

Produtividade do milho em resposta a aplicação de nitrogênio e à inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae*⁽¹⁾

Érica de Oliveira Araújo⁽²⁾; Fábio Martins Mercante⁽³⁾; Antonio Carlos Tadeu Vitorino⁽⁴⁾; Danieli Piereti Nunes⁽²⁾; Leandro Ramão Paim⁽²⁾; Diego Augusto Espindola Mendes⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da Universidade Federal da Grande Dourados, da Embrapa Agrobiologia e da Embrapa Agropecuária Oeste. ⁽²⁾ Doutorando (a) em Agronomia (Produção Vegetal), Universidade Federal da Grande Dourados, Faculdade de Ciências Agrárias, Rodovia Dourados/Itahum, km 12, Cidade Universitária, CEP 79804-970, Dourados-MS, Brasil. Caixa Postal 533. E-mail: ericabb25@hotmail.com; leandro.r.paim@hotmail.com; danipiereti@gmail.com. ⁽³⁾ Pesquisador da Embrapa Agropecuária Oeste, BR 163, km 253,6, CEP 79804-970, Dourados-MS, Brasil. mercante@cpao.embrapa.br; ⁽⁴⁾ Professor Adjunto, Universidade Federal da Grande Dourados, Faculdade de Ciências Agrárias, Rodovia Dourados/Itahum, km 12, Cidade Universitária, CEP 79804-970, Dourados-MS, Brasil. Caixa Postal 533. E-mail: antoniovitorino@ufgd.edu.br. ⁽⁵⁾ Graduando em Agronomia, Universidade Federal da Grande Dourados, Faculdade de Ciências Agrárias, Rodovia Dourados/Itahum, km 12, Cidade Universitária, CEP 79804-970, Dourados-MS, Brasil. Caixa Postal 533. E-mail: diegobetfuer@hotmail.com.

RESUMO: Existe um interesse crescente pelo uso de inoculantes contendo bactérias que promovem o crescimento e incrementam a produtividade de plantas, devido ao alto custo dos fertilizantes químicos e a uma conscientização em prol de uma agricultura mais sustentável e menos poluente. Assim, objetivou-se com o presente trabalho avaliar em condições de campo a produtividade do milho em função da aplicação de nitrogênio e da inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae*. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com nove tratamentos e seis repetições. Os resultados permitiram concluir que a adubação nitrogenada e a inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* influenciaram a massa de espiga, diâmetro de espiga, número de grão por espiga, massa seca da parte aérea e produtividade. A inoculação de *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* acrescidos de 30 kg ha⁻¹ de N pode suprir até 90 kg ha⁻¹ de N na cultura do milho.

Termos de indexação: *Zea mays* L., bactérias diazotróficas, fixação biológica de nitrogênio.

INTRODUÇÃO

Dentre os nutrientes minerais, o nitrogênio (N) é um dos mais importantes e limitantes na produtividade do milho, sendo requerida a sua aplicação em grandes quantidades para suprir a demanda da cultura (Dotto et al., 2010). Os custos econômicos e ambientais relacionados à fertilização nitrogenada têm estimulado a busca por alternativas que possam diminuir a utilização destes fertilizantes sem que haja diminuição da produção. Uma das possibilidades para viabilizar uma produção com menores custos sem prejudicar o ambiente é utilização dos recursos biológicos do solo, como as bactérias diazotróficas, que são consideradas

promotoras de crescimento vegetal por possuírem a capacidade de fixar nitrogênio (N₂) para a planta, e de produzir hormônios de crescimento como auxinas e giberelinas (Dobbelaere et al., (2002), sendo importante salientar que o processo de FBN por essas bactérias em associação com gramíneas consegue suprir apenas parcialmente as necessidades das plantas em nitrogênio (Hungria et al., 2011).

Dentre os microrganismos diazotróficos encontrados em associações com gramíneas, as espécies de *Azospirillum* e *Herbaspirillum* constituem os grupos mais bem estudados atualmente. Os resultados de inoculação destes gêneros são variáveis, e efeitos significativos sobre a produção de grãos e absorção de nutrientes já foram relatados (Braccini et al., 2012, Lana et al. 2012, Hungria et al. 2011).

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar em condições de campo a produtividade do milho em função da aplicação de nitrogênio e da inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado a campo na área experimental da Embrapa Agropecuária Oeste, em Dourados-MS, de março a agosto de 2012. As coordenadas geográficas são 22° 14' S e 54° 9' W, com altitude média de 450 metros. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distroférrico, de textura muito argilosa (Embrapa, 2006).

Os resultados da análise química do solo, na profundidade de 0-20 cm, antes da instalação do experimento resultaram nos seguintes valores: pH (CaCl₂) 4,5; M.O. 31,18 g dm⁻³; C: 18,13 g dm⁻³; P (melich): 22,07 mg dm⁻³; K: 6,0 mmol_c dm⁻³; Ca: 35,4 mmol_c dm⁻³; Mg: 8,7 mmol_c dm⁻³; Al: 4,8 mmol_c dm⁻³; H+Al: 62,1 mmol_c dm⁻³; SB: 50,1 mmol_c dm⁻³; CTC: 112,2 mmol_c dm⁻³, saturação

por bases 44,65%. A correção do solo e a adubação de base foram realizadas considerando-se os resultados da análise do solo. A área teve uma irrigação suplementar para manutenção hídrica, devido às condições climáticas da região no período de plantio e desenvolvimento da cultura.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com nove tratamentos e seis repetições, conforme descrito: 1. Controle sem N e sem inoculação; 2. Controle sem N e com *Azospirillum brasilense*; 3. Controle sem N e com *Herbaspirillum seropedicae*; 4. 30 kg ha⁻¹ de N no plantio; 5. 30 kg ha⁻¹ de N no plantio + *Azospirillum brasilense*; 6. 30 kg ha⁻¹ de N no plantio + *Herbaspirillum seropedicae*; 7. 30 kg ha⁻¹ de N no plantio + 90 kg ha⁻¹ de N na cobertura; 8. 30 kg ha⁻¹ de N no plantio + *Azospirillum brasilense* + 90 kg ha⁻¹ de N na cobertura; 9. 30 kg ha⁻¹ de N no plantio + *Herbaspirillum seropedicae* + 90 kg ha⁻¹ de N na cobertura.

Foram utilizadas sementes do híbrido simples P3646H, sendo previamente inoculadas com o produto comercial Azototal, na formulação líquida e o inoculante contendo estirpe Z-94 de *Herbaspirillum seropedicae* na formulação à base de turfa, cedidos pela Embrapa Agrobiologia, Seropédica-RJ. A dose aplicada foi de 150 mL para cada 50 kg de sementes de milho para o inoculante na formulação líquida, e de 250 g para cada 10 kg de sementes de milho do inoculante na formulação à base de turfa.

A semeadura foi realizada manualmente, com o auxílio de "matraca". Cada unidade experimental foi composta por 5 linhas de 5 metros de comprimento espaçadas em 0,90 m entre linhas. Para determinação da parcela útil foram eliminadas as duas linhas laterais e 0,5 m de cada extremidade da parcela, avaliando os 4 m de cada uma das três linhas centrais.

A adubação nitrogenada foi aplicada na dose de 30 kg ha⁻¹ de N no plantio, na forma de ureia (45%) colocada no sulco e 90 kg ha⁻¹ de N, aplicados em duas vezes de 45 kg ha⁻¹, em cobertura, na área total da parcela. Na cobertura, a primeira aplicação de N foi realizada no estágio de desenvolvimento correspondente a V4, e a segunda aplicação no estágio de desenvolvimento V7.

A colheita do milho foi realizada manualmente, coletando-se todas as espigas da de uma área útil das parcelas (9,0 m²). Para a determinação dos componentes de produção amostrou-se 10 espigas representativas por parcela, colhidas fora da área de produção de grãos. Os parâmetros avaliados foram: massa de espiga; comprimento de espiga, número de fileiras de grãos por espiga; número de grãos por espiga; diâmetro da base da espiga e massa de mil grãos. Na planta foi avaliado a altura de planta, o

diâmetro de colmo e a altura de inserção de espiga. Para determinar a produtividade de grãos, as espigas foram debulhadas com o auxílio de uma máquina manual, e pesados. Os resultados obtidos foram transformados para kg ha⁻¹, corrigindo-se a umidade para 13 % em base úmida. A massa seca da parte aérea das plantas foi estimada pela amostragem de três plantas dentro de cada parcela, sendo os resultados expressos em g/planta

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico SISVAR.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve resposta significativa da adubação nitrogenada e da inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* para massa de espiga, diâmetro de espiga, número de grão por espiga, massa seca da parte aérea e produtividade (Tabela 1), as demais variáveis não foram influenciadas por nenhum dos fatores estudados (inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* e/ou adubação nitrogenada).

A massa de espiga apresentou diferença significativa (p 0,05), sendo que o tratamento 9 proporcionou maior incremento na massa de espiga, diferindo estatisticamente do controle. Os valores variaram de 217,42 g/planta (controle) a 249,42 g/planta (30 kg ha⁻¹ de N no plantio + *Herbaspirillum seropedicae* + 90 kg ha⁻¹ de N na cobertura) por espiga, com acréscimos em relação ao controle de 14,71% (Tabela 1). O diâmetro de espiga e o número de grãos por espiga foram superiores no tratamento 7, diferindo estatisticamente do controle e não diferindo dos tratamentos 2, 4, 5, 6, 8 e 9, ou seja, com a adubação nitrogenada e com a inoculação das sementes com o *Azospirillum spp.* e *Herbaspirillum spp.*, respectivamente (Tabela 1).

O rendimento de massa seca da parte aérea variou de 246,63 g/planta no tratamento controle a 314,80 g/planta no tratamento inoculado com 30 kg ha⁻¹ de N no plantio + *Herbaspirillum seropedicae* + 90 kg ha⁻¹ de N na cobertura. Quanto aos demais tratamentos não houve diferença estatística entre eles, sugerindo que a inoculação com *Azospirillum sp.* ou *Herbaspirillum sp.* acrescidos de 30 kg ha⁻¹ de N seja suficiente para elevar a produção de massa seca da parte aérea, proporcionando um incremento médio de 15,22%. Resultados similares foram obtidos por Reis Junior et al. (2008); Lana et al. (2012) e Braccini et al. (2012).

As maiores produtividades de grãos de milho foram obtidas pelos tratamentos 7, 8, 9 e 5, ou seja,



com a adubação nitrogenada e com a inoculação das sementes com o *Azospirillum spp.* e *Herbaspirillum spp.*, respectivamente (Tabela 1). O tratamento 7 diferiu estaticamente do controle e dos tratamentos 2, 3, 4 e 6, promovendo aumento na produtividade de grãos na ordem de 10%, em comparação com o controle não inoculado e não adubado. Já os tratamentos 8, 9 e 5 promoveram incremento no rendimento na ordem de 6,78%, 6,82% e 3,25%, respectivamente. Hungria et al. (2011) e Lana et al. (2012) verificaram que a inoculação *Azospirillum brasilense* promoveu aumento na produtividade de grãos de milho de 26% e 15,4%, respectivamente. Alves (2007) obteve percentuais de incrementos para produtividade do milho de 24 e 34% com a utilização de *Herbaspirillum seropedicae* na safrinha e na safra, e que a inoculação pode suprir até 40 kg ha⁻¹ de N.

Todavia, pode-se inferir que a maioria dos tratamentos com inoculação de bactérias diazotróficas acrescidos de 30 kg ha⁻¹ de N apresentaram resultados iguais ao tratamento com 30 kg ha⁻¹ de N no plantio + 90 kg ha⁻¹ de N na cobertura, para massa de espiga, diâmetro do colmo, número de grãos por espiga, produção de massa seca da parte aérea e produtividade, permitindo inferir que a inoculação de *Azospirillum sp.* ou *Herbaspirillum sp.* acrescidos de 30 kg ha⁻¹ de N pode suprir até 90 kg ha⁻¹ de N na cultura do milho e/ou uma economia de 75% em adubação nitrogenada para atingir a mesma produtividade de grãos.

CONCLUSÕES

A adubação nitrogenada e a inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* influenciaram a massa de espiga, diâmetro de espiga, número de grão por espiga, massa seca da parte aérea e produtividade de grãos de milho.

A inoculação de *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* acrescidos de 30 kg ha⁻¹ de N pode suprir até 90 kg ha⁻¹ de N na cultura do milho.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal da Grande Dourados, a Embrapa Agrobiologia, a Embrapa Agropecuária Oeste e a CAPES pela disponibilização de recursos e bolsa de doutorado ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

ALVES, G. C. Efeito da Inoculação de Bactérias dos Gêneros *Herbaspirillum* e *Burkholderia* na Cultura do Milho. Rio de Janeiro: UFRRJ, 2007. 53 p. Dissertação

(Mestrado) – Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Ciência do Solo, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

BRACCINI, A.L.; DAN, L.G.M.; PICCININ, G.G.; ALBRECHT, L.P.; BARBOSA, M.C. Seed inoculation with *Azospirillum brasilense*, Associated with the use of bioregulators in maize. Revista Caatinga, Mossoró, v. 25, n. 2, p. 58-64, 2012.

DOBBELAERE, S.; CROONENBORGH, A.; TRYSS, A.; PTACEK, D.; OKON, Y.; VANDERLEYDEN, J. Effect of inoculation with wild type *Azospirillum brasilense* and *Azospirillum irakense* strains on development and nitrogen uptake of spring wheat and grain maize. Biology and Fertility of Soils, v. 36, n.4, p. 284-297, 2002.

DOTTO, A.P.; LANA, M. C.; STEINER, F.; FRANDOLOSO, J. F. Produtividade do milho em resposta à inoculação com *Herbaspirillum seropedicae* sob diferentes níveis de nitrogênio, Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 5, n. 3, p.376-382, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa/DPI, 2006. 306p.

HUNGRIA, M. Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 36p.

LANA, M.C.; DARTORA, J.; MARINI, M.; HANN, J.E. Inoculation with *Azospirillum*, associated with nitrogen fertilization in maize. Revista Ceres, v. 59, n.3, p. 399-405, 2012.

REIS JÚNIOR, F. B.; MACHADO, C. T. T.; MACHADO, A. T.; SODEK, L. Inoculação de *Azospirillum amazonense* em dois genótipos de milho sob diferentes regimes de nitrogênio. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 32, n.3, p. 1139-1146, 2008.

Tabela 1. Altura de plantas (ALT), altura de inserção de espiga (AIE), diâmetro do colmo (DIA), massa de espiga (ME), comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), fileira de grãos por espiga (FGE), número de grãos por espiga (NGE), massa de mil grãos (M1000), massa seca da parte aérea (MSPA) e produtividade (PRO) de plantas de milho em resposta a adubação nitrogenada e a inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae*. Dourados, MS (2012).

Tratamentos	ALT ____(cm)____	AIE (mm)	DIA (mm)	ME (g)		CE (cm)	DE (mm)		FGE	NGE		M1000 (g)	MSPA (g)		PRO (kg ha ⁻¹)	
1	216,30	122,63	21,32	217,42	b	17,04	51,45	b	15,44	493,16	b	358,67	246,63	b	9231,71	b
2	218,40	124,00	20,20	220,52	ab	17,03	52,72	ab	15,52	517,16	ab	352,04	257,26	ab	9078,41	b
3	219,30	122,63	20,31	216,23	b	17,13	51,53	b	15,66	501,00	b	351,03	258,50	ab	9023,88	b
4	222,20	126,20	20,51	242,19	ab	18,12	53,12	ab	15,47	543,38	ab	350,76	271,03	ab	9302,05	b
5	216,80	122,93	20,30	224,08	ab	17,57	51,43	b	15,66	510,33	ab	351,55	274,40	ab	9531,75	ab
6	218,83	124,20	21,48	220,63	ab	17,82	52,59	ab	15,61	544,30	ab	357,62	293,96	ab	9133,32	b
7	223,36	125,06	21,62	245,97	ab	17,89	53,83	a	16,55	576,66	a	356,35	276,68	ab	10146,52	a
8	223,66	123,60	21,18	238,82	ab	17,82	53,08	ab	16,00	530,64	ab	362,27	283,83	ab	9861,37	ab
9	228,86	127,46	22,09	249,42	a	17,82	53,34	ab	16,00	554,94	ab	359,43	314,80	a	9858,23	ab
Média	220,85	124,30	21,00	230,59		17,64	52,57		15,73	530,17		355,52	275,23		9463,0	
Teste F	1,40 ^{ns}	0,51 ^{ns}	1,00 ^{ns}	3,91*		1,63 ^{ns}	3,41*		0,93 ^{ns}	2,95*		0,57	2,27*		4,76*	
CV (%)	3,78	4,59	7,98	7,14		5,15	2,26		5,6	7,32		3,90	12,21		4,81	

* e ^{ns} – significativo e não significativo. Médias seguidas da mesma letra na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tratamentos: 1. Controle; 2. *A. brasilense*; 3. *H. seropedicae*; 4. 30 kg ha⁻¹ de N no plantio; 5. 30 kg ha⁻¹ de N no plantio + *A. brasilense*; 6. 30 kg ha⁻¹ de N no plantio + *H. seropedicae*; 7. 30 kg ha⁻¹ de N no plantio + 90 kg ha⁻¹ de N na cobertura; 8. 30 kg ha⁻¹ de N no plantio + *A. brasilense* + 90 kg ha⁻¹ de N na cobertura; 9. 30 kg ha⁻¹ de N no plantio + *H. seropedicae* + 90 kg ha⁻¹ de N na cobertura.



XXXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO

28 de julho a 2 de agosto de 2013 | Costão do Santinho Resort | Florianópolis | SC