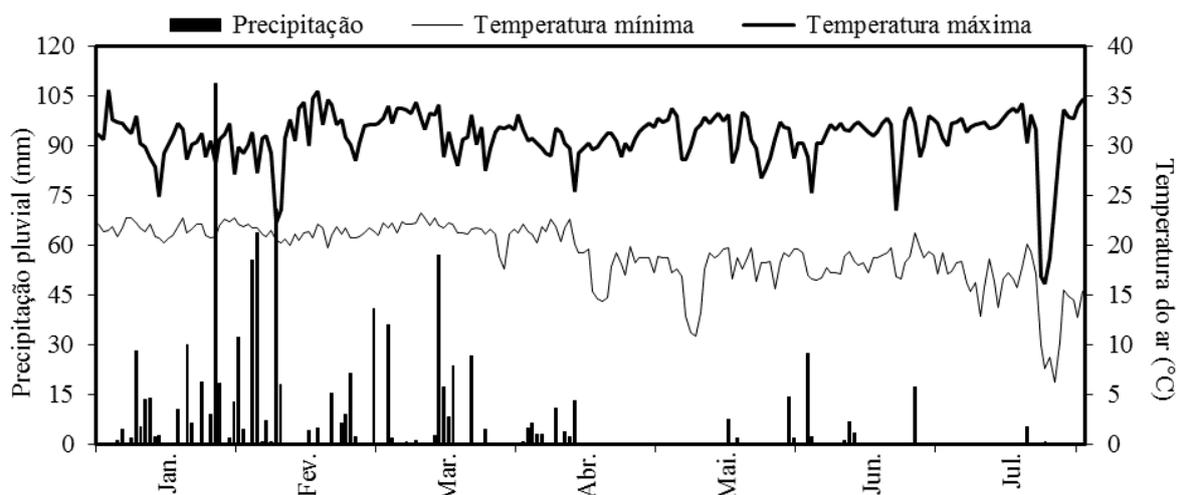


FIGURA 1 - Dados diários de precipitação pluvial e de temperatura mínima e máxima do ar durante o período experimental. Itiquira, MT, Brasil (2013).

O experimento foi conduzido em condições de sequeiro, num LATOSSOLO VERMELHO Distrófico e de textura muito argilosa, cujos atributos químico-físicos na camada de 0,0 a 0,2 m, estão apresentados na Tabela 1.

No ano agrícola de 2011/2012, a área experimental foi cultivada no sistema soja (primeira safra)/milho safrinha (segunda safra), sendo que antes do cultivo da soja, foi realizada aplicação de 2,0 mg ha⁻¹ de calcário dolomítico

em superfície (sem incorporação). No ano agrícola posterior, 2012/2013, a área experimental foi cultivada

com soja no verão e em seguida, instalou-se o experimento com milho safrinha, sob semeadura direta.

TABELA 1. Características químicas e granulométricas¹ da área experimental na camada de 0,0 a 0,2 m, antes da instalação do experimento. Itiquira, MT (2013).

pH	P	K	S	Ca	Mg	H+Al	CTC	V	MO	Argila	Areia	Silte
CaCl ₂	----- mg dm ⁻³ -----			----- cmolc dm ⁻³ -----			(%)	(g dm ⁻³)	----- g kg ⁻¹ -----			
4,8	15	82	14	2,5	0,9	5,6	9,2	39	40	658	192	150
Zn	Cu		Fe			Mn		B				
----- mg dm ⁻³ -----												
9,5	2,2		80			25		0,5				

¹Extratores: P, K, Zn, Cu, Fe e Mn: Mehlich-1 - H₂SO₄ 0,025 N + HCl 0,05 N; S: fosfato de cálcio; Ca, Mg e Al: cloreto de potássio - 1 mol L⁻¹; H: acetato de cálcio a pH = 7; MO: bicromato de potássio; B: água quente; argila, areia e silte: dispersante em NaOH.

O experimento foi constituído por dez tratamentos com quatro repetições, resultantes da combinação dos fatores *A. brasilense* e doses de N. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com os tratamentos dispostos em esquema fatorial 2 x 5. O primeiro fator teve dois tratamentos: com e sem aplicação de *A. brasilense* via foliar. O segundo fator teve cinco tratamentos, constituídos por doses de N em cobertura: 0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹, via ureia (45% de N). O inoculante utilizado continha estirpes BR 11005 (Sp 245) de *A. brasilense* (1 x 10⁹ células viáveis mL⁻¹) e a dose utilizada foi de 250 mL ha⁻¹ do produto comercial. Tanto a aplicação do inoculante quanto a do N foram realizadas quando 50% das plantas apresentavam-se com a quinta folha expandida - V5. O inoculante foi aplicado com pulverizador costal pressurizado por CO₂, munido de barra com pontas jato cone vazio, pressão constante de 3,0 kgf cm⁻² e vazão de calda aproximada de 120 L ha⁻¹. A ureia foi aplicada manualmente, em superfície e sem incorporação. É oportuno ressaltar que no momento da aplicação, o solo apresentava-se úmido, condição esta que propicia a dissolução do fertilizante nitrogenado. Ademais, no dia seguinte à aplicação do N constatou-se precipitação pluvial de 24 mm, condição que pode ter contribuído para a incorporação da ureia no solo, minimizando as perdas de N por volatilização da amônia. As parcelas foram constituídas por 14 linhas de 10 m de comprimento, espaçadas de 0,45 m. Para a coleta dos dados foram utilizadas as oito centrais, desprezando-se 1 m em ambas as extremidades (área útil de 28,8 m²).

O híbrido de milho utilizado foi o Dow 2B587 Hx (tipo simples) que possui ciclo precoce (815 graus dias), porte baixo e é indicado para o cultivo na safrinha. Além disso, apresenta bom empalhamento, grãos de coloração amarelo-alaranjada e textura semidentada. As sementes foram tratadas com os inseticidas imidacloprido e tiodicarbe nas doses de 45 e 135 g para 60.000 sementes, respectivamente. A semeadura foi realizada no dia 22/02/2013, distribuindo-se três sementes por metro de sulco a uma profundidade de 0,04 m, e a emergência da maioria das plântulas ocorreu aos seis dias após a semeadura. Em pré-semeadura da soja (cultura antecessora do milho), foram aplicados 120 kg ha⁻¹ de K₂O, via cloreto de potássio (a lanço). No sulco de semeadura do milho

foram aplicados 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (SOUSA; LOBATO, 2004) e 10 kg ha⁻¹ de N via fosfato monoamônico e 1,0 kg ha⁻¹ de Zn. Utilizou-se semeadora equipada com mecanismo sulcador de hastes (tipo “botinha”) e sistema de distribuição de sementes pneumático.

As plantas daninhas foram controladas em pós-emergência utilizando-se o herbicida atrazina (2.000 g ha⁻¹). Adicionou-se na calda de aplicação o adjuvante éster metilado de óleo de soja (720 g ha⁻¹). No momento da aplicação, as plantas daninhas estavam nos estádios iniciais de desenvolvimento e a cultura encontrava-se com 50% das plantas com a quarta folha expandida - V4. No pré-plantio da cultura foi realizada aplicação dos fungicidas azoxistrobina e ciproconazol nas doses de 60 e 24 g ha⁻¹, respectivamente. As aplicações dos produtos fitossanitários foram realizadas com pulverizador de barras tratorizado, com volume de calda equivalente a 150 L ha⁻¹. As demais práticas fitotécnicas, durante a condução da cultura, foram realizadas de acordo com a sua necessidade.

Na colheita, realizada no dia 23/07/2013 (145 dias após a emergência), foram mensurados os seguintes parâmetros agrônômicos: (i) população final (contagem do número de plantas presentes na área útil de colheita, com os resultados extrapolados para plantas ha⁻¹); (ii) prolificidade (relação entre o número de espigas e de plantas nas áreas úteis de colheita); (iii) diâmetro de colmo (com auxílio de paquímetro, foi mensurado em 10 plantas representativas por parcela, adotando-se o segundo internódio a partir da base da planta); (iv) altura de planta (com régua graduada, foi determinada em 10 plantas representativas por parcela, considerando a distância da região do “colo” até o ponto de inserção da folha “bandeira” com o colmo); (v) massa de mil grãos (pesagem de uma amostra de 500 grãos por parcela, em balança de precisão, extrapolando-se para mil grãos); e (vi) produtividade de grãos (obtida a partir da trilha mecânica e pesagem das espigas coletadas nas áreas úteis, constituídas por dois pontos amostrais com duas linhas adjacentes de 4,0 m de comprimento em cada parcela). As massas de grãos foram corrigidas para 13% de umidade - base úmida.

Os resultados foram submetidos ao teste F da análise de variância. Por se tratar de fator quantitativo, as médias de doses de N foram analisadas por regressão, ajustando-se modelos de equações significativas pelo teste

F, para melhor discussão dos resultados, utilizando-se o aplicativo computacional SISVAR (FERREIRA, 2003). Foram realizadas análises de correlação de Pearson entre os parâmetros mensurados. Os coeficientes de correlação foram submetidos ao teste t, a 5% de probabilidade, utilizando-se o aplicativo computacional ASSISTAT (SILVA; AZEVEDO, 2009) para as análises.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados climáticos (Figura 1) indicam que durante a condução do experimento, a precipitação pluviométrica foi adequada, havendo disponibilidade hídrica favorável para o crescimento e o desenvolvimento das plantas e o aproveitamento do N pelas plantas. O total de precipitação registrado durante o período experimental foi de 402 mm. A literatura tem mostrado que a cultura do milho exige em média entre 350 e 500 mm de precipitação para que produza satisfatoriamente (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004), sem a necessidade de

irrigação. Estresse hídrico durante a fase reprodutiva do milho limita o desenvolvimento da espiga, altera a sincronia entre o florescimento masculino e feminino, além de limitar a translocação de carboidratos para os grãos, podendo também afetar a resposta da planta ao N.

A população final de plantas não foi afetada pelos tratamentos considerados no presente trabalho (Tabela 2), estando coerente aos resultados apresentados por Portugal et al. (2013). É plausível, perante tal constatação, afirmar que os demais parâmetros agrônômicos mensurados no presente estudo não foram influenciados, indiretamente, pela população de plantas. Do mesmo modo, a prolificidade, que expressa o número de espigas por planta, não foi alterada em função dos tratamentos estudados, Kappes et al. (2014) encontraram maior prolificidade quando as sementes de milho foram inoculadas com *A. brasilense*, porém, não verificaram alteração significativa deste parâmetro após a aplicação de N em cobertura (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹).

TABELA 2. Valores médios e resumo da análise de variância para população final de plantas (PFP), prolificidade (PROL), diâmetro de colmo (DC), altura de planta (AP), massa de mil grãos (MMG) e produtividade de grãos (PROD) de milho safrinha em função da aplicação foliar de *Azospirillum brasilense* e doses de N em cobertura. Itiquira, MT, 2013.

Tratamentos	PFP (plantas ha ⁻¹)	PROL (espiga planta ⁻¹)	DC (mm)	AP (cm)	MMG (g)	PROD (mg ha ⁻¹)
<i>Azospirillum brasilense</i> (A)						
Com	63.057	0,98	18,5	228,4	260,3	6,05
Sem	65.285	0,99	18,7	228,6	266,4	5,96
Doses de N (D) (kg ha ⁻¹)						
0	63.426	1,00	17,9	226,2	262,2	5,69
30	64.125	0,98	18,4	228,1	262,2	5,96
60	65.278	1,00	18,8	227,6	267,7	6,03
90	65.278	0,99	19,0	229,1	262,9	6,20
120	62.750	0,97	19,1	231,4	261,8	6,14
Média geral	64.171	0,99	18,6	228,5	263,3	6,01
Teste F	A	ns	ns	ns	ns	ns
	D	ns	ns	*	ns	*
	A x D	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	8,01	1,51	4,30	1,56	4,08	5,19

Em que: * e ns: significativo a 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente; C.V.: coeficiente de variação.

Não houve influência da aplicação de *A. brasilense* e de N sobre a altura de planta (Tabela 2). Os resultados estão coerentes, de certa maneira, aos obtidos por Tomazela et al. (2006) e por Francisco et al. (2012). Nas mesmas condições edafoclimáticas em que o presente trabalho foi conduzido, estes últimos pesquisadores não observaram diferenças na prolificidade e na altura de planta quando da inoculação de sementes com *A. brasilense* e aplicações de doses de N em cobertura do milho safrinha. Em contrapartida, vários pesquisadores estudaram os efeitos das aplicações de *Azospirillum* no milho e reportaram incrementos significativos da altura de planta proporcionados pela bactéria (LANA et al., 2009;

RAMOS et al., 2010; KAPPES et al., 2013b; KAPPES et al., 2014).

No estudo de Repke et al. (2013), em que se avaliou a eficiência de *A. brasilense* combinada com adubação nitrogenada no desenvolvimento do milho, concluiu-se que a aplicação da bactéria diazotrófica via solução nas sementes, não interferiu no desenvolvimento de plantas; porém, os autores relataram que a altura das plantas foi incrementada pelas doses de N (0, 80, 105, 130, 155, 180 kg ha⁻¹). A altura de planta é influenciada pela disponibilidade de N no solo, uma vez que este nutriente participa diretamente da divisão e expansão celular e do processo fotossintético, sendo o efeito do aumento da dose

de N na altura de plantas de milho visível somente até determinada fase de crescimento, pois, com o paulatino auto sombreamento das plantas, assim como o sombreamento mútuo entre elas, ocorre redução do crescimento até que a altura máxima seja atingida quando do florescimento (CASTRO et al., 2008).

O diâmetro de colmo foi influenciado, isoladamente, somente pelas doses de N (Tabela 2). Obteve-se incremento linear do diâmetro de colmo à medida que se aumentou as doses de N em cobertura (Figura 2). O aumento do diâmetro de colmo com a dose de N mostra-se ser vantajoso, pois esta característica morfológica é uma das que mais tem sido relacionada com o percentual de acamamento ou quebraimento de plantas na cultura do milho, fato que ocorre por má formação do colmo, onde após o início do consumo das reservas da planta, a região basal fica mais suscetível ao dobramento,

pois seus tecidos senescem precocemente (GOMES et al., 2010). Além disso, o aumento deste parâmetro morfológico representa fator fundamental do ponto de vista fisiológico e nutricional da cultura, pois quanto maior o seu diâmetro, maior a capacidade da planta em armazenar fotoassimilados que contribuirão com o enchimento dos grãos (KAPPES et al., 2011), sendo, portanto, importante para a obtenção de alta produtividade de grãos. Aumento no diâmetro de colmo em resposta às doses de N na cultura do milho também é reportado por diversos pesquisadores (CRUZ et al., 2008; LANA et al., 2009; CARMO et al., 2012; KAPPES et al., 2013a; REPKE et al., 2013). Entretanto, Tomazela et al. (2006) evidenciaram ausência de resposta da cultura do milho à aplicação de doses elevadas de N em relação ao e diâmetro do colmo.

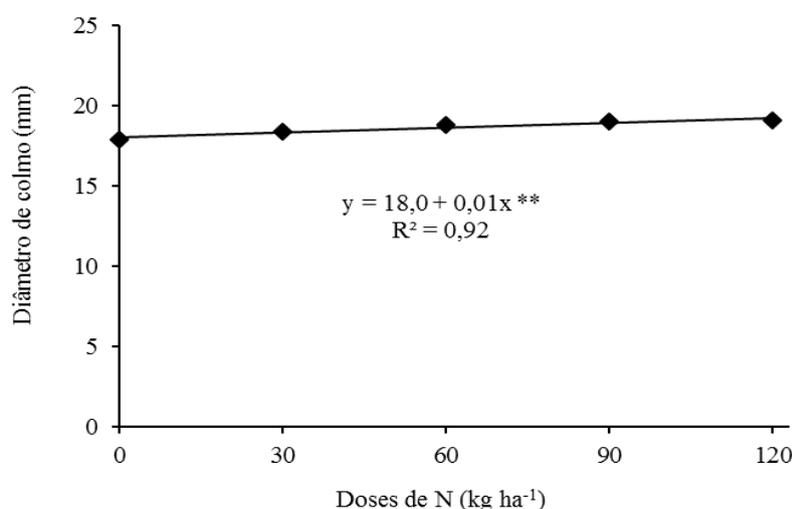


FIGURA 2 - Diâmetro de colmo de milho safrinha em função de doses de N em cobertura. Itiquira, MT, 2013. Teste F: **: significativo a 1% de probabilidade.

A massa de mil grãos, importante componente produtivo no milho, não foi influenciada pela inoculação das sementes com *A. brasilense* e aplicações de N em cobertura (Tabela 2), corroborando com os resultados obtidos por Cruz et al. (2008) e Ferreira et al. (2013), que estudando o manejo do N em cobertura na cultura do milho cultivado em sistema de semeadura direta, não observaram efeito significativo na massa de grãos. De acordo com Borrás e Otegui (2001), esse é o componente da produção menos afetado por variações nas práticas de manejo e adubação. Por outro lado, tal constatação discorda dos resultados apresentados por Lana et al. (2009), Portugal et al. (2013) e Repke et al. (2013), os quais verificaram aumento na massa de grãos do milho com o incremento de doses de aplicação de N. Segundo Ohland et al. (2005), a massa de grãos é uma característica influenciada pelo genótipo, pela disponibilidade de nutrientes e pelas condições climáticas durante os estádios de enchimento dos grãos. O referido componente produtivo tem alta dependência da absorção de N pelo milho, a qual alcança um pico durante o período compreendido entre o início do florescimento e o início da formação de grãos. A deficiência de N, neste período, pode

concorrer para a formação de grãos com menor massa específica, devido a não translocação do nutriente em quantidades adequadas para os mesmos. Perante tais conceitos, pode-se inferir que a cultura não apresentou deficiência de N.

A produtividade de grãos apresentou comportamento similar ao diâmetro de colmo, sendo influenciada, isoladamente, apenas pelas doses de N (Tabela 2). O incremento nas doses de N resultou em aumento linear na produtividade de grãos (Figura 3), cujo modelo de regressão permitiu estimar que para cada 30 kg ha⁻¹ de N aplicado, obteve-se incremento de 0,12 mg ha⁻¹ na produtividade de grãos da cultura. O aumento da produtividade de grãos com o incremento nas doses de N justifica que há a necessidade de suprimento desse nutriente, pois a disponibilidade insuficiente de N pode reduzir a diferenciação do número de óvulos nos primórdios da espiga e, com isso, afetar negativamente a produtividade de grãos (ERNANI et al., 2005), já que a liberação de N por meio da mineralização no sistema de semeadura direta é lenta e dependente da cultura antecessora e da disponibilidade hídrica. Diversos pesquisadores evidenciaram aumento da produtividade de

grãos de milho com a aplicação de N em cobertura (OHLAND et al., 2005; TOMAZELA et al., 2006; LANA

et al., 2009; KAPPES et al., 2013a; REPKE et al., 2013; KAPPES et al., 2014).

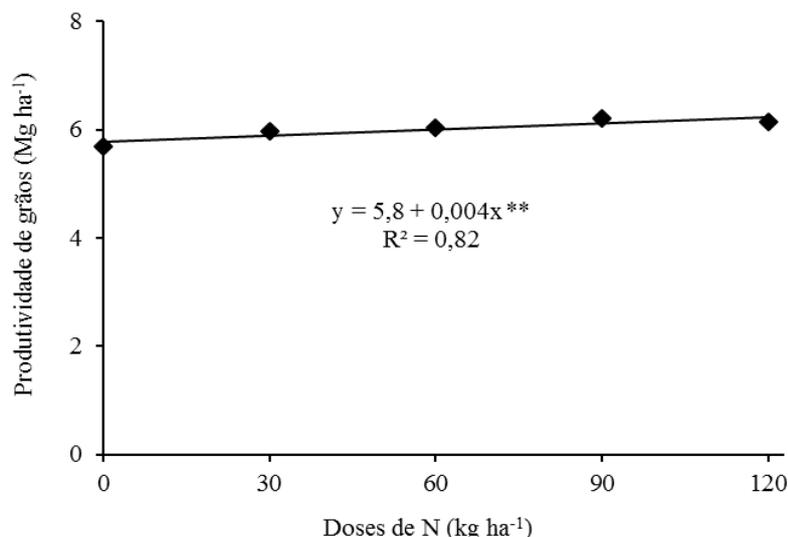


FIGURA 3 - Produtividade de grãos de milho safrinha em função de doses de N em cobertura. Itiquira, MT, 2013. Teste F: **: significativo a 1% de probabilidade.

No presente estudo, ressalta-se que mesmo no tratamento sem aplicação de N em cobertura, obteve-se produtividade de grãos satisfatória, a qual pode ser atribuída, em parte, ao N proveniente do fertilizante aplicado por ocasião da semeadura (10 kg ha⁻¹ de N), à fixação biológica do N atmosférico e/ou à disponibilidade de N oriundo da decomposição dos restos culturais da soja (cultura antecessora). Em condições tropicais, a decomposição dos resíduos deixados após a colheita da soja, normalmente, é muito rápida, devido à baixa relação C/N da leguminosa e às temperaturas elevadas.

Em modalidade de cultivo safrinha, Portugal et al. (2013) constataram acréscimo de 12,8% na produtividade de grãos de milho após aplicação via foliar de *A. brasilense* (estirpes AbV5 e AbV6), independente das doses de N testadas em cobertura. Do mesmo modo, Francisco et al. (2012) concluíram que a utilização combinada de *A. brasilense* na semente, combinada com a aplicação de 30 kg ha⁻¹ de N, proporcionou maior produtividade de grãos de milho. Por outro lado, vários trabalhos não demonstraram resultados benéficos no uso de *A. brasilense* na cultura do milho, dentre eles, os desenvolvidos por Ferreira et al. (2013) e Repke et al. (2013). No estudo de Domingues Neto et al. (2013), chegou-se nas conclusões de que o uso de *A. brasilense* elevou a produção de biomassa da parte aérea e raízes, promovendo maior área de solo explorado, mas, não aumentou a produtividade de grãos do milho. Atualmente, existe concordância na literatura de que as vantagens da associação de plantas com *Azospirillum* spp. são mais relacionados à promoção do desenvolvimento vegetal, principalmente do sistema radicular, do que à fixação biológica do N, embora haja inúmeros relatos que apontam para a viabilidade desse processo.

É plausível, portanto, que para a produtividade de grãos de milho, as respostas à aplicação de *A. brasilense*

na literatura são variadas. Essa variabilidade de resultados pode ser atribuída, em parte, pela cultivar e/ou híbrido utilizados, pelas condições edafoclimáticas (BARTCHECHEN et al., 2010) e pelas condições heterogêneas dos solos nos quais a bactéria é exposta. Além disso, para que a bactéria estabeleça uma interação positiva com a planta é indispensável a utilização de estipes de *A. brasilense* selecionadas capazes de competir com os microorganismos presentes no solo.

Segundo Cruz et al. (2008), os componentes da espiga, além de influenciarem na massa da matéria seca das espigas, influem de forma substancial na produtividade de grãos. Todavia, por meio do estudo da correlação de Pearson, esta correlação não foi constatada no presente estudo (Tabela 3).

Devido à ausência de correlação entre diâmetro de colmo e a produtividade de grãos, pode-se inferir que, no presente estudo, a cultura foi bem suprida pelos nutrientes oriundos do solo e dos fertilizantes aplicados, e pouco dependente da translocação dos nutrientes do colmo para os grãos, uma vez que o diâmetro de colmo é considerado importante órgão armazenador de fotoassimilados que contribuem com o enchimento dos grãos.

Apesar de que alguns pesquisadores tenham constatado correlação positiva entre altura de planta e a produtividade de grãos de milho (GOMES et al., 2007; KAPPES et al., 2014), no presente estudo, não se verificou esta resposta (Tabela 3), comprovando os relatos de Cruz et al. (2008). Tais pesquisadores mencionam que, dentre os parâmetros morfológicos do milho, a altura de planta não tem, geralmente, correlação com a produtividade de grãos; genótipos modernos, com alto potencial produtivo, são, em sua maioria, de porte baixo, mas também podem ser encontrados materiais de porte alto com desempenho semelhante ao dos baixos.

TABELA 3. Matriz dos coeficientes de correlação de Pearson entre população final de plantas (PFP), prolificidade (PROL), diâmetro de colmo (DC), altura de planta (AP), massa de mil grãos (MMG) e produtividade de grãos (PROD) de milho safrinha em função da aplicação foliar de *Azospirillum brasilense* e doses de N em cobertura. Itiquira, MT, 2013.

Parâmetros	PFP	PROL	DC	AP	MMG	PROD
PFP	-	0,1042 ns	0,0233 ns	0,0943 ns	0,1283 ns	0,0065 ns
PROL	-	-	- 0,2422 ns	- 0,2944 ns	0,0423 ns	- 0,1069 ns
DC	-	-	-	0,2283 ns	0,1655 ns	0,1592 ns
AP	-	-	-	-	- 0,0984 ns	0,1392 ns
MMG	-	-	-	-	-	- 0,2610 ns
PROD	-	-	-	-	-	-

Teste t: ns: não significativo.

Apesar de a aplicação foliar de *A. brasilense*, nas condições edafoclimáticas em que o trabalho foi realizado, não ter proporcionado resultados benéficos à cultura do milho, novas pesquisas devem ser realizadas. Porém, um dos aspectos que deve merecer a atenção permanente da pesquisa refere-se à seleção de estirpes adaptadas às condições edafoclimáticas locais, aos híbridos utilizados e ao próprio sistema de manejo. É preciso testar as estirpes e buscar aquelas que melhor se adaptam a cada região (KAPPES et al., 2013b), pois podem influenciar no resultado final.

No entanto, é importante destacar que nem todo o N necessário na cultura do milho é fornecido pela associação com a bactéria. Trata-se de uma prática alternativa capaz de permitir que o produtor diminua o uso de adubos nitrogenados. Fancelli (2010) menciona que a inoculação de *Azospirillum* do milho no Brasil tem potencial para gerar a economia de 30 a 50 kg ha⁻¹ de fertilizantes nitrogenados.

Por estes motivos, faz-se necessário utilizar estirpes eficientes na fixação biológica do N e na produção de hormônios de crescimento e desenvolvimento, capazes de competir com as bactérias nativas, bem como, selecionar genótipos de milho responsivos ou aptos a esta associação.

CONCLUSÕES

Considerando os parâmetros agrônômicos mensurados e as condições edafoclimáticas em que o presente trabalho foi conduzido, a aplicação foliar de *A. brasilense* não proporcionou resultados benéficos à cultura do milho.

O aumento nas doses de N em cobertura resultou em incremento linear no diâmetro de colmo e na produtividade de grãos de milho, independente da aplicação de *A. brasilense*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARTCHECHEN, A.; FIORI, C.C.L.; WATANABE, S.H.; GUARIDO, R.C. Efeito da inoculação de *Azospirillum brasilense* na produtividade da cultura do milho (*Zea mays* L.). **Campo Digital**, Campo Mourão, v.5, n.1, p.56-59, 2010.

BORRÁS, L.; OTEGUI, M.E. Maize kernel weight response to postflowering source-sink ratio. **Crop Science**, Madison, v.41, n.6, p.1816-1822, 2001.

CARMO, M.S.; CRUZ, S.C.S.; SOUZA, E.J.; CAMPOS, L.F.C.; MACHADO, C.G. Doses e fontes de nitrogênio no desenvolvimento e produtividade da cultura de milho doce (*Zea mays* convar. *saccharata* var. *rugosa*). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.28, n.1, p.223-231, 2012.

CASTRO, P.R.C.; KLUGE, R.A.; SESTARI, I. **Manual de fisiologia vegetal: fisiologia de cultivos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2008. 864p.

CRUZ, S.C.S.; PEREIRA, F.R.S.; SANTOS, J.R.; ALBUQUERQUE, A.W.; PEREIRA, R.G. Adubação nitrogenada para o milho cultivado em sistema plantio direto, no Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, n.1, p.62-68, 2008.

DÖBEREINER, J.; BALDANI, V.L.; REIS, V.M. Endophytic occurrence of diazotrophic bacteria in non-leguminous crops. In: FENDRIK, I.; DEL GALLO, M.; VANDERLEYDEN, J.; ZAMOROCZY, M. (Eds.). **Azospirillum VI and related microorganisms**. Berlin: Springer, 1995. p.3-14.

DOMINGUES NETO, F.J.; YOSHIMI, F.K.; GARCIA, R.D.; MIYAMOTO, Y.R.; DOMINGUES, M.C.S. Desenvolvimento e produtividade do milho verde safrinha em resposta à aplicação foliar com *Azospirillum brasilense*. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.9, n.17, p.2013.

ERNANI, P.R.; SANGOI, L.; LECH, V.A.; RAMPAZZO, C.A. Forma de aplicação da uréia e dos resíduos vegetais afeta a disponibilidade de nitrogênio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.2, p.360-365, 2005.

FANCELLI, A.L. **Boas práticas para o uso eficiente de fertilizantes na cultura do milho**. Piracicaba: IPNI Brasil, 2010. 16p. (Informações Agrônomicas, 131).

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 2.ed. Guaíba: Agropecuária, 2004. 360p.

FERNANDES, F.C.S.; LIBARDI, P.L.; TRIVELIN, P.C.O. Parcelamento da adubação nitrogenada na cultura do milho e utilização do N residual pela sucessão aveia preta - milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.4, p.1138-1141, 2008.

FERREIRA, D.F. **Sisvar: sistema de análise de variância para dados balanceados**. Versão 5.0. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2003.

FERREIRA, M.C.B.; FERNANDES, M.S.; DÖBEREINER, J. Role of *Azospirillum brasilense* nitrate reductase in nitrate assimilation by wheat plants. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.4, n.1, p.47-53, 1987.

FERREIRA, V.E.N.; KAPPES, C.; PEREIRA, P.H.T.; KANACILO JUNIOR, W.K. Inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* e nitrogênio em cobertura no milho safrinha. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 12., 2013. Dourados, MS. **Anais...** Dourados, MS: Embrapa/UFGD, 2013. p.1-6. CD-ROM

FRANCISCO, E.A.B.; KAPPES, C.; DOMINGUES, L.; FELIPPI, C.L. Inoculação de sementes de milho com *Azospirillum brasilense* e aplicação de nitrogênio em cobertura. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29., 2012. Águas de Lindóia, SP. **Resumos...** Campinas: IAC/ABMS, 2012. p.1285-1291. CD-ROM

GOMES, L.S.; BRANDÃO, A.M.; BRITO, C.H.; MORAES, D.F.; LOPES, M.T.G. Resistência ao acamamento de plantas e ao quebraamento do colmo em milho tropical. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.2, p.140-145, 2010.

- GOMES, R.F.; SILVA, A.G.; ASSIS, R.L.; PIRES, F.R. Efeito de doses e da época de aplicação de nitrogênio nos caracteres agrônômicos da cultura do milho sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n.5, p.931-938, 2007.
- HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; SOUZA, E.M.S.; PEDROSA, F.O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and Soil**, Netherlands, v.331, n.1/2, p.413-425, 2010.
- KAPPES, C.; ANDRADE, J.A.C.; ARF, O.; OLIVEIRA, A.C.; ARF, M.V.; FERREIRA, J.P. Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas. **Bragantia**, Campinas, v.70, n.2, p.334-343, 2011.
- KAPPES, C.; ARF, O.; ANDRADE, J.A.C. Produtividade do milho em condições de diferentes manejos do solo e de doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.37, n.5, p.1310-1321, 2013a.
- KAPPES, C.; ARF, O.; ARF, M.V.; FERREIRA, J.P.; DAL BEM, E.A.; PORTUGAL, J.R.; VILELA, R.G. Inoculação de sementes com bactéria diazotrófica e aplicação de nitrogênio em cobertura e foliar em milho. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.34, n.2, p.527-538, 2013b.
- KAPPES, C.; ARF, O.; DAL BEM, E.A.; PORTUGAL, J.R.; GONZAGA, A.R. Manejo do nitrogênio em cobertura na cultura do milho em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.13, n.2, p.201-217, 2014.
- LANA, M.C.; WOYTICHOSKI JÚNIOR, P.P.; BRACCINI, A.L.; SCAPIM, C.A.; ÁVILA, M.R.; ALBRECHT, L.P. Arranjo espacial e adubação nitrogenada em cobertura na cultura do milho. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.31, n.3, p.433-438, 2009.
- OHLAND, R.A.A.; SOUZA, L.C.F.; HERNANI, L.C.; MARCHETTI, M.E.; GONÇALVES, M.C. Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.3, p.538-544, 2005.
- PORTUGAL, J.R.; ARF, O.; PERES, A.R.; FRANCO, A.A.; GITTI, D.C. Inoculação via foliar com *Azospirillum brasilense* associada a doses de nitrogênio em cobertura na cultura do milho safrinha. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 12., 2013. Dourados, MS. **Anais...** Dourados, MS: Embrapa/UFGD, 2013. p.1-6. CD-ROM
- RAMOS, A.S.; SANTOS, T.M.C.; SANTANA, T.M.; GUEDES, E.L.F.; MONTALDO, Y.C. Ação do *Azospirillum lipoferum* no desenvolvimento de plantas de milho. **Revista Verde**, Mossoró, v.5, n.4, p.113-117, 2010.
- REPKE, R.A.; CRUZ, S.J.S.; SILVA, C.J.; FIGUEIREDO, P.G.; BICUDO, S.J. Eficiência da *Azospirillum brasilense* combinada com doses de nitrogênio no desenvolvimento de plantas de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.12, n.3, p.214-226, 2013.
- SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. **Cerrado**: correção do solo e adubação. 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416p.
- SILVA, F.A.S.; AZEVEDO, C.A.V. Principal components analysis in the software Assistat-statistical attendance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7., 2009, Reno. **Proceedings...** St. Joseph: American Society of Agricultura and Biological Engineers, 2009.
- TOMAZELA, A.L.; FAVARIN, J.L.; FANCELLI, A.L.; MARTIN, T.N.; DOURADO NETO, D.; REIS, A.R. Doses de nitrogênio e fontes de Cu e Mn suplementar sobre a severidade da ferrugem e atributos morfológicos do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.5, n.2, p.192-201, 2006.