

Efeito de diferentes métodos e doses de inoculante a base de *Azospirillum spp.*, sobre o desempenho da cultura do milho

Diogo Davi Follmann¹, Itacir Eloi Sandini², Alex Natã Bazzanezi³, Valmiler Vidal⁴, Jackson Huzar Novakowski⁵, Rafael Royer⁶

¹ Mestrando, Universidade Estadual do Centro-Oeste - UNICENTRO, Guarapuava, PR. E-mail: diogofollmann@hotmail.com.br ² Prof. Dr. do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual do Centro-Oeste - UNICENTRO, Guarapuava, PR. E-mail: isandini@hotmail.com ³ Acadêmico do curso de Agronomia da UNICENTRO, Guarapuava, PR. E-mail: bazzanezi_alex@hotmail.com. ⁴ Acadêmico do curso de Agronomia da UNICENTRO, Guarapuava, PR. E-mail: valmiler.vidal@gmail.com. ⁵ Acadêmico do curso de Agronomia da UNICENTRO, Guarapuava, PR. E-mail: jacksonhuzar@hotmail.com. ⁶ Acadêmico do curso de Agronomia da UNICENTRO, Guarapuava, PR. E-mail: rafaelroyer8@gmail.com

RESUMO: A importância econômica da cultura do milho, seja em níveis regionais ou nacionais, faz com que sejam realizados estudos para melhorar a produtividade e concomitantemente reduzir custos de produção. Este trabalho teve por objetivo verificar o efeito de diferentes métodos e doses de inoculante a base de *Azospirillum spp.*, aplicados ao milho. O experimento foi conduzido no município de Cândói-PR, durante a safra 2012/13. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com quatro repetições, sendo utilizado três métodos de aplicação do inoculante, (semente, sulco e foliar), variações de doses em cada método e a combinação de inoculante com o produto comercial Extender, compuseram os tratamentos. A aplicação via semente e sulco foi realizada no dia de semeadura, para os tratamentos onde a aplicação foi via foliar, foram realizadas as aplicações em estágio fenológico V4 da planta de milho. Os componentes avaliados para a cultura do milho foram população final de plantas, altura de inserção de espiga, altura de plantas, índice de espigamento, umidade, massa de mil grãos, grãos ardidos e produtividade total de grãos. Nestas variáveis não foi observado diferença significativa para o nível de 5% de probabilidade do teste de tukey. Contudo a produção foi numericamente superior em todos os tratamentos que receberam *Azospirillum spp.*, quando comparados com a testemunha (sem inoculação). Portanto, isto se remete ao fato da necessidade de se efetuar mais estudos sobre o efeito da inoculação em milho com a bactéria *Azospirillum spp.*

Termos de indexação: *Zea Mays*, produtividade, fixação biológica de nitrogênio.

INTRODUÇÃO

Devido a sua grande importância econômica e boa adaptabilidade a região do centro sul do Paraná, a cultura do milho (*Zea mays*) apresenta destaque entre as culturas, alcançando altos níveis de rendimento em produtividade e rentabilidade aos

produtores. Além de ser importante na rotação de culturas, principalmente com a soja em sistema de plantio direto.

O nitrogênio, na maioria das situações, é o nutriente que mais influencia o rendimento do milho. O manejo da adubação nitrogenada deve satisfazer o requerimento da cultura com o mínimo de risco ambiental (Amado et al., 2002). Neste contexto, existem várias formas de se adequar o fornecimento do nutriente as plantas, sendo o uso da fixação biológica de nitrogênio (FBN) atmosférico uma técnica importante, segundo Hungria (2011), em termos agrícolas, a maior contribuição do processo de fixação biológica do N₂ ocorre pela associação simbiótica de plantas da família leguminosas com bactérias pertencentes a diversos gêneros e que são denominadas, de modo popular e coletivo, como rizóbios.

A fixação biológica de nitrogênio é um processo de transformação do N₂ na forma inorgânica combinada NH₃, e a partir daí, em formas reativas orgânicas e inorgânicas. A reação de redução do N₂ a NH₃ é realizada por microrganismos que contêm a enzima nitrogenase e são conhecidos como fixadores de N₂ ou diazotróficos (BERGAMASCHI, 2006).

Várias bactérias diazotróficas foram isoladas da cultura de milho, sendo as espécies mais estudadas as do gênero *Azospirillum* (REIS et al., 2000), que além dos benefícios de FBN tem se observado a produção de hormônios vegetais (BERGAMASCHI, 2006; MENDONÇA et al., 2006).

Resultados da interação bactérias diazotróficas e milho em termos de potencial agrônomo, fixação de nitrogênio ou promoção do crescimento, depende de muitos fatores bióticos e ambientais, tais como genótipo da planta, comunidade microbiana do solo e disponibilidade de nitrogênio (ROESCH et al., 2006).

A inoculação com a bactéria *Azospirillum spp.* tem sido realizada nas sementes, e pesquisas tem revelado que há aumento de produtividade com a utilização desta tecnologia (BRACCINI et al., 2008).



Conforme Hungria et al. (2007), o maior desafio na inoculação com *Azospirillum* é a sua compatibilidade com fungicidas e outros produtos usados no tratamento de sementes.

A capacidade de colonizar o interior da planta inteira e localizar-se dentro de nichos protegidos de oxigênio ou outros fatores tornam o grupo de bactérias diazotróficas mais promissor associadas com gramíneas e outras plantas não leguminosas (BALDANI, et al., 1997).

Neste sentido este trabalho tem por objetivo avaliar o efeito sobre o rendimento da cultura do milho, diferentes métodos e doses de inoculação de *Azospirillum spp.*, sendo inoculado via semente, sulcos, aplicação foliar e foliar mais agente protetor.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na safra 2012/2013 na fazenda Capão Redondo localizada no município de Cândói- PR, segundo a classificação de Köppen o clima caracteriza-se como Cfb- clima subtropical mesotérmico úmido e sem estação seca definida (IAPAR, 2013), o solo é classificado como Latossolo Bruno Distroférico típico.

A unidade experimental constitui-se de seis linhas com espaçamento de 0,45 m e comprimento de 6,0 m, utilizando como área útil para avaliação duas linhas centrais da parcela. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições.

Foi efetuado o experimento com oito tratamentos com diferentes formas (semente, sulco de semeadura e foliar) de aplicação e diferentes doses (0, 100, 200, 400, 600ml) de inoculante e ainda a adição de extender, sendo, T1 = testemunha, sem inoculante, T2 = aplicação de inoculante na semente na dose de 100 ml, T3= aplicação de inoculante no sulco na dose de 200ml, T4= aplicação de inoculante no sulco na dose de 400 ml, T5 = aplicação de inoculante via foliar na dose de 400 ml, T6 = aplicação de inoculante foliar na dose de 600 ml, T7 = aplicação foliar de 400 ml de inoculante mais uso de extender na dose de 400 mlha⁻¹ e T8 = aplicação foliar de 600ml de inoculante mais extender na dose de 400 mlha⁻¹. O híbrido utilizado foi o 30F53H.

No tratamento correspondente, para inoculação do milho, utilizou-se inoculante líquido, à base da bactéria *Azospirillum brasilense*, cepa BR 11005, e o Extender, este último sendo comercializado como aditivo para fornecer melhores condições de sobrevivência da bactéria, ambos fornecidos pela empresa Nitral Urbana. As sementes de milho vieram tratadas industrialmente com os seguintes produtos, STANDAK®, MAXIM® XL e CRUISER®.

Para a limpeza da área foi efetuado uma dessecação com o produto glifosato na dosagem de 720 gramas de ingrediente ativo por hectare. A semeadura foi realizada manualmente no dia 06/10/2013, largando 2 a 3 sementes por cova. A adubação de base foi efetuada com 40 kg de N e 105 de P₂O₅ por hectare. O potássio (100 kg.ha⁻¹ de K₂O) foi aplicado a lanço, antes da semeadura.

Para alcançar uma população de 85000 plantas por hectare foi realizado o desbaste quando as plantas estavam no estágio V2 a V3.

Efetuuou-se adubação nitrogenada de cobertura com 200 kg ha⁻¹ de N por meio da ureia (45% de N) parcelado 50% em V3 no dia 30/10/2012 e em V12 no dia 01/12/2012.

A inoculação das sementes foi realizada minutos antes do plantio, para os tratamentos de inoculação no sulco de semeadura foi efetuada a aplicação na dose desejada com um volume de calda de 200 Lha⁻¹ no momento do plantio. As aplicações via foliar foram realizadas no dia 10/11/2012 em estágio V4, com 200 Lha⁻¹ de calda e 400 ml ha⁻¹ do produto comercial Extender. As aplicações foram realizadas com pulverizador costal.

Na primeira quinzena de abril procedeu-se a colheita manual. Após debulha fez-se a pesagem dos grãos e a produtividade foi, então, estimada com a correção de umidade para 14%. A massa de mil grãos foi obtida pela pesagem de uma amostra de 300 grãos. A partir de uma amostra de 250 g de grãos obteve-se a porcentagem relativa dos grãos ardidos que compunham esta amostra, sendo considerado como ardido, aquele grão que perdeu a coloração por ação do calor, umidade ou fermentação por fungos em mais de 1/4 do seu tamanho.

Para a altura de planta e altura de inserção da espiga, foram avaliadas três plantas dentro da área útil de cada parcela, e obteve-se os valores correspondentes pela medição do nível do solo até a folha bandeira e até a inserção da espiga. O índice de espigamento foi obtido pela relação entre o número de plantas e espigas da área útil da parcela.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade por meio do programa estatístico sisvar.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do trabalho podem ser observados na **tabela 1** e na **tabela 2**, onde constatou-se que nenhuma variável analisada apresentou diferença significativa para os diferentes tratamentos testados.



Estes resultados corroboram com os trabalhos de Godoy et al. (2011) que apenas com inoculação *A.brasilense*, não se obteve incremento de produtividade. Porém Cavallet et al (2000) obtiveram resultados com a inoculação da bactéria *Azospirillum* spp. de incremento médio na ordem de 17%.

Vários os aspectos devem merecer atenção em relação à eficiência da bactéria, ressaltando-se a seleção de estirpes adaptadas às condições climáticas locais, às culturas e cultivares usadas, sendo necessário testar as estirpes de *Azospirillum*, (ROESCH et al., 2006).

Contudo apesar dos resultados encontrados neste trabalho não diferirem estatisticamente, á pesquisadores que encontraram diferenças significativas, o que remete a uma nova análise dos resultados, onde observa-se que o menor valor numérico obtido em produtividade foi a testemunha sem inoculação de *Azospirillum* spp., tendo um incremento considerável na produtividade quando a aplicação foi via foliar.

Outro fator importante a ser considerado está relacionado com a dose de nitrogênio usado no experimento, visto que foi uma dose de 200 kg ha⁻¹ e esta pode ter afetado o desempenho da inoculação na cultura do milho.

CONCLUSÕES

Não foi encontrada diferença significativa nos resultados, porém existe uma tendência em se obter resposta positiva para produtividade, contudo, são necessários mais estudos sobre a eficiência da bactéria do gênero *Azospirillum brasilense* sobre os rendimentos na cultura, assim como na sua forma de uso, portanto, novas pesquisas devem ser realizadas.

REFERÊNCIAS

AMADO, T.J.; MIELNICZUK, J.; AITA, C.. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo sob sistema plantio direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 26:241-248, 2002.

BALDANI, J.; CARUSO, L.; BALDANI, V. L. D. et al. Recent advances in BNF with non-legume plants. Soil Biology and Biochemistry, 29:911-922, 1997.

BERGAMASCHI, C. Ocorrência de bactérias diazotróficas associadas às raízes e colmos de cultivares

de sorgo. 2006. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BRACCINI, A de L.; ÁVILA, M.R.; ALBRECHT, L. et al. Eficiência da inoculação das sementes com *Azospirillum* spp na cultura do milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO. 27, 2008. Anais. Londrina: 2008. CD-ROM

CAVALLET, L.E.; PESSOA, A.C.S.; HELMICH, J.J. 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, 4:129-132, 2000.

GODOY, J.C.S; WATANABE, S.H.; FIORI C.C.L. et al. Produtividade de milho em resposta a doses de nitrogênio com e sem inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*. Campo Digital, 6:26-30, 2011.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C. A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 80p. (Embrapa Soja. Documentos, 283). (ISSN 1516-781X; N 283). Disponível em: <www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/.../1/Documentos283.pdf> Acesso em: 08 Maio 2013.

HUNGRIA, M. Inoculação com *Azospirillum* brasilense: inovação em rendimento a baixo custo. Embrapa Soja – Documentos 325, 2011. Disponível em: <www.cnpso.embrapa.br/download/doc325.pdf> Acesso em: 08 Maio 2013.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ -IAPAR. Cartas climáticas do Paraná. Disponível em: <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=863>. Acesso em: 08 Maio 2013.

MENDONÇA, M. M.; URQUIAGA, S. S.; REIS, V.M. Variabilidade genotípica de milho para acumulação de nitrogênio e contribuição da fixação biológica de nitrogênio. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 41:1681-1685, 2006.

REIS, V. M.; BALDANI, V. L. D.; BALDANI, J. I. et al. Biological nitrogen fixation in gramineae and palm trees. Critical Review in Plant Sciences, 19:227-247, 2000.

ROESCH, L. F. W.; OLIVARES, F. L.; PASSAGLIA, L. P. M.; et al. Characterization of diazotrophic bacteria associated with maize: effect of plant genotype, ontogeny and nitrogen-supply. World Journal of Microbiology & Biotechnology, 22:967-974, 2006.

Tabela 1: Plantas por hectare, índice de espigamento, altura de inserção de espiga e altura de plantas de milho submetidas a diferentes doses e métodos de inoculação de *Azospirillum* spp., Candói, 2013

Tratamentos		Plantas / ha (unidade)	Índice de espigamento (espiga/planta)	Altura de inserção de espiga (cm)	Altura de plantas (cm)
métodos	Doses (ml/ha)				
Controle		85648 a	1,027 a	122,5 a	216,7 a
Semente	100	85182 a	1,000 a	119,2 a	212,5 a
Sulco	200	83796 a	1,027 a	118,7 a	212,0 a
sulco	400	85648 a	1,021 a	119,5 a	209,7 a
foliar	400	84259 a	1,021 a	122,0 a	218,2 a
foliar	600	84722 a	1,022 a	124,0 a	214,7 a
foliar+prot	400	83796 a	1,016 a	122,5 a	211,7 a
foliar +prot	600	84259 a	1,044 a	120,0 a	211,0 a
CV %		2,14	3,59	4,66	2,2

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 2: Massa de mil grãos, grãos ardidos, umidade e produtividade de milho submetidos a diferentes doses e métodos de inoculação com *Azospirillum* spp., Candói, 2013

Tratamentos		Massa de mil grãos (g)	Grãos ardidos (%)	Umidade (%)	Produtividade (kg/há)
métodos	doses (ml/ha)				
controle		351,21 a	7,80 a	19,9 a	15874,7 a
semente	100	353,76 a	8,09 a	19,8 a	15946,0 a
sulco	200	353,10 a	6,94 a	20,3 a	16604,7 a
sulco	400	355,64 a	9,90 a	19,9 a	16620,0 a
foliar	400	353,34 a	9,63 a	20,5 a	16352,0 a
foliar	600	353,86 a	7,25 a	20,2 a	16690,0 a
foliar+prot	400	353,18 a	7,06 a	20,1 a	16511,5 a
foliar +prot	600	352,20 a	8,40 a	20,1 a	16577,5 a
CV %		3,32	28,82	2,00	4,05

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.