

Características agronômicas de sorgo dupla aptidão submetidos à aplicação de extrato de algas e *Azospirillum brasilense* via foliar

Agronomic characteristics of sorghum submitted to the seaweed extract application and *Azospirillum brasilense* through leaf path

Características agronómicas del sorgo de doble aptitud sometido a la aplicación de extracto de algas y *Azospirillum brasilense* por vía foliar

Recebido: 01/06/2020 | Revisado: 03/06/2020 | Aceito: 10/07/2020 | Publicado: 20/07/2020

Vanessa Dias Rezende Trindade

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7475-1227>

Universidade Estadual Paulista, Brasil

E-mail: vanessadrtrindade@gmail.com

Ronaldo da Silva Viana

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6819-5092>

Universidade Estadual Paulista, Brasil

E-mail: Ronaldo.viana@unesp.br

Marco Eustáquio de Sá

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0588-0356>

Universidade Estadual Paulista, Brasil

E-mail: Marco.sa@unesp.br

André Luís da Silva Máximo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6598-562X>

Universidade Federal de Viçosa, Brasil

E-mail: Almaximos187@gmail.com

Maria Gabriela de Oliveira Andrade

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3348-5150>

Universidade Estadual Paulista, Brasil

E-mail: Gabriela13andrade@hotmail.com

Resumo

No cenário atual, os bioestimulantes tem sido estudado em diversas culturas para verificação de possíveis resultados em variáveis referentes ao desenvolvimento vegetal. Com isso, este trabalho objetivou avaliar características agronômicas de plantas de sorgo dupla aptidão

submetidas a aplicação de fertilizante com extrato de algas e *Azospirillum brasilense* via foliar aos 60 dias após a semeadura (DAS). O experimento foi conduzido na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) pertencente à Faculdade de Engenharia do Campus de Ilha Solteira da Universidade Estadual Paulista (UNESP), localizada em Selvíria (MS). Os tratamentos foram constituídos de cinco doses de fertilizante foliar composto com zinco e extrato de algas de *Ascophyllum nodosum* (0,0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 L ha⁻¹) e duas situações (ausência e presença de *A. brasilense* (estirpe Abv5 e 6, na dose 1,0 L ha⁻¹)), em delineamento blocos ao acaso, com quatro repetições cada tratamento. As variáveis analisadas foram altura de plantas, diâmetro de colmo, número de folhas, população final de plantas, matéria seca de plantas inteiras, produtividade de grãos e panículas e relação grão/panícula. A partir da análise estatística, foi visto que as doses de fertilizante com extrato de algas foram distintas para as variáveis matéria seca, produtividade de panículas e relação grão/panícula, onde a testemunha foi superior em relação às demais doses, principalmente para produtividade de grãos na presença de *Azospirillum brasilense*. Assim, o fertilizante com extrato de algas não proporcionou resultados expressivos nas características agrônômicas, porém a aplicação da bactéria promoveu maior produtividade de grãos e de panículas.

Palavras-chave: bioestimulantes; *sorghum bicolor*; bactéria diazotrófica.

Abstract

In the world scenario, biostimulants have been studied in several cultures to verify their possible results in variables related to plant development. With this, this work aimed to evaluate agronomic characteristics of double aptitude sorghum plants submitted to the application of fertilizer with algae extract and *Azospirillum brasilense* via leaf at 60 days after sowing (DAS). The experiment was conducted at the Teaching, Research and Extension Farm (FEPE) belonging to the Engineering Faculty of the Ilha Solteira Campus of the Universidade Estadual Paulista (UNESP), located in Selvíria (MS). The treatments consisted of five doses of foliar fertilizer composed of zinc and seaweed extract of *Ascophyllum nodosum* (0.0; 0.5; 1.0; 1.5 and 2.0 L ha⁻¹) and two situations (absence and presence of *A. brasilense* (strain Abv5 and 6, at a dose of 1.0 L ha⁻¹), in a randomized block design, with four replicates each treatment. The variables analyzed were plant height, stem diameter, number of leaves, final plant population, dry matter of whole plants, grain and panicle productivity and grain/panicle ratio. From the statistical analysis, it was seen that the fertilizer doses with algae extract were different for the variables dry matter, panicle productivity and grain/panicle ratio, where the control was superior concerning the other doses, mainly for grain productivity. in the presence

of *Azospirillum brasilense*. Thus, the fertilizer with algae extract did not provide significant results in agronomic characteristics, however, the application of the bacteria promoted greater productivity of grains and panicles.

Keywords: biostimulants; *sorghum bicolor*; diazotrophic bacteria.

Resumen

En el escenario actual, los bioestimulantes se han estudiado en varias culturas para verificar sus posibles resultados en variables relacionadas con el desarrollo de las plantas. Por lo tanto, este trabajo tuvo como objetivo evaluar las características agronómicas de las plantas de sorgo de doble ajuste sometidas a la aplicación de fertilizante con extracto de algas y *Azospirillum brasilense* a través de la hoja a los 60 días después de la siembra (DDS). El experimento se realizó en la Granja de Enseñanza, Investigación y Extensión (FEPE) perteneciente a la Facultad de Ingeniería del Campus Ilha Solteira de la Universidade Estadual Paulista (UNESP), ubicada en Selvíria (MS). Los tratamientos consistieron en cinco dosis de fertilizante foliar compuesto de zinc y extracto de algas marinas de *Ascophyllum nodosum* (0.0; 0.5; 1.0; 1.5 y 2.0 L ha⁻¹) y dos situaciones (ausencia y presencia de *A. brasilense* (cepa Abv5 y 6, a una dosis de 1.0 L ha⁻¹), en un diseño de bloques al azar, con cuatro repeticiones en cada tratamiento. Las variables analizadas fueron altura de la planta, diámetro del tallo, número de hojas, población final de plantas, materia seca de plantas enteras, productividad de granos y panículas y relación grano / panícula. A partir del análisis estadístico, se observó que las dosis de fertilizante con extracto de algas fueron diferentes para las variables materia seca, productividad de la panícula y relación grano / panícula, donde el control fue superior en relación con las otras dosis, principalmente para la productividad del grano. en presencia de *Azospirillum brasilense*. Por lo tanto, el fertilizante con extracto de algas no proporcionó resultados significativos en las características agronómicas, sin embargo, la aplicación de la bacteria promovió una mayor productividad de granos y panículas.

Palabras clave: bioestimulantes; sorgo bicolor; bacterias diazotróficas.

1. Introdução

O sorgo (*Sorghum bicolor* L. (Moench)) é uma gramínea com crescente expansão nos últimos anos devido a sua adaptabilidade ao ambiente de cultivo e a possibilidade de utilização para diversos fins, desde alimentação humana até como matéria prima para produção de etanol (Ratnavathi, 2019). Possui tolerância a seca, além de exigir baixa quantidade de água durante

seu desenvolvimento, tornando-se uma opção sustentável como base alimentar humana ou como forrageira para regiões áridas e períodos secos do ano, principalmente em regiões ameaçadas pelas mudanças climáticas (Taylor, 2019), onde lugares mais frios têm se tornado mais quentes, porém o sorgo pode se adaptar em ambas condições (Degener, 2015).

Caracterizada com uma cultura versátil, o sorgo pode ser utilizado para alimentação humana visto que os grãos são ricos em proteínas, vitaminas e minerais (Degener, 2015). Utilizado para alimentação de animais, o sorgo tem sido uma alternativa para substituir o milho em períodos de seca na forma de silagem (Roby *et al.*, 2017). As usinas sucroenergéticas tem utilizado o sorgo como matéria prima para produção de etanol visto que os cultivares de sorgo sacarino possuem altos teores de sólidos solúveis e carboidratos insolúveis, podendo ser utilizados também para produção de etanol segunda geração através do processo lignocelulósico (Mathur *et al.*, 2017).

Com o crescente aumento da população mundial aliado com o impacto das mudanças climáticas na agricultura, é necessário utilizar recursos para incrementar o desenvolvimento e a produtividade de culturas (Taylor, 2019). Os bioestimulantes, substâncias benéficas para plantas que não sejam nutrientes, pesticidas ou fertilizantes, tem sido utilizado em diversas culturas para promoção de crescimento, modulação de desenvolvimento de características das plantas, além de aumentar a tolerância a estresse do ambiente (Du Jardin, 2015).

Dentre os biostimulantes, tem-se utilizado o extrato de algas da espécie *Ascophyllum nodosum*, o qual promove aumento do crescimento e produtividade em várias culturas através da atuação em rotas metabólicas secundárias, produzindo compostos orgânicos. Modelos sugerem que este extrato pode modular sinais genéticos para produção de compostos fenólicos, e quando aplicado via foliar, pode conferir tolerância ao ataque de patógenos (Battacharyya *et al.*, 2015).

Outra alternativa para agricultura com os atuais desafios é a utilização de bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV), sendo o gênero *Azospirillum* um dos mais estudados, devido sua capacidade de promover o crescimento de plantas, e consequentemente, poder ser utilizado como biofertilizantes em culturas comerciais (Sahu & Brahmprakash, 2016). Essas bactérias podem atuar de forma direta através da modulação de níveis de hormônios vegetais na planta, além de aumentarem a absorção de macro e micronutrientes pela sua atuação na rizosfera do hospedeiro (Vurukonda *et al.*, 2018).

Assim, na busca de incorporar alternativas para aumentar a produtividade para acompanhar as mudanças a nível climático, econômico e social que estão ocorrendo no cenário atual, este trabalho tem como objetivo avaliar características agrônômicas de plantas

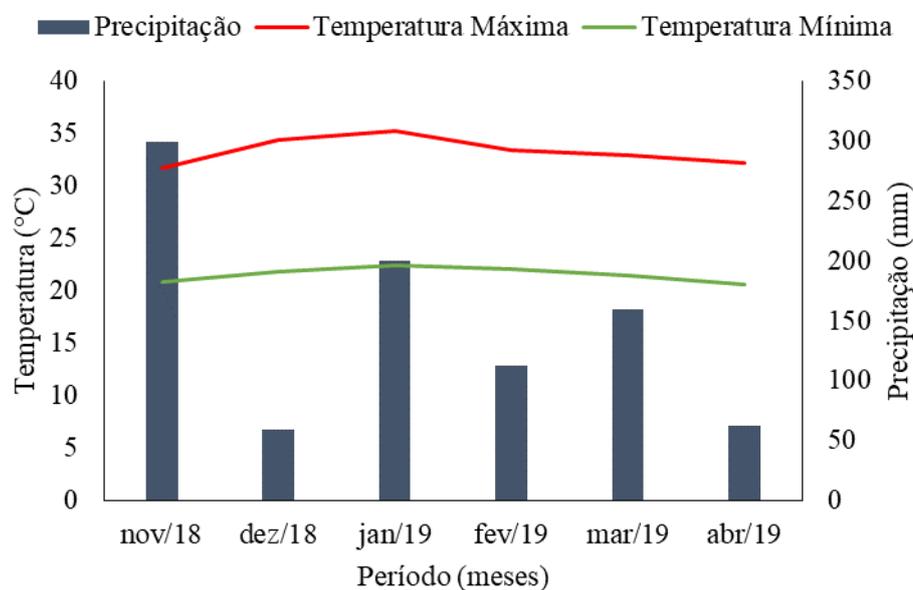
de sorgo dupla aptidão submetidas a aplicação de fertilizante com extrato de algas e *Azospirillum brasilense* via foliar aos 60 dias após a semeadura (DAS).

2. Metodologia

O experimento foi conduzido na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), pertencente à Faculdade de Engenharia do Campus de Ilha Solteira da Universidade Estadual Paulista (UNESP), localizada em Selvíria (MS), com as coordenadas geográficas 20° 22' 02'' S e 51° 25' 08'' W.

O clima é caracterizado como tropical úmido Aw conforme classificação de Köppen, com estação chuvosa no verão e seca no inverno, apresentando temperatura média anual de 23°C e com precipitação anual média de 1.322 mm. A seguir são apresentados os dados de precipitação pluvial e temperaturas mínimas e máximas mensais durante a condução do experimento (Figura 1).

Figura 1. Valores de temperaturas máximas, mínimas e precipitação pluvial referentes ao período de condução do experimento. Selvíria – MS, 2019.



Fonte: Canal Clima UNESP.

O solo da área experimental é classificado como LATOSSOLO VERMELHO distrófico, textura argilosa (Embrapa, 2018). Previamente à instalação do experimento

realizou-se a coleta de amostras de solo e análise química para quantificação de macronutrientes, seguindo a metodologia de Raij (2011), de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização do solo da área experimental na camada de 0,00 a 0,20 m. Selvíria – MS, 2019.

Profundidade	Resultados Analíticos								
	P (mg dm ⁻³)	MO (g dm ⁻³)	pH	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	CTC	SB
0,00-0,20m	15	28	4,5	3,3	20	14	6	84,3	37,3

Profundidade	V	Ca/CTC	Mg/CTC	m
	%			
0,00-0,20m	34,5	24	17	14

Matéria Orgânica (MO); Capacidade de Troca Catiônica (CTC); Soma de Bases (SB); Saturação de Bases (V); Quantidade de cálcio na CTC (Ca/CTC); Quantidade de magnésio na CTC (Mg/CTC); Saturação por alumínio (m).

Fonte: Laboratório de Fertilidade de solos do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (2019).

Dois meses antes da instalação do experimento, foi realizada aplicação de calcário dolomítico na recomendação de 1 t ha⁻¹ na área experimental. A semeadura do cultivar de sorgo dupla aptidão Silotec-20 foi realizada em 18 de novembro de 2018, realizando adubação no sulco de semeadura com NPK 08-28-16 na recomendação de 300 kg ha⁻¹ pela semeadora mecânica composta por seis linhas espaçadas 0,85m. Este cultivar pode ser utilizado para produção de etanol, utilizado como matéria prima para silagem animal e para pastoreio, podendo produzir de 30 a 80 t ha⁻¹ de silagem, 40 a 60 t ha⁻¹ de colmos e 1.500 a 4.000 litros ha⁻¹ de etanol. Apresenta ciclo de 105 a 125 dias, alta tolerância a solos ácidos, a seca e acamamento.

A irrigação foi conduzida por carretel de irrigação com frequência de dois dias entre cada irrigação. Durante a condução do experimento foram aplicados herbicidas para controle de plantas daninhas (grupo atrazina) e inseticidas e fungicidas para controle de pragas e doenças, seguindo os produtos registrados no Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários (AGROFIT).

O delineamento utilizado foi blocos ao acaso, em esquema fatorial 5x2, sendo cinco doses (0,0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 L ha⁻¹) de fertilizante mineral contendo extrato de algas (*Ascophyllum nodosum*) e 10% de zinco e duas situações (ausência e presença de A.

brasiliense (estirpe Abv5 e 6, na dose 1,0 L ha⁻¹), com quatro repetições, totalizando 40 parcelas. As parcelas foram constituídas de 6 linhas espaçadas 0,85 m entre si e com 5 m de comprimento, totalizando 25,5 m² por parcela e 1.020 m² todo o experimento. As duas linhas laterais foram tomadas como bordadura, sendo as duas linhas centrais com densidade de 10 a 12 plantas por metro linear utilizadas para coleta das amostras

Os tratamentos foram aplicados aos 60 dias após a semeadura (DAS) via pulverização foliar, sendo realizada diluição proporcional de 150 litros (por hectare) para 4 litros de calda. A aplicação foi realizada sobre as três linhas centrais de cada parcela, totalizando 8,5 m² de cada parcela a receber os produtos. Foi utilizado um pulverizador costal pressurizado por CO₂, com uma barra de 2,40 m de comprimento, em forma de T, com 3 pontas AXI 11002 jatos plano espaçados em 0,80 m, possibilitando a aplicação simultânea em três linhas. A barra foi posicionada horizontalmente apoiada sobre outras duas barras verticais que sustentaram a barra pulverizadora a ±50 cm acima do nível da cultura. A pressão utilizada foi de 40 libras/Pol com um volume de calda. Realizou-se a aplicação observando as condições ideais sugeridas pelo fabricante.

O experimento foi colhido aos 127 DAS, sendo avaliadas as variáveis altura de plantas, diâmetro de colmo, número de folhas e estimativa da população final de plantas por hectare a partir do número de plantas por metro. Foram coletadas duas plantas por parcela, levadas à estufa de ar circulatório a 65° C por 72 horas, e posteriormente, pesada a massa seca para estimativa de matéria seca de planta inteira produzida por hectare. Após a emissão das panículas, foram protegidas 10 panículas de cada parcela, e por ocasião da colheita, estas foram coletadas e separados os grãos da panícula para estimativa de produtividade de grãos por hectare, e as panículas, foram pesadas e estimada a produtividade de panículas por hectare.

Após a coleta dos dados foi realizada a análise estatística a partir do teste F através do software AGROESTAT® (Barbosa & Maldonado, 2015). Para os fatores qualitativos, foi aplicado o teste de Tukey a 5% de significância para comparação de médias. Para fatores quantitativos, foram utilizadas a regressão linear e quadrática com intuito de obter linha de tendência que se ajuste aos dados e facilite o entendimento. Complementarmente, foi realizada a correlação de Pearson entre as variáveis.

3. Resultados e Discussão

As características agronômicas população final, altura de planta, diâmetro e número de folhas não foram distintas entre as doses aplicadas e a bactéria estudada (Tabela 2). Em relação ao estande de plantas, todos os tratamentos foram menores do que 140.000 plantas (população estimada para o número de sementes semeado), sendo que apenas a dose 1,0 L ha⁻¹ apresentou número de plantas inferior a 100.000 plantas, representando uma redução de 44.410 plantas durante a condução da cultura. Em discordância, Haach e Primieri (2012) ao avaliarem aplicação de extrato de algas na cultura da soja, verificaram que a aplicação via foliar em estádios mais avançados promoveu maior estande de plantas ao final da condução do estudo.

Quanto à altura de plantas, Galindo *et al.* (2015) ao avaliarem doses de extrato de algas aplicadas via foliar em plantas de milho, constataram resultado semelhante ao não encontrar diferença estatística entre a aplicação do extrato e a testemunha. Em semelhança, Pereira *et al.* (2018) ao avaliarem diferentes doses de extrato de algas aplicadas em diferentes estádios de crescimento de milho também não verificaram distinção estatística, constatando que não houve efeito no desenvolvimento vegetativo da cultura, assim como no presente estudo. Em relação ao diâmetro e número de folhas, as doses não proporcionaram diferença estatística, em discordância com Mogor *et al.* (2008) os quais encontraram maior número de folhas ao aplicar maior dose de extrato de algas via foliar em plantas de feijoeiro.

A aplicação de *Azospirillum brasilense* não apresentou diferença estatística para as variáveis, em concordância com Nakao *et al.* (2018) que ao avaliar o cultivo de sorgo dupla-aptidão na presença ou ausência de aplicação de *Azospirillum brasilense*, verificaram ausência de distinção estatística para a mesma situação com a bactéria (presença ou ausência). Martins *et al.* (2016) ao avaliarem bioestimulantes em dois híbridos de milho, verificaram que a aplicação de *Azospirillum brasilense* e hormônios vegetais não proporcionaram distinção estatística para diâmetro de colmo de plantas.

Tabela 2. Valores de Test F para população final (plantas ha⁻¹), altura de plantas (m), diâmetro de colmo (mm) e número de folhas aos 127 DAS quando aplicada doses de fertilizante com extrato de algas (L ha⁻¹), na ausência ou presença de *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2019.

Fontes de Variação	População Final (plantas ha ⁻¹)	Altura de Planta (m)	Diâmetro (mm)	Nº Folhas	
Doses	Médias				
0,0	123287	3,00	19,86	10,75	
0,5	110051	2,92	19,45	11,12	
1,0	95590	2,96	19,04	11,25	
1,5	107845	2,97	19,92	11,12	
2,0	102944	3,12	20,10	11,12	
<i>Azospirillum brasilense</i>	Médias				
Presença	108924	2,95	19,76	10,85	
Ausência	106963	3,03	19,59	11,30	
Doses	2,186 ^{ns}	0,916 ^{ns}	0,803 ^{ns}	0,449 ^{ns}	
<i>Azospirillum brasilense</i>	0,101 ^{ns}	1,055 ^{ns}	0,154 ^{ns}	3,165 ^{ns}	
D x B	2,213 ^{ns}	0,308 ^{ns}	1,678 ^{ns}	0,332 ^{ns}	
CV (%)	18,10	7,61	6,83	7,22	
Regressão	Linear	3,854 ^{ns}	1,376 ^{ns}	0,390 ^{ns}	0,703 ^{ns}
	Quadrática	2,816 ^{ns}	2,071 ^{ns}	1,919 ^{ns}	0,893 ^{ns}
	Desvio	1,038 ^{ns}	0,108 ^{ns}	0,676 ^{ns}	0,100 ^{ns}

*: significativo a 5% probabilidade pelo teste F. ns = não significativo. CV = coeficiente de variação. Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si a 5%.

Quanto à matéria seca de planta inteira (Tabela 3), não foi constatada diferença estatística entre as doses aplicadas, embora a testemunha tenha produzido 25.732 kg ha⁻¹ mais matéria seca do que a dose 1,0 L ha⁻¹ que obteve menor quantidade produzida. Em discordância, Sousa *et al.* (2019) ao avaliarem diferentes doses de extrato de algas em plantas de amendoim aplicadas via foliar, verificaram menor quantidade de matéria seca produzida na dose 0,5 L ha⁻¹. Em contrapartida, Faria (2018) verificou que ao aplicar o dobro da dose recomendada de extrato de algas obteve maior produção de matéria seca.

Em relação à produtividade de grãos, foi constatada diferença estatística entre as doses de fertilizante com extrato de algas, sendo que a testemunha foi superior em 64,20% de quando aplicado 2,0 L ha⁻¹, demonstrando que a produtividade não foi influenciada pela aplicação do fertilizante. Em semelhança, Haach e Primieri (2012) verificaram maior produtividade quando aplicado extrato de algas em combinação com zinco e molibdênio em

soja. Em discordância, Pereira *et al.* (2018) não verificaram diferença estatística quando aplicadas doses de extrato de algas durante o desenvolvimento vegetativo de milho.

A produtividade de panícula também apresentou diferença estatística entre as doses, sendo a testemunha e a dose 0,5 L ha⁻¹ os tratamentos superiores em relação aos demais, enquanto a dose 1,0 L ha⁻¹ foi inferior, produzindo 38,23% menos panícula em relação à testemunha. Porém, apresentando comportamento distinto à variável anterior, a relação grão/panícula, ao apresentar diferença estatística, foi verificado que as doses 1,0 e 1,5 L ha⁻¹ foram superiores em relação à dose 2,0 L ha⁻¹, demonstrando que mesmo apresentando menor produtividade de grãos, a quantidade de palha foi reduzida, sendo proporcional a produção da planta. Costa *et al.* (2015) ao estudarem espaçamentos para condução do sorgo, verificaram que no espaçamento de 0,80 m apresentou relação grão/panícula igual 0,63, demonstrando que o valor obtido pela dose 2,0 L ha⁻¹, mesmo sendo inferior em relação às demais doses, ainda assim foi um valor satisfatório.

A aplicação da bactéria não apresentou diferença estatística para as variáveis da Tabela 2. Em discordância, Nakao *et al.* (2018) verificaram diferença estatística para a quantidade de matéria seca de plantas produzida, sendo a presença da bactéria superior em 1,44 t ha⁻¹ em relação à ausência da aplicação. Quanto à produtividade de grãos, Martins *et al.* (2016) também não verificaram diferença estatística para aplicação da bactéria na cultura do milho. Em relação à produtividade de panículas, Nakao *et al.* (2018) também não verificaram diferença estatística entre a presença ou ausência da bactéria em plantas de sorgo dupla-aptidão.

Tabela 3. Valores de Test F para matéria seca de planta inteira (kg ha⁻¹), produtividade de grãos (kg ha⁻¹), produtividade de panícula (kg ha⁻¹) aos 127 DAS quando aplicada doses de fertilizante com extrato de algas (L ha⁻¹), na ausência ou presença de *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2019.

Fontes de Variação		MS Planta Inteira (kg ha ⁻¹)	Produtividade de Grãos (kg ha ⁻¹)	Produtividade de Panícula (kg ha ⁻¹)
Doses		Médias		
	0,0	65083	4478	782
	0,5	52643	3584	775
	1,0	42999	3196	483
	1,5	39351	3505	532
	2,0	44441	2727	569
<i>Azospirillum brasilense</i>		Médias		
	Presença	47341	3511	595
	Ausência	50466	3486	661
	Doses	2,244 ^{ns}	2,329 ^{ns}	4,122 [*]
<i>Azospirillum brasilense</i>		0,260 ^{ns}	0,004 ^{ns}	1,159 ^{ns}
	D x B	1,694 ^{ns}	3,777 [*]	3,884 [*]
	CV (%)	39,65	34,05	31,19
Regressão	Linear	6,338 [*]	7,215 [*]	9,346 [*]
	Quadrática	2,562 ^{ns}	0,345 ^{ns}	2,747 ^{ns}
	Desvio	0,038 ^{ns}	0,878 ^{ns}	2,198 ^{ns}

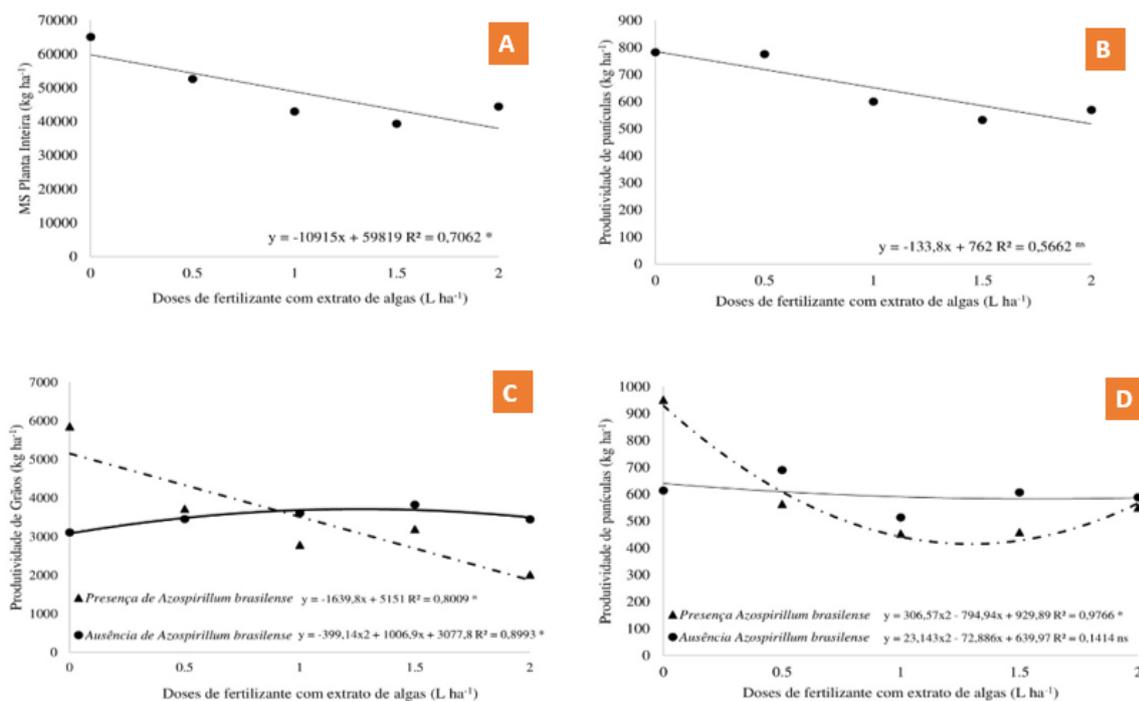
*: significativo a 5% probabilidade pelo teste F. ns = não significativo. CV = coeficiente de variação. Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si a 5%.

A quantidade de matéria seca de planta inteira ajustou-se linearmente às doses de extrato de algas (Figura 2A), alcançando valor superior à 60.000 kg ha⁻¹, demonstrando que a presença da bactéria aplicada na ausência do extrato de algas proporcionou maior acúmulo de nutrientes. Em relação à produtividade de panículas (Figura 2B), também foi verificado ajuste linear para os dados, sendo o mesmo comportamento da variável anterior semelhante à esta, ou seja, a testemunha foi superior em relação às demais doses.

Em relação ao desdobramento dos fatores para produtividade de grãos (Figura 2C), é visto que para a ausência da bactéria (linha contínua) foi encontrada um modelo de regressão quadrático com coeficiente de determinação significativo, demonstrando que houve uma tendência de aumento da produtividade, sendo a dose 1,5 L ha⁻¹ superior ligeiramente em relação às demais. Quanto à aplicação da bactéria (linha tracejada), foi encontrado ajuste linear para explicação dos dados, apresentando tendência negativa com o aumento das doses,

uma vez que a testemunha foi a dose com maior produtividade de grãos. Quanto ao desdobramento dos fatores para produtividade de panículas (Figura 2D), para a presença da bactéria (linha contínua), foi encontrado ajuste quadrático, porém com coeficiente de determinação não significativo, sendo que a dose 1,5 L ha⁻¹ proporcionou maior quantidade de panículas em associação com a bactéria, enquanto na ausência da bactéria (linha tracejada), foi encontrado ajuste quadrático e coeficiente de determinação significativo, demonstrando que a testemunha proporcionou maior quantidade de panículas, semelhante ao comportamento da produtividade de grãos.

Figura 2. Modelos de regressão: (A) Matéria seca de planta inteira (kg ha⁻¹); (B) produtividade de panículas; (C) desdobramento dos fatores para produtividade de grãos; (D) desdobramento dos fatores para produtividade de panículas, aos 127 DAS quando aplicada doses de fertilizante com extrato de algas (L ha⁻¹), na ausência ou presença de *Azospirillum brasilense*.



Fonte: Selvíria – MS (2019).

Em relação à análise de correlação de Pearson (Tabela 4), houve relações significativas entre variáveis. O número de folhas apresentou correlação significativa negativa com o diâmetro de colmo, demonstrando comportamento distinto do convencional, uma vez que com o aumento do diâmetro espera-se maior absorção de nutrientes, e consequentemente,

maior formação de folhas para fotossíntese. Em relação à quantidade matéria seca de plantas inteiras, houve correlação positiva com o número de folhas, visto que maior número de folhas proporciona maior quantidade de matéria seca final para a planta. Esta variável também apresentou correlação com a população de plantas (negativa), demonstrando que quanto maior o estande, maior competição pelos fatores bióticos de crescimento (luz, água, nutrientes), ocorrendo menor absorção de nutrientes por planta.

A produtividade apresentou correlação positiva com os fatores população de plantas e matéria seca de plantas, visto que maior quantidade de plantas proporciona maior quantidade de grãos produzidos e também promove incremento na matéria seca das plantas inteiras. A produtividade de panículas apresentou correlação positiva com número de folhas, população final, matéria seca de plantas e produtividade de grãos, apontando a importância de manejos adequados durante a condução das plantas, uma vez que resultados satisfatórios destas variáveis beneficiam a quantidade de panículas produzidas.

Tabela 4. Valores de Test F para correlação de Pearson para as variáveis analisadas aos 127 DAS quando aplicada doses de fertilizante com extrato de algas ($L\ ha^{-1}$), com a ausência ou presença de *Azospirillum brasilense*.

	Altura de Plantas	Diâmetro	Nº Folhas	População Final	MS de Planta Inteira	Produtividade de Grãos
Diâmetro	0,1052 ^{ns}					
Nº Folhas	0,0502 ^{ns}	-0,4049 [*]				
População Final	-0,0970 ^{ns}	0,0708 ^{ns}	0,2192 ^{ns}			
MS de Planta Inteira	-0,0469 ^{ns}	-0,1327 ^{ns}	0,3398 [*]	-0,7407 ^{**}		
Produtividade de Grãos	0,0785 ^{ns}	-0,0331 ^{ns}	0,2162 ^{ns}	0,6303 ^{**}	0,350991 [*]	
Produtividade de Panículas	0,0070 ^{ns}	-0,1134 ^{ns}	0,3259 [*]	0,5723 ^{**}	0,5373 ^{**}	0,5474 ^{**}

^{ns} = Não significativo pelo Teste F a 5% de significância.

Fonte: Selvíria – MS (2019).

4. Considerações Finais

A aplicação de *Azospirillum brasilense* proporcionou maior produtividade de grãos e produção de panículas de sorgo na ausência de extrato de algas. A utilização do fertilizante com extrato de algas não promoveu incrementos significativos para características agronômicas de sorgo dupla-aptidão, sendo necessário mais estudos para obtenção de doses e épocas de aplicação mais adequadas.

Referências

- Barbosa, J. C., Maldonado, J. (2015). AgroEstat - sistema para análises estatísticas de ensaios agronômicos. Jaboticabal: FCAV/UNESP. 396.
- Battacharyya, D., Babgohari, M. Z., Rathor, P., Prithiviraj, B. Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Sci. Hortic.* 196, 39–48, 2015.
- Costa, S. M. S., Massocatto, E., Lima, F. B., Marques, J. de S., & Pequeno, M. V. (2015). Densidade de semeadura para sorgo granífero em Latossolo Vermelho, na Zona da Mata rondoniense. In: XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 35., 2015, Natal. Anais [...] . Natal: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015. 1-3.
- Degener, J. F. (2015). Atmospheric CO₂ fertilization effects on biomass yields of 10 crops in northern Germany. *Front. Environ. Sci.* 3.
- Du jardin, P., (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, Volume 196, 3-14, ISSN 0304-4238.
- Empresa brasileira de pesquisa agropecuária (2018). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 353.
- Faria, O. C. O. (2018). Uso de bioestimulantes à base de substâncias húmicas e extrato de algas no desenvolvimento inicial do arroz de terras altas. 2018. 37 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Mato Grosso, Barra do Garças.

- Galindo, F. S., Teixeira filho, M. C. M., Buzetti, S., Alves, C. J., Garcia, C. M. d. P., Nogueira, L. M. (2019). Extrato de algas como bioestimulante da produtividade do trigo irrigado na região do cerrado. *Colloquium Agrariae*. ISSN: 1809-8215, 15(1), 130-140.
- Haach, R., & Primieri, C. (2012). Aplicação de zinco e molibdênio em tratamento de sementes e via foliar na cultura da soja. *Cultivando O Saber, Cascavel*, 5(1), 21-29.
- Martins, D. C., Borges, I. D., Cruz, J. C., & Martins Netto, D. A. (2016). Produtividade de duas cultivares de milho submetidas ao tratamento de sementes com bioestimulantes fertilizantes líquidos e *Azospirillum* sp. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo, Sete Lagoas*, 15(2), 217-228.
- Mathur, S., Umakanth, A.V., Tonapi, V.A., Sharma, R., Sharma, M. K. (2017). Sweet sorghum as biofuel feedstock: recent advances and available resources. *Biotechnol. Biofuels* 10, 146.
- Mógor, A. F., Ono, E. O., Rodrigues, J. D., & Mogor, G. (2008). Aplicação foliar de extrato de alga, ácido l-glutâmico e cálcio em feijoeiro. *Scientia Agraria, [S.l.]*, 431-437, out. 2008. ISSN 1983-2443.
- Nakao, A. H., Andreotti, M., Soares, D. de A., Modesto, V. C., & Dickmann, L. (2018). Intercropping *Urochloa brizantha* and sorghum inoculated with *Azospirillum brasilense* for silage. *Rev. Ciênc. Agron., Fortaleza*, 49(3), 501-511.
- Pereira, H. D., Fiorini, R. G., Pinho, F. R., Resende, E. L., & Pereira, C. S. (2018). *Ascophyllum nodosum* seaweed extract effects in maize crop. *Scientific Eletronic Archives, Lavras*, 11(5), 94-98.
- Raij, B.V., Cantarella, H., Quaggio, J. A., & Furlani, A. M. C. (1997). Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. *Boletim Técnico, 100*. Campinas: IAC, 285.
- Ratnavathi, C. (2019). Grain structure, quality, and nutrition. *Breeding Sorghum for Diverse End Uses*. Elsevier, 193_207.

Roby, M. C., M. G., Salas Fernandez, E. A., Heaton, F. E., Miguez, A., & Vanlooche (2017). Biomass sorghum and maize have similar water-use-efficiency under non-drought conditions in the rain-fed Midwest U.S. *Agric. For. Meteorol.* 247, 434–444.

Sahu, P. K., & Brahma Prakash, G.P. (2016). Formulations of biofertilizers – approaches and advances. D. Singh, H. Singh, R. Prabha (Eds.), *Microbial Inoculants in Sustainable Agricultural Productivity*, Springer, New Delhi, 179-198.

Sousa, J. A., Sousa, R. R., Almeida, M. V. S., Becalli, R. A., & Leite, M. R. P. (2019). Resposta do amendoim forrageiro submetido a diferentes doses de bioestimulante. In: *Jornal de Iniciação Científica*, 15., 2019, Palmas. Anais [...]. Palmas: Instituto Federal de Tocantins, 1-8.

Taylor, J. R. N. (2019). Sorghum and Millets, 1–21. DOI:10.1016/b978-0-12-811527-5.00001-0.

Vurukonda, S. S. K. P., Giovanardi, D., & Stefani, E. (2018). Plant growth promoting and biocontrol activity of *Streptomyces* spp. as endophytes. *Intl. J. Mol. Sci.* 19, 952.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Vanessa Dias Rezende Trindade – 60%

Ronaldo da Silva Viana – 15%

Marco Eustáquio de Sá – 15%

André Luís Máximo da Silva – 05%

Maria Gabriela de Oliveira Andrade – 05%