

Resposta da cultura do milho à inoculação com *Azospirillum brasilense* sob três níveis de nitrogênio e tratamento químico da semente¹

Bianca Gonçalves Camilo², Christiane Abreu de Oliveira³ e Ivanildo Evódio Marriel³.

¹Trabalho financiado pelo CNPq/Fapemig

²Estudante do Curso de Engenharia Ambiental do Centro Universitário de Sete Lagoas - UNIFEMM Bolsista PIBIC do Convênio Fapemig/CNPq/Embrapa/ FAPED

³Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo

INTRODUÇÃO

O milho é uma cultura de grande importância nas atividades vinculadas e decorrentes da produção agropecuária, principalmente como um dos componentes básicos da cadeia produtiva de proteína animal, para consumo interno e externo. O uso deste cereal como matéria-prima na fabricação de ração para alimentação animal representa cerca de 70% do consumo total no mundo, e 60 a 80% no Brasil. A expansão desta cultura tem ocorrido em solos de Cerrado, que são geralmente pobres em nutrientes e, portanto, exigem adição de quantidades elevadas de adubos, principalmente de fertilizantes nitrogenados (SOUZA; LOBATO, 2004).

O nitrogênio é um dos nutrientes limitantes do desenvolvimento das plantas em geral, principalmente em função de sua participação em reações importantes do metabolismo da planta como síntese de ácidos nucleicos, proteínas, aminoácidos, enzimas, etc. (ROBERTO et al., 2010). Entretanto, a aplicação deste nutriente apresenta baixa eficiência de utilização pelas plantas, em razão de vários processos de perda como lixiviação, desnitrificação, volatilização (SMITH et al., 2007), resultando em impactos ambientais negativos relevantes.

Neste contexto, dentre as alternativas inovadoras para mitigação dos problemas ambientais associados ao uso intensivo de adubação nitrogenada na agricultura, destaca-se o uso de inoculantes à base de bactérias fixadoras de nitrogênio. Vários trabalhos têm demonstrado resultados promissores desta tecnologia como substituta parcial de adubação nitrogenada em milho, com ganhos de produtividade e economia de fertilizantes químicos (HUNGRIA et al., 2010; ARAÚJO et al., 2014; NAKAO et al., 2014). Por outro lado, impactos de produtos utilizados no tratamento de sementes sobre a eficiência desta tecnologia são ainda incipientes.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do tratamento de semente sobre os efeitos da inoculação com *Azospirillum brasilense* na cultura do milho.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Embrapa Milho e Sorgo, onde foram testados 18 tratamentos utilizando sementes de milho no plantio: (T1 - Inoculante aplicado no sulco – semente tratada; T2 - Inoculante aplicado no sulco – semente não tratada; T3 - Inoculante aplicado na semente – semente tratada; T4 - Inoculante aplicado na semente – semente não tratada; T5 - Sem inoculação – semente tratada; T6 - Sem inoculação - semente não tratada), combinados com três doses de N em cobertura (0, 60 e 100 kg ha⁻¹ N). A adubação de cobertura foi feita aos 30 dias após a germinação das sementes. Utilizou-se o delineamento de blocos casualizados, com parcela subdividida, sendo dose de N nas parcelas e demais tratamentos nas subparcelas.

A inoculação com uma mistura de duas estirpes selecionadas pelo Laboratório de Microbiologia e Bioquímica do Solo da Embrapa Milho e Sorgo foi efetuada no momento do plantio, utilizando-se inoculante na forma líquida, no caso da aplicação no sulco, e na forma sólida, quando aplicado na semente.

No estágio de florescimento, avaliaram-se acúmulo da massa seca, teor e conteúdo de nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea das plantas e, no final do ciclo, a produtividade. Os dados obtidos foram submetidos a análises de variância em nível de 5% de significância com auxílio do aplicativo SISVAR (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os efeitos da inoculação e tratamento de sementes sobre o acúmulo de massa seca, de N, P e K em plantas de milho em função dos níveis de nitrogênio aplicados em cobertura podem ser verificados quando se comparam os dados apresentados nas Tabelas 1 e 2. Independentemente do modo de aplicação e tratamento de semente, diferenças significativas foram observadas em função da aplicação de nitrogênio para conteúdo de N na parte aérea.

Por outro lado, observam-se efeitos não significativos destes fatores sobre o crescimento das plantas e absorção de nutrientes, independentemente dos níveis de nitrogênio. Entretanto, pode-se notar ligeiro acréscimo (não significativo a 5% de probabilidade) no acúmulo de massa seca nas plantas inoculadas em relação ao controle sem inoculação. (Tabela 1). Estes resultados são similares aos observados por Sangoi et al. (2015), entretanto, diferem dos relatados por outras pesquisas que detectaram ganhos significativos de massa

seca em plantas de milho inoculadas com *Azospirillum* (REIS JÚNIOR et al., 2008; FUKAMI et al., 2013).

De modo similar, o tratamento de semente e modo de aplicação do inoculante influenciaram estatisticamente a produtividade em razão da quantidade de N adicionado, sendo 7.196 Kg ha⁻¹ sem N, 8.008 Kg ha⁻¹ para 60 Kg e 8.612 Kg ha⁻¹ para 100 Kg N ha⁻¹ (Tabela 3).

Mas houve ganhos entre +4,43 e 17,77%, em relação ao tratamento sem inoculação com sementes tratadas, sem adubação em cobertura, de 4,16 e 6,77% na presença de 60 kg ha⁻¹ de N em cobertura. Valores para produtividade de grãos com acréscimos entre 5 e 30% em lavouras inoculadas com *Azospirillum* têm sido relatados em inúmeros ensaios no Brasil e vários outros países (BASHAN, 1990; QUADROS, 2009).

Em relação ao conteúdo de N, P, K em grãos houve diferença significativa somente em função da disponibilidade de N (dados não mostrados).

CONCLUSÃO

Houve influência do tratamento da semente sobre a resposta da cultura do milho à inoculação com bactérias do gênero *Azospirillum*, independentemente do modo de aplicação do inoculante e disponibilidade de nitrogênio.

A inoculação com *Azospirillum* resultou em ganhos de produtividade de milho de até 17%, embora não significativos a 5% de probabilidade.

Houve aumento de crescimento, absorção de nutrientes e produtividade de grãos em função dos níveis de nitrogênio utilizados.

O uso da inoculação com *Azospirillum* pode ser considerado como uma alternativa de sustentabilidade econômica e ambiental.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, R. M.; ARAÚJO, A. S. F.; NUNES, L. A. P. L.; FIGUEIREDO, M. do V. B. Resposta do milho verde à inoculação com *Azospirillum brasilense* e níveis de nitrogênio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 9, p. 1556-1560, set. 2014.

BASHAN, Y. Short exposure to *Azospirillum brasilense* inoculation enhanced efflux of intact wheat roots. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 36, n. 6, p. 419-425, 1990.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema de análise estatística computador **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011.

FUKAMI, J.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M. Estratégia de inoculação com *Azospirillum brasilense* na cultura do milho (*Zea mays* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO MICROBIOLOGIA, 27., SIMPÓSIO IBEROAMERICANO SOBRE MICRO-ORGANISMOS FOTOSSINTETIZANTES, 2.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICOBACTÉRIAS, 15.; SIMPÓSIO DE FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA, 2.; BRAZILIAN MICROBIOME WORKSHOP; BRAZILIAN MICROBIOME PROJECT MEETING, 1.; SIMPÓSIO DE COLEÇÕES DE CULTURA, 4.; MINI-SIMPÓSIO SOBRE NEW DELHI METALO-BETA-LACTAMASE-1 (NDM-1); 2013, NATAL. **Anais...** [São Paulo]: Sociedade Brasileira de Microbiologia, 2013

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**, The Hague, v. 331, n. 1/2, p. 413-425, 2010.

NAKAO, A. H.; SOUZA, M. F. P.; CENTENO, D. C.; RODRIGUES, A. F. Resposta ao sorgo granífero à aplicação de diferentes doses e épocas de inoculante (*Azospirillum brasilense*) via foliar. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 10, n. 18, p. 2702-2714, 2014.

QUADROS, P. D. **Inoculação de *Azospirillum* spp. em sementes de genótipos de milho cultivados no Rio Grande do Sul**. 2009. 74 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

REIS JÚNIOR, F. B. dos; MACHADO, C. T. de 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**, Viçosa, MG, v. 32, n. 3, p. 1139- 1146, 2008.

ROBERTO, V. M. O.; SILVA, C. D.; LOBATO, P. N. Resposta da cultura do milho a aplicação de diferentes doses de inoculante (*Azospirillum brasilense*) via semente. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28.; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A LAGARTA DO CARTUCHO, 4., 2010, Goiânia. **Potencialidades, desafios e sustentabilidade**: resumos expandidos... Goiânia: ABMS, 2010. 1 CD-ROM.

SANGOI, L.; SILVA, L. M. M. da.; MOTA, M. R.; ANISON, F.; SCHMITT, A.; SOUZA, N. M. de; GIORDANI, W.; SCHENATTO, D. E. Desempenho agrônômico do milho em razão do tratamento de sementes com *Azospirillum* sp.e da aplicação de doses de nitrogênio mineral. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 39, n. 4, p. 1141-1150, 2015.

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.) **Cerrado**: correção do solo e adubação. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 416 p.

SMITH, P.; MARTINHO, D.; CAI, Z.; GWARY, D.; JANZEN, H.; KUMAR, P.; MCCARL, B.; OGLE, S.; O'MARA, F.; RICE, C.; SCHOLE, B.; SIROTENKO, O. Agriculture. In: METZ, B.; DAVIDSON, O. R.; BOSCH, P. R.; DAVE, R.; MEYER, L. A. (Ed.). **Climate change 2007**: mitigation. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

Tabela 1. Acúmulo de massa seca (g 3 plantas⁻¹) na parte aérea de plantas de milho cultivadas no Cerrado em função de tratamento de sementes e dose de N. Valores médios de quatro repetições.

Tratamentos	Níveis de N (kg/ha ⁻¹)		
	0	60	100
1 – Inoc. Sulco + Semente com Tratamento	511a	463a	515a
2 – Inoc. Sulco. + Semente sem Tratamento	561a	526a	481a
3 – Inoc. Sem. + Semente com Tratamento	461a	516a	484a
4 – Inoc. Sem. + Semente sem Tratamento	472a	467a	459a
5 – Sem inoculação - Semente tratada	457a	447a	541a
6 – Sem inoculação - Semente sem tratamento	441a	496a	498a
Média	483A	485A	496A

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si a ($p < 0,05$) de acordo com o teste Scott Knott.

Tabela 2. Conteúdo de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) na parte aérea de plantas de milho cultivadas no Cerrado em função de tratamento de sementes e dose de N. Valores médios de quatro repetições.

Tratamentos	Níveis de N (kg/ha ⁻¹)		
	0	60	100
	N (g 3 plantas ⁻¹)		
1 – Inoc. Sulco + Semente com Tratamento	7,99a	8,21a	8,45a
2 – Inoc. Sulco. + Semente sem Tratamento	7,94a	7,46a	8,89a
3 – Inoc. Sem. + Semente com Tratamento	7,11a	7,61a	9,07a
4 – Inoc. Sem. + Semente sem Tratamento	7,78a	9,53b	8,56a
5 – Sem inoculação - Semente tratada	7,89a	9,95b	9,03a
6 – Sem inoculação - Semente sem tratamento	6,91a	7,31a	9,69a
Média	7,60B	8,34A	8,94A
	P (g 3 plantas ⁻¹)		
1 – Inoc. Sulco + Semente com Tratamento	0,76a	0,91a	0,87a
2 – Inoc. Sulco. + Semente sem Tratamento	0,88a	0,79a	0,90a
3 – Inoc. Sem. + Semente com Tratamento	0,79a	0,79a	0,91a
4 – Inoc. Sem. + Semente sem Tratamento	0,94a	0,89a	0,87a
5 – Sem inoculação - Semente tratada	0,78a	1,04a	0,92a
6 – Sem inoculação - Semente sem tratamento	0,75a	0,73a	1,07a
Média	0,81A	0,85A	0,92A
	K (g 3 plantas ⁻¹)		
1 – Inoc. Sulco + Semente com Tratamento	5,60a	5,62a	5,30a
2 – Inoc. Sulco. + Semente sem Tratamento	5,92a	4,82a	5,44a
3 – Inoc. Sem. + Semente com Tratamento	5,42a	5,00a	5,59a
4 – Inoc. Sem. + Semente sem Tratamento	6,08a	6,49b	5,55a
5 – Sem inoculação - Semente tratada	5,17a	7,22b	5,77a
6 – Sem inoculação - Semente sem tratamento	4,96a	4,99a	6,40a
Média	5,52A	5,69A	5,67A

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si a ($p < 0,05$) de acordo com o teste Scott Knott.

Tabela 3. Produtividade média de grãos de milho e produtividade relativa (PGR/control=100), com plantas cultivadas em solo de Cerrado sob três níveis de N em cobertura. Valores médios de quatro repetições.

Tratamentos	Níveis de N (kg.ha ⁻¹)	Produtividade (Kg ha ⁻¹)	PGR (control=100)
1 – Inoc. Sulco + Semente com Tratamento	0	7500a	111,11%
2 – Inoc. Sulco. + Semente sem Tratamento	0	7459a	117,77%
3 – Inoc. Sem. + Semente com Tratamento	0	7325a	108,51%
4 – Inoc. Sem. + Semente sem Tratamento	0	7089a	105%
5 – Sem inoculação - Semente tratada	0	6781a	100%
6 – Sem inoculação - Semente sem tratamento	0	7022a	104,02%
Média		7196C	
1 – Inoc. Sulco + Semente com Tratamento	60	8351a	106,77%
2 – Inoc. Sulco. + Semente sem Tratamento	60	8147a	104,16%
3 – Inoc. Sem. + Semente com Tratamento	60	7691a	99,33%
4 – Inoc. Sem. + Semente sem Tratamento	60	7709a	98,56%
5 – Sem inoculação - Semente tratada	60	7821a	100%
6 – Sem inoculação - Semente sem tratamento	60	8333a	106,54%
Média		8008B	
1 – Inoc. Sulco + Semente com Tratamento	100	9321a	106,47%
2 – Inoc. Sulco. + Semente sem Tratamento	100	7839b	89,54%
3 – Inoc. Sem. + Semente com Tratamento	100	9142a	104,43%
4 – Inoc. Sem. + Semente sem Tratamento	100	7941b	90,71%
5 – Sem inoculação - Semente tratada	100	8754a	100%
6 – Sem inoculação - Semente sem tratamento	100	8678a	99,13%
Média		8612A	

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si a ($p < 0,05$) de acordo com o teste Scott Knott.