



RESPOSTA DO SORGO GRANÍFERO À APLICAÇÃO DE DIFERENTES DOSES E ÉPOCAS DE INOCULANTE (*Azospirillum brasilense*) VIA FOLIAR

Allan Hisashi Nakao¹, Marcelo Fernando Pereira Souza², Lourdes dickmann¹, Daniela Capelas Centeno³, Ricardo Antonio Ferreira Rodrigues⁴

1. Mestrando em Sistema de Produção, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, SP, Brasil. (allannakao@hotmail.com).
2. Doutorando em Sistema de Produção, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, SP, Brasil.
3. Graduanda, Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo, Jales, SP, Brasil.
4. Professor Doutor do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, SP, Brasil.

Recebido em: 12/04/2014 – Aprovado em: 27/05/2014 – Publicado em: 01/07/2014

RESUMO

Um interesse crescente no uso de inoculante contendo organismos fixadoras de nitrogênio atmosférico tem sido observado e deve aumentar nos próximos anos. A utilização desses organismos pode contribuir com o fornecimento de todo ou parte deste nutriente às plantas, reduzindo custos de produção e proporcionando sustentabilidade a produção agrícola. Assim, o trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência agrônômica com uso de *Azospirillum brasilense* foliar em doses crescentes e épocas de aplicação da bactéria na cultura do sorgo granífero em sistema plantio direto. O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso em esquema fatorial 5 x 2 com quatro repetições. Os tratamentos constituíram-se de cinco doses de inoculante via foliar com *Azospirillum brasilense* (0, 50, 100, 150 e 200 ml ha⁻¹) e dois estádios fenológicos da cultura: estágio 1 (plantas com três folhas completamente expandidas, 18 DAE) e Estádio 2 (plantas com sete folhas completamente expandidas, 25 DAE). Avaliaram-se as características agrônômicas e produtividade da cultura do sorgo. Diferenças significativas foram observadas para os diferentes estádios de aplicação e doses de *A. brasilense* aplicado na cultura do sorgo. A aplicação de *A. brasilense* proporcionou aumento no índice de clorofila foliar, altura da planta, diâmetro do colmo, massa seca das partes da planta, massa de grãos por panícula e produtividade. A aplicação em diferentes estádios de desenvolvimento influenciou apenas na altura das plantas. A inoculação das plantas de sorgo via foliar com *A. brasilense* proporcionou melhores resultados nos componentes de produção e na produtividade do sorgo.

PALAVRAS-CHAVE: *Azospirillum brasilense*, fixação biológica de nitrogênio, produtividade.

RESPONSE GRAIN SORGHUM THE APPLICATION OF DIFFERENT DOSES AND TIMING OF INOCULANT (*AZOSPIRILLUM BRASILENSE*) LEAF SPRAY

ABSTRACT

A growing interest in the use of inoculant containing nitrogen-fixing organisms have

been observed and should increase in coming years. The use of such organisms can contribute to the provision of all or part of this nutrient to plants, reducing costs and providing agricultural sustainability. Thus, the study aimed to assess the efficacy with the use of *Azospirillum brasilense* leaf in increasing doses and time of application of the bacteria in the culture of grain sorghum in tillage. The experimental design was randomized blocks in a 5 x 2 factorial design with four replications. The treatments consisted of five doses of foliar inoculation with *Azospirillum brasilense* (0, 50, 100, 150 e 200 ml ha⁻¹). and two growing stages: stage 1 (plants with three fully expanded leaves, 18 DAE) and Stage 2 (plants with seven leaves fully expanded, 25 DAE). We evaluated the agronomic characteristics and productivity of sorghum. Significant differences were observed for the different stages of application and doses of *A. brasilense* applied to sorghum. The application of *A. brasilense* time increased leaf chlorophyll content, plant height, stem diameter, dry mass of plant parts, grain mass per panicle and. The application in different stages of development influenced only in plant height. Inoculation of sorghum plants with foliar *A. brasilense* provided better results for yield components and yield of sorghum.

KEYWORDS: *Azospirillum brasilense*, biological nitrogen fixation, yield.

INTRODUÇÃO

A cultura do sorgo é, entre as espécies alimentares, uma das mais eficientes e versáteis, tanto do ponto de vista fotossintético, quanto em velocidade de maturação. Além da utilização na alimentação humana e animal, seu uso se estende como ótima alternativa de matéria prima na fabricação de diversos produtos (EMBRAPA, 2012).

Agronomicamente do grupo dos sorgos, o granífero é o que possui maior expressão econômica e encontra-se entre os cinco cereais mais cultivados em todo o mundo, ficando atrás somente do arroz, trigo, milho e cevada (EMBRAPA, 2009). Segundo dados levantados pela CONAB (2013), em setembro de 2013, a área cultivada com sorgo na safra 2012/2013 foi de 801,7 mil hectares, com concentração na região Centro-Oeste, com 478,4 mil hectares. A produtividade média da produção nacional de sorgo é 2.621 kg ha⁻¹.

O sorgo granífero possui boa adaptabilidade em inúmeros ambientes, inclusive onde há condições de deficiência hídrica (MARIGUELE & SILVA, 2002). Desta forma, favorece sua expansão em regiões com chuvas irregulares e, inclusive é propício seu uso em sucessão a culturas de verão (COELHO et al., 2002). Assim, a cultura do sorgo granífero possui elevado potencial para uso nos cultivos de safrinha na região Centro-Oeste, viabilizando a exploração de todas as práticas culturais da lavoura (SILVA et al., 2009).

O sorgo é um cereal que necessita de grande quantidade de nutrientes, principalmente nitrogênio (N), sendo este um dos fatores limitantes à produção de grãos (SCIVITTARO et al., 2005). Segundo HUNGRIA et al. (2010) a fixação biológica de nitrogênio (FBN) é uma forma de alternativa para a economia de fertilizante nitrogenado, a qual pode suplementar ou, até mesmo, substituir a utilização desses fertilizantes.

As bactérias diazotróficas da espécie *Azospirillum brasilense* tem a aptidão de promover a fixação biológica do nitrogênio do ar e liberar amônio às gramíneas de forma associativa (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). De acordo com PINTO JUNIOR et al. (2012) este processo além de disponibilizar uma forma de nitrogênio assimilável às plantas, auxiliam na produção de fitohormônios, atuando como

promotores de crescimentos dos vegetais como auxinas e giberilinas.

Os estudos sobre aplicação de bactérias diazotróficas na cultura do sorgo com o intuito de reduzir o uso de fertilizantes nitrogenados ainda estão em fase inicial, apesar de já dispor de alguns resultados experimentais (VAZQUEZ et al., 2012). Segundo HUNGRIA (2011) a espécie *Azospirillum brasilense* pode ser inoculada por tratamento de sementes ou em aplicação via foliar, no entanto poucos trabalhos mostraram eficiência da aplicação via foliar deste microrganismo. Com base no exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência agrônômica com uso de *Azospirillum brasilense* foliar em doses crescentes e épocas de aplicação da bactéria na cultura do sorgo granífero em sistema plantio direto.

MATERIAL E METODOS

O experimento foi conduzido em propriedade rural situado no município de Vitória Brasil-SP, localizada a 20° 11' 28" de latitude sul e 50° 29' 35" de longitude oeste, com altitude de 487 m, precipitação anual média de 1.221 mm e temperatura média de 24,4° C. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é tropical úmido, Aw, com inverno seco e ameno e verão quente e chuvoso.

O solo da área experimental de acordo com a nomenclatura atual (EMBRAPA, 2006) é um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico. Antes do preparo da área para implantação do experimento foi realizada a caracterização química do solo para fins de fertilidade. Para isso, uma amostra composta por 20 amostras simples de solo foi coletada na profundidade de 0,00-0,20 m em área total do experimento, seguindo a metodologia proposta por RAIJ et al., (2001). Os resultados foram os que se seguem: pH CaCl₂ 5,3; 0 mmol_c dm⁻³ de Al; 32 mmol_c dm⁻³ de Ca; 14 mmol_c dm⁻³ Mg; 16 mmol_c dm⁻³ de H+Al; 1,4 mmol_c dm⁻³ de K; 46 mg dm⁻³ de P (resina); 47 mmol_c dm⁻³ de SB; 63 mmol_c dm⁻³ de CTC; V% 75 e 11 g dm⁻³ de M.O.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições, em esquema fatorial 5 x 2 correspondendo cinco doses de inoculação via foliar com *Azospirillum brasilense* nas doses de 0; 50; 100; 150 e 200 ml ha⁻¹, aplicados em dois estádios fenológicos da cultura: Estádio 1 (plantas com três folhas completamente expandidas, 18 DAE) e Estádio 2 (plantas com sete folhas completamente expandidas, 25 DAE).

Com base nas características químicas do solo para fins de fertilidade calculou-se a adubação mineral comum a todas as parcelas, que foi de 44 kg ha⁻¹ de N (ureia), 49 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato triplo) e 83 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio). Os fertilizantes foram aplicados no sulco de semeadura para ambas as parcelas.

A inoculação via foliar foi realizada com as estirpes AbV₅ e AbV₆ de *A. brasilense* (2x10⁸ células viáveis mL⁻¹). A aplicação foi realizada no período da tarde, por meio da utilização de pulverizador costal de pressão constante (CO₂) com ponta de jato cone vazio e vazão de 120 L ha⁻¹.

As dimensões das parcelas foram de seis linhas de 8,0 metros de comprimento, sendo consideradas, para as avaliações apenas as duas linhas internas. Os espaçamentos entrelinhas foram de 0,50 m e a densidade de semeadura de dez sementes por metro. O híbrido utilizado foi o Rancheiro, que apresenta ciclo semi precoce e excelente performance em condições de stress hídrico. A semeadura foi realizada mecanicamente, no dia 24 de abril de 2013 sobre uma palhada de soja.

Durante o ciclo vegetativo das plantas, a área foi pulverizada com pulverizador

de barras acoplado no trator, para aplicação de herbicida atrazina (3 kg i.a. ha⁻¹) no controle de plantas daninhas. Os tratos utilizados na área experimental foram iguais em todos os tratamentos avaliados. O cultivo do sorgo estendeu-se até meados do mês de setembro de 2013, quando procedeu-se à colheita.

As características avaliadas em amostras de 10 plantas, coletadas na área útil da parcela experimental foram: a) altura da planta, medindo da inserção da panícula superior até a superfície do solo com auxílio de uma régua graduada; b) diâmetro do colmo 0,10 m de altura do solo, mediante o uso de paquímetro; c) massa seca, divisão das partes integrantes da planta (colmo, folhas e panícula) colocados em estufa de ventilação forçada a uma temperatura de 65°C, durante 72 horas; d) teor de clorofila, as medições foram em folhas completamente expandidas na região do terço médio, evitando-se os bordos foliares, a região da nervura central e áreas com clorose ou necrosadas, sendo as avaliações realizadas no período da manhã (LIMA et al., 2007), por meio de leituras SPAD, com auxílio de um clorofilômetro digital CFL 1030 Falker (Falker Automação Agrícola, Porto Alegre, Brasil), tomadas duas leituras por planta, em dez plantas por tratamento; e) peso de grãos por panícula e massa de cem sementes corrigidas para 13 % de umidade. Já a avaliação do desempenho produtivo da cultura compreendeu a determinação do número e peso médio de panículas e da produtividade de grãos (valores corrigidos para uma umidade de 13%).

Os dados avaliados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, bem como, o uso da análise de regressão para os dados quantitativos. Para a análise dos dados utilizou-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 estão apresentados os resultados para as diferentes características agrônômicas avaliadas em função dos estádios e doses de aplicação do *A. brasilense* na cultura do sorgo.

A inoculação das plantas de sorgo realizadas via foliar proporcionou maior índice de clorofila foliar com os resultados se adequando em uma função linear com resposta positiva a inoculação com *A. brasilense* (Figura 1). Esses resultados podem ser efeito da fixação biológica do nitrogênio atmosférico ou dos mecanismos de promoção do crescimento, que maximizam a capacidade das plantas em absorver e assimilar este nutriente do solo (DOBBELAERE et al., 2001). JORDÃO et al. (2010) e KAPPES et al. (2011) em seus trabalhos realizados com inoculação de *A. brasilense* nas sementes de milho, constataram maiores índices de clorofila foliar nos tratamentos com a presença da bactéria diazotrófica.

TABELA 1. Índice de clorofila foliar (ICF), altura da planta (AP), diâmetro do colmo (DC), massa seca do colmo (MSC), massa seca da folha (MSF), massa seca da panícula (MSP), peso de grãos por panícula (PGP) massa de cem sementes (M100), produtividade (PROD), em função das épocas e doses de inoculante via foliar. Vitória Brasil-SP, 2013.

Tratamento	ICF (SPAD)	AP (cm)	DC	MSC	MSF	MSP (g)	PGP	M100	PROD kg ha ⁻¹
Épocas – (E)									
Estádio 1	50,21	140,25b	1,49	477,50	96,30	50,35	57,11	3,77	6.443
Estádio 2	50,97	142,96a	1,54	484,20	94,80	51,55	56,16	3,75	6.193
Teste de F	0,49ns	6,22*	3,19ns	0,09ns	0,14ns	0,22ns	0,24ns	0,18ns	2,02ns
CV (%)	6,83	2,43	6,32	14,54	13,18	15,75	10,94	4,27	8,80
DMS	2,24	2,23	0,62	45,36	8,17	5,21	4,02	0,10	360,59
Doses de inoculante (mL ha⁻¹)-(D)									
0	46,90	131,71	1,36	390,62	73,50	43,13	48,52	3,81	4.645
50	49,33	142,21	1,51	446,37	91,75	46,13	56,31	3,71	6.671
100	51,41	144,69	1,55	480,38	94,00	54,88	57,54	3,78	6.270
150	52,93	143,41	1,64	535,13	104,50	54,25	61,03	3,68	7.131
200	52,37	146,10	1,50	551,75	114,00	56,38	59,78	3,81	6.871
Teste de F	4,11**	22,56**	9,09**	7,08**	11,65**	4,36**	4,99**	1,21ns	25,21**
CV (%)	6,83	2,43	6,32	14,54	13,18	15,75	10,94	4,27	8,80
DMS	2,24	2,23	0,62	45,36	8,17	5,21	4,02	0,10	360,59
Tipo de Equação	L	L	Q	L	L	L	L	-	L
R ² (%)	86,20	69,00	88,81	97,63	95,17	85,50	77,30	ns	62,00
Teste de F	14,16	61,70	16,96	27,65	44,36	14,90	15,45	ns	62,51
Teste de F E X D	1,29ns	2,38ns	6,74**	8,06**	4,62**	2,39ns	3,91*	1,93ns	3,46*

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** e *: significativo ao nível de 1 e 5% respectivamente ns: não significativo. CV; coeficiente de variação; DMS: diferença mínima significativa; L: equação linear; Q: equação quadrática.

A aplicação de *A. brasilense* em diferentes estádios de desenvolvimentos das plantas não influenciou nos teores de clorofila. No entanto, a inoculação em diferentes estádios alterou a altura de plantas com maiores valores médios encontrados para as plantas inoculadas durante o estágio 2 (Tabela 1).

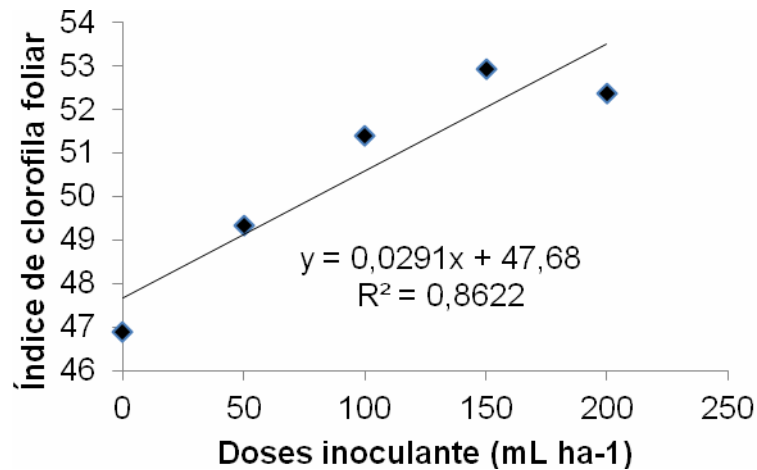


FIGURA 1. Efeito das doses de inoculante de *A. brasilense* sobre os índices de clorofila foliar do sorgo.

A utilização do *A. brasilense* afetou a altura das plantas de sorgo, cujos resultados exibidos se ajustaram em uma função matemática do tipo linear, com respostas positivas a inoculação da bactéria (Figura 2). A influência da inoculação com *A. brasilense* tem sido reportada por outros autores como KAPPES et al. (2011) que trabalhando com milho, uma gramínea assim como o sorgo, encontraram aumento na altura das plantas de milho em decorrência do uso dessa bactéria diazotrófica inoculada na semente.

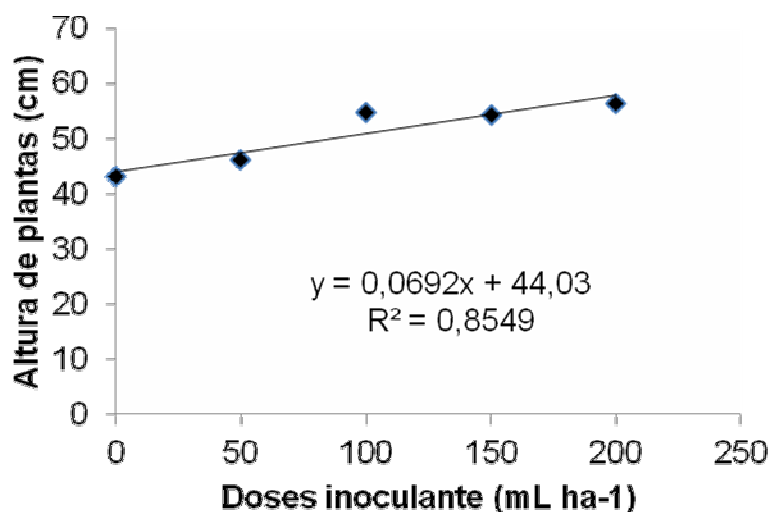


FIGURA 2. Efeito das doses de inoculante de *A. brasilense* sobre a altura das plantas.

Por ser tratar de uma gramínea como o milho associado à falta de trabalhos dessa natureza com o sorgo, acredita-se que as alterações constatadas no presente

estudo sejam semelhantes às relatadas por outros autores para as características agrônômicas similares entre as culturas. No entanto, esse fato pode ser minimizado com o desenvolvimento de mais estudos sobre a inoculação de bactérias fixadoras de nitrogênio na cultura do sorgo. Contudo, independente da cultura adotada, os efeitos positivos constatados podem estar associados às alterações morfológicas e fisiológicas nas raízes das plantas promovidos pelos microrganismos, o que maximiza a absorção de água e nutrientes pela planta (OKON & VANDERLEYDEN, 1997).

Outro fator que pode ter influenciado na maior altura das plantas inoculadas seja o fato delas terem produzido maiores quantidades de hormônios promotores de crescimento devido à ação das bactérias.

A massa de cem sementes não foi alterada pela aplicação de *A. brasilense* em diferentes estádios de desenvolvimento da planta e pelo uso de diferentes doses utilizadas na inoculação das plantas de sorgo (Tabela 1). Esses resultados observados podem ser devido ao fato de que a quantificação da massa de grãos seja o componente de produção menos afetado por alterações nas práticas de manejo. De acordo com OHLAND et al. (2005), a massa de grãos é componente de produção influenciado pelo genótipo, pela disponibilidade de nutrientes, além das condições climáticas estabelecidas durante os estádios de enchimento dos grãos. Desse modo, esse importante componente de produção depende também da absorção e assimilação no nitrogênio. Assim, a deficiência deste nutriente poderia proporcionar a formação de grãos com menor massa. Portanto, pode-se dizer que a cultura não apresentou deficiência de nitrogênio e que para a testemunha, esse suprimento pode ter ocorrido por meio da rápida mineralização dos restos culturais presentes na área em estudo.

A massa seca de panícula apresentou alterações nos valores em função da aplicação de doses de *A. brasilense* (Figura 3). As áreas que receberam a aplicação de 200 mL ha⁻¹ do produto contendo bactérias diazotróficas apresentaram valores médios de 56,38 g, os quais foram superiores aos demais valores exibidos para os demais tratamentos. Desse modo, os resultados se ajustaram de modo linear com respostas positivas ao aumento das doses aplicadas via foliar do inoculante.

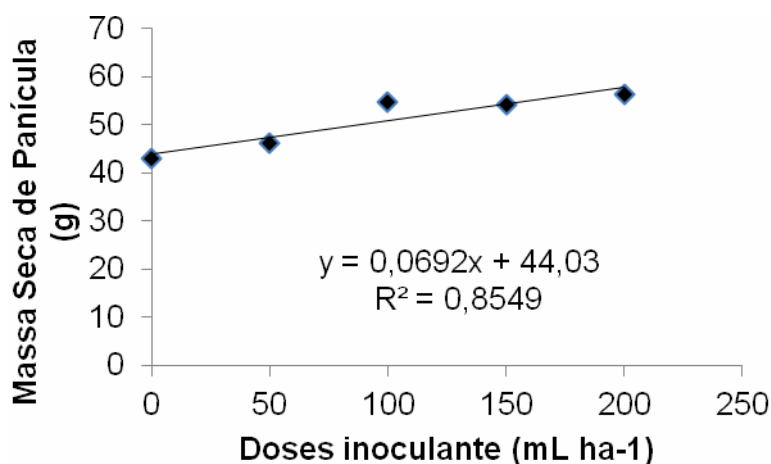


FIGURA 3. Efeito das doses de inoculante de *A. brasilense* sobre a massa seca de panícula do sorgo.

O diâmetro do colmo não foi afetado pela aplicação de *A. brasilense* em diferentes estádios de desenvolvimento da planta. No entanto, observou-se influência das doses adotadas sobre a característica avaliada, bem como, houve interação significativa entre estádios de aplicação e doses (Tabela 1).

Avaliando os resultados obtidos para o diâmetro do colmo em decorrência das épocas de aplicação dentro de cada dose utilizada, verificou-se que resultados superiores foram alcançados pela aplicação realizada durante o estágio 2 de desenvolvimento da planta de sorgo (Tabela 2), com exceção para o tratamento testemunha, no qual foi observado melhores resultados pela aplicação realizada no estágio 1. Observando o comportamento das doses aplicadas de acordo com os estádios de desenvolvimento da cultura, constatou-se que o estágio 2 apresentou valores que se adequaram em um modelo matemático do tipo quadrático. Desse modo, houve incrementos no diâmetro do colmo pela aplicação crescente de doses com valor máximo alcançado com a dose de 150 mL ha⁻¹ e que, a partir desta verificou-se um decréscimo nos valores médios para a característica avaliada.

O aumento do diâmetro de colmo pela inoculação de bactérias fixadoras de nitrogênio pode ser um fato vantajoso para a cultura, pois poderá proporcionar uma planta menos susceptível ao acamamento. Além do mais, com maiores diâmetros de colmo, pode ser que se alcance maiores produtividades na cultura, já que esta poderá armazenar maiores quantidades de nutrientes e substâncias orgânicas e inorgânicas que proporcionarão maior produção de grãos.

O desdobramento da interação época de aplicação e doses para massa seca de colmo demonstrou diferenças entre os diferentes estádios de aplicação do *A. brasilense* para os tratamentos testemunha e para as doses de 100 e 200 mL ha⁻¹ (Tabela 2). No tratamento testemunha, valor superior para a variável foi verificado quando se realizou a inoculação da bactéria no estágio 1. Entretanto, efeitos diferentes foram verificados para as doses de 100 e 200 mL ha⁻¹, que exibiram maiores resultados quando a aplicação foi feita durante o estágio 2 de desenvolvimento da cultura.

Os resultados obtidos para massa seca de colmo em função das doses aplicadas durante o estágio 2 se enquadraram em um modelo matemático do tipo linear que responderam de forma positiva ao aumento das aplicações de *A. brasilense*.

TABELA 2. Desdobramento interação épocas e doses para diâmetro do colmo (DC), massa seca colmo (MSC), massa seca da folha (MSF), peso de grãos por panícula (PGP) e produtividade. Vitória Brasil-SP, 2013.

Época	Doses (mL ha ⁻¹)					Equação	R ² (%)
	0	50	100	150	200		
DC (cm)							
Est. 1	1,46a	1,43b	1,41b	1,65a	1,49a	ns	-
Est. 2	1,27b	1,59a	1,62a	1,64a	1,52a	Y = -0,0735x ² +0,4959x+0,863 ^{**}	98,2
MSC (g)							
Est. 1	471,75a	493,00a	391,25b	535,00a	496,50b	ns	-
Est. 2	309,50b	399,75a	569,50a	535,25a	607,00a	Y = 73,05x+265,05 ^{**}	85,2
MSF (g)							
Est. 1	90,25a	93,50a	86,25a	101,50a	110,00a	ns	-
Est. 2	56,75b	90,00a	101,75a	107,50a	118,00a	Y = 14,0x+52,80 ^{**}	88,3
PGP (g)							
Est. 1	54,30a	60,30a	53,48a	60,90a	56,58a	ns	-
Est. 2	42,75b	52,32a	61,60a	61,15a	62,98a	Y = 4,927x+41,3775 ^{**}	82,1
PRODUTIVIDADE (kg ha ⁻¹)							
Est. 1	5.262a	6.884a	6.168a	7.371a	6.528a	ns	-
Est. 2	4.028b	6.459a	6.371a	6.890a	7.215a	Y = 680,62x+4.151,25 ^{**}	73,2

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** e *: significativo ao nível de 1 e 5% respectivamente ns: não significativo. Em que: Est. 1: Estádio 1; Est. 2: Estádio 2 da cultura.

Assim como ocorreu no desdobramento da interação para massa seca do colmo, a interação época e doses aplicadas para massa seca de folha apresentou resultados obtidos no estádio 2 de aplicação do *A. brasilense* que se adequaram numa equação linear, respondendo positivamente ao aumento das doses utilizadas (Tabela 2).

Quanto à interação entre épocas e doses de *A. brasilense* para o peso de grãos por panícula, constatou-se diferenças entre os estádios de inoculação apenas para o tratamento testemunha (sem aplicação de *A. brasilense*). Assim, o estádio 1 de aplicação exibiu valor de 54,30 g, sendo superior estatisticamente ao valor de 42,75 g encontrado no estádio 2 de inoculação da bactéria (Tabela 2). O desdobramento das doses dentro de cada estádio de aplicação demonstrou que somente o estádio 2 exibiu resultado que se adequou numa equação matemática de comportamento linear e que, respondeu positivamente a aplicação de *A. brasilense* nas plantas de sorgo.

O peso de grãos por panícula é um importante componente da produção do sorgo, já que refletirá diretamente sobre a produtividade final da cultura. Desse modo, pode-se dizer que a aplicação de *A. brasilense* durante o estádio 2 de desenvolvimento das plantas proporcionaram maiores rendimentos no peso final dos grãos por panícula, acarretando em maiores ganhos de produtividade. Mesmo não havendo um comportamento entre os valores exibidos para as doses utilizadas

dentro do estágio 1 de desenvolvimento da planta, pode-se notar uma tendência de aumento nos valores do peso de grãos por panícula obtida, fato que poderá ser comprovado por meio de da realização de mais estudos sobre a inoculação de bactérias diazotróficas em diferentes estádios de inoculação.

Os resultados obtidos para produtividade apresentaram comportamento semelhante aos verificados para o peso de grãos por panícula, o que pode ser entendido por haver correlação direta entre as variáveis e por serem os valores de produtividade diretamente influenciados pelo peso dos grãos da panícula. Portanto, a aplicação de *A. brasilense* proporcionou incremento na produtividade final da cultura independentemente da dose aplicada (Tabela 2). No desdobramento das doses aplicadas dentro dos estádios de desenvolvimento de inoculação, notou-se que a prática de inoculação realizada durante o estágio 2 de desenvolvimento da cultura exibiu resultados que se ajustaram em um modelo linear de resposta, com aumentos crescentes nos valores de produtividade em decorrência da aplicação de maiores doses.

Maiores produtividades proporcionadas em decorrência do uso de *A. brasilense* também foram relatadas por outros autores como KAPPES et al. (2013), que trabalhando com milho constataram maiores produtividades na cultura pela inoculação de sementes com *A. brasilense*. SALA et al. (2007), trabalhando com a cultura do trigo, também relataram aumento de produtividade com o uso de *Azospirillum*. Os resultados do presente trabalho se assemelham também aos relatados por GARCÍA-OLIVARES et al. (2006) que trabalhando com inoculação de *A. brasilense* em sorgo granífero na região norte do México, relataram maiores incrementos de produtividade de grãos em função da aplicação da bactéria diazotrófica na cultura.

Um das hipóteses para tais resultados podem estar no fato de que as bactérias presentes na planta, além de melhorar a absorção de água e nutrientes devido ao maior desenvolvimento dos sistemas radiculares podem ter incrementado maiores produções de fitormônios o que estaria diretamente relacionado ao maior desenvolvimento das culturas que foram submetidas à inoculação por *A. brasilense*, resultando em maiores produtividades. De acordo com BASHAN & HOLGUIN (1997), as bactérias do gênero *Azospirillum* excretam fitormônios, sendo o principal deles o ácido indol-acético (AIA), responsável pela promoção do crescimento de plantas em geral.

CONCLUSÕES

O uso de *Azospirillum brasilense* associado à cultura do sorgo granífero apresenta resultados promissores em relação ao meio de produção sustentável, destacando uma contribuição em relação ao aspecto morfológico da planta e no aumento da produtividade de grãos.

A inoculação das plantas de sorgo via foliar proporcionou aumento no índice de clorofila foliar, elevação da altura da planta e diâmetro do colmo, contribuição positiva na massa seca das partes da planta, peso de grãos por panícula e produtividade.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudo concedida ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

BASHAN, Y.; HOLGUIN, G. *Azospirillum*-plant relationships: environmental and physiological advances (1990-1996). **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 43, n. 2, p. 103-121, 1997.

COELHO, A. M.; WAQUIL, J. M.; KARAM, D.; CASELA, C. R.; RIBAS, P. M. Seja o doutor do seu sorgo. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 100, p. 1-24, 2002. (Arquivo do agrônomo, 14).

CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira: grãos, décimo segundo levantamento, setembro/2013 – CONAB (2013).**

DOBBELAERE, S.; CROONENBORGH, A.; THYS, A.; PTACEK, D.; VANDERLEYDEN, J.; DUTTO, P.; LABANDERA-GONZALEZ, C.; CABALLEROMELLADO, J.; AGUIRRE, J.F.; KAPULNIK, Y.; BRENER, S.; BURDMAN, S.; KADOURI, D.; SARIG, S.; OKON, Y. Responses of agronomically important crops to inoculation with *Azospirillum*. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 28, n. 9, p. 871-879, 2001.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006. 306 p.

EMBRAPA Milho e Sorgo - **Sistema de Produção**, 2 ISSN 1679-012X Versão Eletrônica - 5ª edição Set./2009. Produção de sorgo.

EMBRAPA Milho e Sorgo - **Sistema de Produção**, 2, ISSN 1679-012X Versão Eletrônica - 8ª edição, Out./2012. Cultivo do Sorgo.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

GARCÍA-OLIVARES, J. G.; MORENO-MEDINA, V. R.; RODRÍGUEZ-LUNA, I. C.; MONDOZA-HERRERA, A.; MAYEK-PÉREZA, N. Biofertilización com *Azospirillum brasilense* em sorgo, em el norte de México. **Agricultura Técnica em México**, v.32, n.2, p.135-141, 2006.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; SOUZA, E. M.; PEDROSA, F. O. 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. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo**. Embrapa Soja – Documentos 325, 2011. Disponível em: < <http://www.cnpso.embrapa.br/download/doc325.pdf> > Acessado em: 11/04/2014

JORDÃO, L. T.; LIMA, F. F.; LIMA, R. S.; MORETTI, P. A. E.; PEREIRA, H. V.; MUNIZ, A. S.; OLIVEIRA, M. C. N. Teor relativo de clorofila em folhas de milho inoculado com *Azospirillum brasilense* sob diferentes doses de nitrogênio e manejo com braquiária. In: FERTBIO, 2010, Guarapari. **Anais...** Viçosa: SBCS, 2010. 1 CD-ROM.

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.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P.; DAL BEM, E. A.; PORTUGAL, J. R.; VILELA, R. G. Inoculação de sementes com bactérias diazotróficas e aplicação de nitrogênio em cobertura e foliar em milho. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v.34, n.2, p.527-538, 2013.

LIMA, E. V.; SILVA, T. R. B.; SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. Relação da leitura do clorofilômetro com o N total na folha de painço (*Panicum miliaceum* L.) em função da adubação nitrogenada de cobertura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 6, n. 2, p. 149-158, 2007.

MARIGUELE, K. H.; SILVA, P. S. L. Avaliação dos rendimentos de grãos e forragem de cultivares de sorgo granífero. **Caatinga**, Mossoró, v. 15, n. 1/2, p. 13-18, 2002.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2006. 729 p.

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.

OKON, Y.; VANDERLEYDEN, J. Root-associated *Azospirillum* species can stimulate plants. **ASM News**, Washington, v. 63, n. 7, p. 364-370, 1997.

PINTO JUNIOR, A. S.; GUIMARÃES, V. F.; RODRIGUES, L. F. O. S.; OFFEMANN, L. C.; COSTA, A. C. P. R.; SILVA, M. B.; DRANSKI, J. A. L.; BANDEIRA, K. B.; PEDROSA, F. O.; SOUZA, E. M. Resposta a Inoculação de Estirpes de *Azospirillum brasilense* na Cultura do Milho na Região Oeste do Paraná. Congresso Nacional De Milho e Sorgo, 29. **Anais...** Água de Lindóia, p. 282-288, 2012.

RAIJ, B. V.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285 p.

SALA, V. M. R.; CARDOSO, E. J. B. N.; FREITAS, J. G.; SILVEIRA, A. P. D. Resposta de genótipos de trigo à inoculação de bactérias diazotróficas em condições de campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 6, p. 833-842, 2007.

SCIVITTARO, W. B.; SANTOS, G. G.; FARIAS, D. G.; ANDRES, A.; CASTILHOS, R. M. V. Doses de nitrogênio e de atrazine em cultivo de sorgo em terras baixas. **Revista Brasileira de Agrociências**, Pelotas, v. 11, n. 3, p. 315-321, 2005.

SILVA, A. G. da.; BARROS, A. S.; SILVA, L. H. C. P. da.; MORAES, E. B. de.; PIRES, R.; TEIXEIRA, I. R. Avaliação de Cultivares de Sorgo Granífero na Safrinha

no Sudoeste do Estado de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 2, p. 168-174, 2009.

VAZQUEZ, G. H.; SILVA, M. R. R. da.; SOUSA, J. F. dos S.; MORAIS, B. F. de. Fontes de *Azospirillum brasilense* e Doses de Nitrogênio em Cobertura na Cultura do Sorgo Granífero. Congresso Nacional De Milho e Sorgo, 29. **Anais...** Água de Lindóia, p.1627-1633.2012.