

Efeito da inoculação com Abv5 e *Rhizobium* na fixação de nitrogênio de um híbrido simples milho na região de Dourados-MS

Renata Marchiori^{(1)*}; Vander André Berres⁽¹⁾; Priscila Carvalho da Silva⁽¹⁾; Carlo André Zimmer⁽²⁾; Leandro Teodoski Spolaor⁽³⁾; Liliam Silvia Candido⁽⁴⁾.

⁽¹⁾ Mestrando (a) em Agronomia (Produção Vegetal); Universidade Federal da Grande Dourados; Dourados, Mato Grosso do Sul; r.marchiori.biotech@gmail.com; ⁽²⁾ Mestrando em Agronomia; Universidade Estadual de Londrina; Londrina, Paraná; ⁽³⁾ Doutorando em Genética e Melhoramento de Plantas; Universidade Estadual de Maringá; Maringá, Paraná; ⁽⁴⁾ Professora Adjunto II; Universidade Federal da Grande Dourados; Dourados, Mato Grosso do Sul.

RESUMO: O milho é bastante cultivado no Brasil, sendo altamente exigente nutricionalmente quando se refere a nitrogênio. Assim, o uso de inoculantes microbianos que auxiliem na fixação deste elemento, torna-se de fundamental importância para reduzir o custo de produção e aumentar a produtividade da cultura. Objetivou-se com esse trabalho avaliar e comparar os efeitos de inoculantes microbianos e da adubação nitrogenada, em relação às características morfológicas e de produção de um híbrido simples de milho em Dourados-MS. O trabalho foi conduzido na Universidade Federal da Grande Dourados na safra 2015/2016. A adubação utilizada foi 8-28-16 em dose de 300 kg.ha⁻¹, para os tratamentos controle e meio controle. Aos 40 dias após a semeadura, realizou-se adubação nitrogenada de cobertura com uréia, aplicando 86,40g por linha para o controle e 43,20g para meio controle. Foram avaliados seis tratamentos sendo, testemunha (ausência de fertilizante nitrogenado e de inoculação), controle (fertilizante nitrogenado em forma de uréia), meio controle (metade da dose do fertilizante nitrogenado em forma de uréia), inoculante comercial, com cepas recomendadas (IC), inoculante Abv5 1 (IA) e inoculante Abv5+*Rhizobium* 2 (IB). Não foi constatado diferença estatística significativa para as características morfológicas. Entretanto, para o peso de espigas e a produtividade, as maiores médias foram obtidas com o tratamento controle, seguido de meio controle, IB, IC, IA e testemunha. A inoculação de *Azospirillum brasiliense*, com e sem consórcio com o *Rhizobium*, não aumentou a produtividade final do híbrido simples em relação à adubação nitrogenada, porém obteve resultado igual ao inoculante registrado no mercado.

Palavras-chave: Inoculante; *Azospirillum*; *Zea mays* L.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor de milho do mundo, com um total de 52,9 milhões de toneladas produzidas em uma área total de 10,16 milhões de

hectares (CONAB, 2016). É muito utilizado na alimentação, tanto humana quanto animal, pois possui elevada qualidade nutricional, contendo um alto teor de carboidratos, amido e ácidos graxos, de forma que seu principal destino são as indústrias de rações. Este grão é cultivado em diferentes sistemas produtivos e plantado principalmente nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul do Brasil (MAPA, 2015).

A cultura do milho exige bons níveis de nutrientes no solo, sendo que o nitrogênio merece destaque especial, pois sua deficiência pode afetar o rendimento de grãos entre 14 a 80%. O milho remove grandes quantidades de nitrogênio do solo para potencializar seu metabolismo e a produtividade, portanto necessita de uma adubação nitrogenada muitas vezes maior do que a recomendada, podendo reduzir a eficiência de alguns outros nutrientes, aumentando o custo com fertilizantes e causando preocupações com possíveis efeitos negativos à mananciais e solos causados pelo excesso de nitrato (FARINELLI et al., 2012).

Sendo assim, várias tecnologias vêm sendo desenvolvidas a fim de aumentar a eficiência na utilização do nitrogênio mineral e conseqüentemente a economia dos custos de produção. Uma delas é o aperfeiçoamento do estudo do processo de fixação de nitrogênio por intermédio de microrganismos denominados diazotróficos, sendo estas bactérias e cianobactérias capazes de fixar nitrogênio por meio de seu metabolismo (CANTARELLA & DUARTE, 2004).

A inoculação do milho com bactérias pode aumentar o diâmetro das raízes e o número de radículas, conseqüentemente melhorando a absorção de nutrientes e água do solo, devido à capacidade que as bactérias possuem de produzir hormônios que agem nessas características. A *Azospirillum brasiliense* possui essa capacidade de promover fixação biológica de nitrogênio quando associada ao milho, portanto é muito utilizada como base de inoculantes microbiológicos (CAVALLET et al., 2000). Essa bactéria forma um sistema associativo com o milho, mas sem a complexidade da formação de nódulos. Outras bactérias vêm

sendo estudadas, assim como as do gênero *Rhizobium*, as quais já estão sendo incorporadas no sistema produtivo por serem fixadores simbióticos.

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar e comparar os efeitos de inoculantes microbianos e da aplicação de adubação nitrogenada, em relação às características morfológicas e de produção de um híbrido simples de milho na região de Dourados-MS.

MATERIAL E MÉTODOS

Tratamentos e amostragens

O trabalho foi conduzido na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) na safra 2015/2016. A fazenda está situada no município de Dourados-MS, com coordenadas de 22°13'15" de latitude Sul, 54°48'21" de longitude Oeste e 430 m de altitude, sendo o solo do local do tipo Latossolo vermelho distroférrico (LVdf).

O híbrido simples Down 2B587 Power Core foi semeado em novembro de 2015. Seis tratamentos foram avaliados, sendo eles: testemunha (ausência de fertilizante nitrogenado e de inoculação); controle (fertilizante nitrogenado em forma de uréia); meio controle (metade da dose do fertilizante nitrogenado em forma de uréia); inoculante comercial - IC (inoculação padrão contendo cepas recomendadas); IA (inoculante Abv5 1); IB (inoculante Abv5+*Rhizobium* 2).

A adubação de base foi efetuada por meio da fórmula 8-28-16 em dose de 300 kg.ha⁻¹, para os tratamentos controle e meio controle. Aos 40 dias após a semeadura, realizou-se adubação nitrogenada de cobertura, utilizando como fonte de nitrogênio a uréia, aplicando 240 kg ha⁻¹ para o controle e 120 kg ha⁻¹ para o meio controle.

As características avaliadas foram: altura de plantas (AP), medido do solo até a inserção da folha bandeira, em cm; altura de espiga (AE), medido do solo até a inserção da espiga superior, em cm; diâmetro do colmo (DC), medido com auxílio de paquímetro, acima da espiga superior, em mm; diâmetro de espiga (DE), medido no terço médio com paquímetro, em mm; comprimento de espiga (CE), medido com régua, em cm; peso total de espigas da parcela (PE) medidas em kg; produtividade (PROD), medida em kg ha⁻¹; massa de mil grãos (M1000), em g; teor de nitrogênio no grão (NG) em kg ha⁻¹; e teor de nitrogênio foliar (NF) em kg ha⁻¹.

Os efeitos da inoculação da semente de milho foram fundamentados na determinação do teor de nitrogênio (N) dos grãos e na parte aérea, onde coletou-se seis folhas oposta a espiga superior de cada parcela.

A mensuração das características morfológicas em campo e a colheita foram realizadas da área útil da parcela, considerando seis metros das linhas centrais, ou seja, excluindo as duas linhas laterais e um metro de cada extremidade das parcelas, totalizando 16,2 m².

Delineamento e análise estatística

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados (DBC), sendo cada bloco constituído pelos 6 tratamentos em 4 repetições, totalizando 24 parcelas. As parcelas, experimentais foram compostas por 8 linhas de 8,0 metros, com espaçamento de 0,45 metros entre linhas e 0,25 metros entre plantas.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade, com o auxílio do programa computacional Genes (CRUZ, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foram verificadas diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos para as características DC, AP, AE, DE e CE (**Tabela 1**), ou seja, o efeito dos diferentes inoculantes e combinações de adubação nitrogenada foram o mesmo para as características morfológicas citadas.

Na **Tabela 2** estão apresentados os resultados da comparação entre médias para as características M1000, PE, PROD, NG e NF. Foi possível constatar que não houve diferença significativa entre as médias para as características M1000 e NG. Entretanto, houve diferença significativa entre as médias de PE, PROD e NF. A maior média obtida para o PE e para a PROD foi observado no tratamento controle, 22,52 kg e 10.515,40 kg ha⁻¹, respectivamente. Para o NF a maior média foi apresentada pelo tratamento ½ controle 36,12 kg ha⁻¹.

Para o PE, embora o tratamento controle tenha sido superior, este é estatisticamente igual ao tratamento ½ controle, que não se difere estatisticamente ao tratamento IB. Os tratamentos que propiciaram as menores médias de PE foram o IA e a testemunha, 15,04 kg e 12,95 kg, respectivamente.

Em relação à característica PROD, o tratamento controle também proporcionou a maior média, seguido do tratamento ½ controle, sendo estatisticamente igual ao tratamento IB que obteve terceira maior média de produtividade, 8.031,90 kg ha⁻¹, porém devido a elevada DMS, este tratamento não se diferiu estatisticamente do IA e do IC, que são estatisticamente iguais a testemunha, com a menor média de produtividade.

A classe de bactérias *Rhizobium* são gram-negativas, possuindo uma temperatura ideal para

seu desenvolvimento de 40°C (LIBÓRIO et al., 2015). Na área cultivada houve um registro de máxima de 30°C (EMBRAPA, 2016). Esse fator pode ter limitado o desempenho da associação de *Abv5+Rhizobium* (IB), pois se não tivesse ocorrido essa limitação os resultados possivelmente tenderiam a um aumento de produtividade.

O tratamento IA não diferiu estatisticamente da testemunha, que apresentou as menores médias para as características relacionadas a produtividade (M1000, PE e PROD). Todavia, o IA contém apenas a estirpe *Abv5* em sua formulação, e alguns autores apresentam resultados desfavoráveis desta estirpe quando associada à gramíneas para fixar nitrogênio. MELLO (2012) ressalta que em dois anos de estudo em áreas diferentes, a inoculação com a *Abv5* não influenciou o rendimento de grãos assim como os componentes de produção.

Em relação a característica de NF o tratamento IB apresentou resultado intermediário, com a terceira maior média 34,50 kg ha⁻¹, sendo estatisticamente igual ao ½ controle. A menor média foi observada pelo tratamento IA 27,50 kg ha⁻¹. O *Azospirillum* possui capacidade de crescer utilizando apenas o nitrogênio atmosférico como fonte única deste elemento. Portanto desenvolvimento da estirpe *Abv5* pode ter sido prejudicado devido à elevada taxa de chuva na região, como consta nos registros, onde houve uma variação de 0,0mm até 90,6mm no período de novembro à fevereiro, com chuvas frequentes, o que acarreta uma diminuição do nitrogênio disponível (EMBRAPA, 2016).

A formulação IB obteve média de CE, PE e PROD superior ao formulado IA, isso pode ser justificado pela associação da estirpe *Abv5* com o *Rhizobium*. Esta associação pode ter elevado a fixação de nitrogênio pela planta refletindo num aumento destas características, quando comparadas as médias com o formulado IA. O fato das médias de NG terem sido estatisticamente iguais para os diferentes tratamentos e divergentes do observado para NF, sugere que a planta utilizou maiores e diferentes níveis de nitrogênio para seu metabolismo foliar e estrutural.

CONCLUSÕES

A inoculação de *Azospirillum brasiliense*, com e sem consórcio com o *Rhizobium*, não aumentou a produtividade final do híbrido simples de milho em relação à adubação nitrogenada, porém obteve resultado igual ao inoculante registrado no mercado.

O milho, em ambiente favorável ao seu desenvolvimento, prefere utilizar o nitrogênio que está prontamente disponível, em vez de se associar com a bactéria, por isso, são necessários novos testes com a estirpe *Abv5* em gramíneas, tanto sozinha, quanto associada ao *Rhizobium*, em condições diferentes de adubação, como na

safrinha, onde os produtores diminuem as doses de nitrogênio ou nem a utilizam.

REFERÊNCIAS

CRUZ, C. D. **Programa Genes: Biometria**. Editora UFV. Viçosa (MG), 2006. 382 p.

CANTARELLA, H.; DUARTE, A. P.; GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V.; Manejo da fertilidade do solo para a cultura do milho. In: **Tecnologias de produção do milho**. Viçosa: UFV, 2004. p.139-182.

CAVALLET, L.E. et al. Produtividade do milho em resposta à aplicação de nitrogênio e inoculação das sementes com *Azospirillum* spp. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, vol.4, n.1, p.129-132, 2000.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Safra 2015/2016. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivar/16_05_27_09_24_04_boletim_graos_maior_2012_-_final.pdf>. Acesso em 25 de maio de 2016.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Guia Clima. Disponível em <<https://www.embrapa.br/agropecuaria-oeste>>. Acesso em 25 de maio de 2016.

FARINELLI, R., HANASHIRO, R. K., AMARAL, C. B., FILHO, D. F. Resposta da Cultura do Milho à Inoculação de Sementes e Adubação Nitrogenada em Cobertura. In: XXIX Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 2012, Águas de Lindóia. **Anais...** Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2012. p. 1672-1678

LIBÓRIO, P. H. S; TOMELI, I. M. B.; NÓBILE, F. O.; GUERREIRO, R. D.; MIGUEL, F. B.; SILVA, J. A. A.; Avaliação de híbridos de milho quanto a inoculação nitrogenada; **Ciência & Tecnologia**. Fatec-JB, Jaboticabal, v. 7, 2015. Número especial.

MAPA – Ministério da Agricultura e Abastecimento. Serviços e sistemas. Disponível em <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/milho>>. Acesso em 25 de maio de 2016.

MELLO, N. **Inoculação de *Azospirillum brasiliense* nas culturas de milho e trigo**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo: UPF, 2012. 90 p.

Tabela 1. Teste de comparação de médias para as características diâmetro de colmo (DC), altura de planta (AP), altura de espiga (AE), diâmetro de espiga (DE) e comprimento de espiga (CE). Dourados-MS/Safra 2015/2016.

Tratamentos	DC	AP	AE	DE	CE
½ Controle	14,20 a	187,75 a	92,52 a	49,51 a	13,12 a
IA	15,00 a	183,50 a	88,72 a	45,50 a	12,43 a
Controle	15,06 a	191,50 a	91,02 a	49,25 a	13,43 a
IC	14,02 a	179,00 a	88,25 a	46,47 a	12,18 a
IB	15,06 a	189,50 a	90,37 a	49,05 a	13,43 a
Testemunha	13,93 a	180,00 a	81,67 a	44,68 a	11,68 a
DMS	3,00	20,61	20,61	6,76	2,76
CV (%)	8,98	4,84	10,09	6,19	9,44
Média Geral	14,54	185,20	88,76	47,41	12,71

*Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.** DMS Diferença mínima significativa. *** testemunha (ausência de fertilizante nitrogenado e de inoculação), controle (fertilizante nitrogenado em forma de uréia), meio controle (metade da dose do fertilizante nitrogenado em forma de uréia), inoculante comercial, com cepas recomendadas (IC), inoculante Abv5 1 (IA) e inoculante Abv5+Rhizobium 2 (IB).

Tabela 2. Teste de comparação de médias para as características massa de 1000 grãos (M1000), peso total de espigas da parcela (PE), produtividade (PROD), níveis de nitrogênio no grão (NG) e níveis de nitrogênio foliar (NF). Dourados-MS/Safra 2015/2016.

Tratamentos	M1000	PE	PROD	NG	NF
½ Controle	292,02 a	21,42 ab	9686,70 ab	21,00 a	36,12 a
IA	273,16 a	15,04 c	7364,20 cd	13,25 a	27,50 b
Controle	302,77 a	22,52 a	10515,40 a	17,25 a	35,50 ab
IC	247,46 a	16,14 bc	7026,20 cd	14,62 a	31,00 ab
IB	267,04 a	16,73 bc	8031,90 bc	15,25 a	34,50 ab
Testemunha	246,53 a	12,95 c	5726,90 d	13,37 a	31,12 ab
DMS	68,64	5,41	2251,60	8,97	8,26
CV	10,99	13,47	12,16	24,72	11,00
Média Geral	271,50	17,47	8058,55	15,79	32,62

*Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.** DMS Diferença mínima significativa. *** testemunha (ausência de fertilizante nitrogenado e de inoculação), controle (fertilizante nitrogenado em forma de uréia), meio controle (metade da dose do fertilizante nitrogenado em forma de uréia), inoculante comercial, com cepas recomendadas (IC), inoculante Abv5 1 (IA) e inoculante Abv5+Rhizobium 2 (IB).