

Produtividade do Milho em Resposta a Inoculação das Sementes com *Azospirillum brasilense*

Vandeir Francisco Guimarães¹; Artur Soares Pinto Junior¹; Luis Claudio Offemann¹; Luan Fernando Ormond Sobreira Rodrigues¹; Wylliam Pozzebom²; João Alexandre Lopes Dranski¹; Monica Bartira da Silva¹; Adriano Mitio Inagaki¹; Marla Silvia Diamante¹; Renan Bellé¹

¹Universidades Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), Marechal Cândido Rondon, PR. vandeirfg@yahoo.com.br e artur_bio@hotmail.com ²Empresa Simbiose Indústria e Comercio de Fertilizantes e Insumos Microbiológicos LTDA, Cruz Alta, RS.

RESUMO - O presente estudo teve por objetivo avaliar a eficiência agrônômica da cultura do milho em diferentes doses de adubação nitrogenada associada com o inoculante produzido pela Empresa Simbiose Indústria e Comercio de Fertilizantes e Insumos Microbiológicos LTDA, formulado a partir das estirpes Ab-V5 e Ab-V6 da bactéria *Azospirillum brasilense*. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com os seguintes tratamentos: T1- testemunha sem nitrogênio e sem inoculação; T2- 60 kg ha⁻¹ de nitrogênio sem inoculação; T3- 120 kg ha⁻¹ sem inoculação; T4- 60 kg ha⁻¹ e inoculação das sementes com inoculante AZ Total® na dose 100 mL 25 kg⁻¹ de sementes; T5- 60 kg ha⁻¹ e inoculação das sementes com inoculante Simbiose na dose de 100 mL 50 kg⁻¹ de sementes; T6- 60 kg ha⁻¹ e inoculação das sementes com Simbiose na dosagem de 150 mL 50 kg⁻¹ de sementes; e T7- 60 kg ha⁻¹ e inoculação das sementes com o inoculante Simbiose na dosagem de 200 mL 50 kg⁻¹ de sementes. Foram avaliados no presente estudo os principais componentes de produção e de produtividade do milho. Os resultados demonstraram que o inoculante Simbiose proporcionou maior acúmulo de massa nas espigas e maior número de grão, bem como, maiores incrementos de produtividade.

Palavras-chave: *Zea mays* L., inoculante, fixação biológica de nitrogênio, gramíneas.

Introdução

O nitrogênio é o elemento mais utilizado, extraído e exportado pelas culturas, sendo o mais empregado na adubação de gramíneas, e considerando que sua dinâmica no solo é complexa, envolvendo processos de adição e perdas por lixiviação e volatilização, reforça a necessidade de estudos que viabilizam o uso e o manejo correto do nitrogênio na agricultura (GOMES, 2001).

A produção industrial de fertilizantes nitrogenados consome quantidades consideráveis de petróleo e gás natural (sete barris de petróleo por tonelada de uréia). Uma quantidade equivalente é consumida em armazenagem, transporte e aplicação do fertilizante químico (PEDROSA e SOUZA, 2008), gerando um alto custo econômico e ambiental.

Uma alternativa ao uso de fertilizantes químicos é a exploração da fixação biológica de nitrogênio por bactérias associadas às gramíneas (LADHA e REDDY, 2003). Para Postgate (1982), a fixação biológica de nitrogênio constitui a principal via de incorporação do

nitrogênio à biosfera, sendo este um processo de redução do dinitrogênio gasoso (N_2) a amônio, catalisado pelo complexo enzimático denominado nitrogenase, encontrado somente em organismos fixadores de nitrogênio ou diazotrofos (Bactéria ou Archaea).

Assim o objetivo do presente estudo foi avaliar a eficiência agrônômica dos inoculantes Simbiose, produzidos a partir das estirpes Ab-V5 e Ab-V6 da bactéria fixadora de nitrogênio *Azospirillum brasilense* associada à adubação nitrogenada na cultura do milho, na região de Pato bragado, extremo Oeste do Estado do Paraná.

Material e Métodos

O estudo foi conduzido durante o ano agrícola de 2011/2012, no município de Pato Bragado, localizado no Oeste do Estado do Paraná. As coordenadas geográficas do local são 24°39'43"S e 54°15'53"W, e altitude de 247 metros. O solo da área experimental é classificado como Argisolo Vermelho distrófico (PVD) de textura argilosa (EMBRAPA 2006). O material vegetal utilizado foram sementes do híbrido de milho 30F53 (Pionner®).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com quatro repetições, totalizando 28 parcelas experimentais, sendo os tratamentos constituídos conforme descrito a seguir:

T1- Testemunha sem nitrogênio e sem inoculação.; T2-Tratamento com a metade da dose de N recomendada para a cultura do milho (60 kg ha^{-1}); T3-Tratamento com a dose de N recomendada para a cultura (120 kg ha^{-1}); T4-Tratamento com a metade da dose de N recomendada para a cultura (60 kg ha^{-1}) e inoculação das sementes com o inoculante AZ Total® na dose de 100 mL 25 kg^{-1} de sementes); T5-Tratamento com a metade da dose de N recomendada para a cultura (60 kg ha^{-1}) e inoculação das sementes com o inoculante Simbiose na dose de 100 mL 50 kg^{-1} de semente; T6- Tratamento com a metade da dose de N recomendada para a cultura (60 kg ha^{-1}) e inoculação das sementes com o inoculante Simbiose na dose de 150 mL 50 kg^{-1} de semente; e T7- Tratamento com a metade da dose de N recomendada para a cultura (60 kg ha^{-1}) e inoculação das sementes com o inoculante Simbiose na dose de 200 mL 50 kg^{-1} de semente.

Ambos os inoculantes testados foram formulados a partir da associação das estirpes Ab-V5 e Ab-V6 da bactéria da espécie *Azospirillum brasilense*. Sendo o inoculante AZ Total® utilizado como padrão, em função de ser um produto já existente no mercado e liberado pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). Já o inoculante produzido pela empresa Simbiose Indústria e Comercio de Fertilizantes e Insumos Microbiológicos encontra-

se em fase de testes para aprovação no MAPA.

A adubação fosfatada e potássica foram realizadas de acordo com a análise de solo e necessidades da cultura. Já a adubação nitrogenada foi fornecida na forma de uréia e dividida em três aplicações, sendo 40% na semeadura e o restante aplicado em cobertura nos estádios V4 e V6.

Para a avaliação dos componentes de produção e produtividade, foram colhidas as espigas das três linhas centrais de cada parcela experimental. Para a determinação dos componentes de produção foram amostradas dez espigas por parcela útil. Avaliando-se os seguintes parâmetros: massa de espiga com palha, massa de espiga sem palha, comprimento de espiga, diâmetro de espiga, número de fileiras de grãos por espiga, número de grãos na fileira e massa de 1000 grãos.

Para a determinação da produtividade de grãos, as espigas foram trilhadas e os grãos pesados. Os resultados foram transformados em Kg ha^{-1} , corrigindo-se os valores para 13 % de umidade na base úmida.

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F (P 0,05) e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Duncan (P < 0,05). As análises foram efetuadas utilizando-se o programa computacional SAEG (Sistema para Análises Estatísticas) versão 9.0 da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Resultados e Discussão

Na tabela 1 são apresentados os dados referentes ao desempenho agrônômico e componentes de produção para o híbrido 30F53 (Pionner®) no município de Pato Bragado, estado do Paraná. A análise de variância revelou que de todos os caracteres avaliados apenas o comprimento de espiga, o diâmetro de espiga e a massa de mil grãos, não foram influenciados significativamente pelos tratamentos com os inoculantes e doses de nitrogênio testadas no presente estudo.

Pode-se observar nos resultados obtidos para o número de fileiras por espiga (Tabela 1) que o tratamento com a dose de 150 mL 50 Kg^{-1} de sementes do inoculante Simbiose, mesmo com a aplicação da metade da dose de nitrogênio recomendada para a cultura (T6), resultou em média significativamente superior quando comparado aos tratamentos T1 (0 Kg ha^{-1} de nitrogênio), T2 (60 Kg ha^{-1} de nitrogênio) e T4 (60 Kg ha^{-1} de nitrogênio e mais a inoculação das sementes com o inoculante padrão), já em relação aos tratamentos T3, T5 e T7, não foram observadas diferenças significativas.

Para o número de grãos nas espigas de milho (Tabela 1), fica evidente a influência do inoculante Simbiose, sendo que este quando utilizado na dose de 150 mL 50 Kg⁻¹ de sementes e dose de 60 Kg ha⁻¹ de nitrogênio (T6), resultou em média significativamente superior aos tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5, porém se manteve na igualdade quando comparado ao tratamento T7 (inoculante Simbiose na dose de 200 mL 50 Kg⁻¹ de sementes).

Às massas de espiga com e sem palha (Tabela 1) foram maiores com a utilização do inoculante Simbiose na dose de 200 mL 50 Kg⁻¹ de sementes mais a aplicação de 60 Kg ha⁻¹ de nitrogênio (T7).

Em uma análise geral do desempenho do inoculante Simbiose, em relação aos componentes de produção apresentados na tabela 1, pode se verificar que esse teve efeito positivo sobre o número de fileiras por espiga, número de grãos por espiga e para as massas de espiga com e sem palha, sendo estes componentes fundamentais e diretamente relacionados à produtividade da cultura do milho.

Os resultados de produtividade do híbrido 30F53 (Pionner[®]) são apresentados na figura 1. O inoculante produzido pela empresa Simbiose novamente se demonstrou eficiente em ganhos para a cultura do milho, sendo que esse indiferentemente da dose utilizada (100, 150 e 200 mL 50 Kg⁻¹ de sementes, T5, T6 e T7, respectivamente) resultou em médias significativamente superiores aos tratamentos T1 e T2 (0 Kg ha⁻¹ e 60 Kg ha⁻¹ de nitrogênio, respectivamente). Quando da comparação dos tratamentos que utilizaram o inoculante Simbiose (T5, T6 e T7) com os tratamentos T3 (120 Kg ha⁻¹ de nitrogênio) e T4 (inoculante padrão mais dose de 60 Kg ha⁻¹ de nitrogênio) não foram observadas diferenças significativas, porém, os tratamentos com o inoculante Simbiose, resultaram em percentual médio superior de 20,9 e 16,8 % em relação aos tratamentos T3 e T4, respectivamente.

Resultados semelhantes foram obtidos por Salomone e Döbereiner (1996) e por Okon e Vanderleyden (1997), em que verificaram aumentos de produtividade com a inoculação de *Azospirillum* spp. em diferentes condições de cultivos de milho. Nesse mesmo sentido, Cavallet et al. (1998), verificaram um incremento de produção de 17% por consequência da inoculação *A. brasilense* em sementes de milho. Também Cavalcanti Alves, (2007), obteve percentuais de incrementos na produção da cultura do milho de 45 e 36%, quando da utilização de inoculantes produzidos a partir de diferentes estipes de bactérias fixadoras de nitrogênio.

A eficiência da utilização de *Azospirillum* spp. no desenvolvimento da cultura do milho, já tem sido objeto de pesquisa a vários anos. Nesse sentido Okon e Vanderleyden (1997),

analisando dados de 22 anos de estudos de campo, concluíram que as bactérias do gênero *Azospirillum* spp. tendem a promover ganhos de rendimento para a cultura do milho nas mais variadas condições de clima e solo. Esses mesmos autores, também salientam que a influência do *Azospirillum* spp. não se prende somente ao fato de que esses microrganismos atuam na fixação biológica de nitrogênio, mas também atuam como promotores de crescimento, auxiliando no aumento da superfície de contato do sistema radicular das plantas, o que culmina em maior absorção de água e nutrientes pelas raízes.

Conclusões

Os resultados obtidos com a utilização do inoculante Simbiose, demonstram que esse produto além de resultar em incrementos na produção, pode ser uma alternativa para a redução da adubação nitrogenada na cultura do milho, podendo diminuir custos de implantação, bem como, minimizar a contaminação ambiental causada pelo acúmulo de nitrato no solo, sendo estes objetivos a serem alcançados no sistema agrícola atual. Dessa maneira o produto em questão possui alto potencial agrícola e ambiental.

Agradecimentos

À Simbiose Indústria e Comercio de Fertilizantes e Insumos Microbiológicos LTDA; ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Fixação Biológica de Nitrogênio-INCT; à Fundação Araucária, Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná e à SETI, Secretaria do Estado de Ciência, Tecnologia e Ensino superior do Estado do Paraná; ao Departamento de Bioquímica e Biologia molecular da Universidade Federal do Paraná-UFPR e à Universidade Estadual do Oeste do Paraná-UNIOESTE.

Literatura Citada

CAVALCANTI ALVES, G. Efeito da inoculação de bactérias diazotróficas dos gêneros *Herbaspirillum* e *Burkholderia* em genótipos de milho. 65p. 2007. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2007.

CAVALLET, L. E.; PESSOA, A. C.; HELMICH, J. J.; HELMICH, P. R.; OST, C. F. Produtividade do milho em função da aplicação de nitrogênio e inoculação das sementes com o produto comercial “Graminante” à base de *Azospirillum* spp. Resumos expandidos. In: FERTIBIO, p. 352, 1998.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de solos. Sistema Brasileiro de Classificação de solos. 2º ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA/SOLOS, 2006. 360p.

LADHA, J. K.; REDDY, P. M. Nitrogen fixation in rice systems: state of knowledge and future prospects. *Plant and Soil*, v. 252, p. 151-167. 2003.

MARQUES, V. B.; PAIVA, H. N.; GOMES, J. M.; NEVES, J. C. L. Efeitos de fontes e doses de nitrogênio no crescimento de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.). *Scientia Forestalis*, n.71, p.77-85, 2006.

OKON, Y.; VANDERLEYDEN, J. Root-associated *Azospirillum* species can stimulate plants. *Applied and Environmental Microbiology*, v.63, n.7, p.366-370, 1997.

PEDROZA, F. de O.; SOUZA, E. M. de. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia da Fixação Biológica de Nitrogênio em Gramíneas. Curitiba, 2008, 232p.

POSTGATE, J. R. The fundamentals of nitrogen fixation. Cambridge: Cambridge Univ. Press., 1982, 252p.

SALOMONE, I.G. de; DÖBEREINER, J. Maize genotype effects on the response to *Azospirillum* inoculation. *Biology and Fertility of Soils*, v.21, n.3, p.193-196. 1996.

Tabela 1. Comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NG), massa de mil grãos (M1000), massa de espiga com palha (MECP) e massa de espiga sem palha (MESP) de milho, híbrido 30F53, submetido à inoculação de sementes com estirpes de *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada. Pato Bragado-PR, 2011/2012.

| Tratamento | CE | DE | NFE | NG | M1000 | MECP | MESP |
|------------|------|------|---------|----------|--------|---------|---------|
| | cm | mm | -- | -- | g | g | g |
| T1 | 15,9 | 43,0 | 15,17 b | 21,52 c | 290,78 | 126,1 b | 98,6 b |
| T2 | 15,3 | 41,0 | 15,12 b | 22,19 c | 289,02 | 140,6 b | 116,0 b |
| T3 | 15,6 | 41,5 | 15,34ab | 21,20 c | 295,78 | 119,9 b | 98,6 b |
| T4 | 15,4 | 43,0 | 15,08 b | 21,32 c | 286,16 | 121,5 b | 96,5 b |
| T5 | 15,9 | 42,8 | 15,78ab | 23,62 bc | 293,95 | 137,5 b | 114,8 b |
| T6 | 16,4 | 44,3 | 16,73a | 27,85a | 285,95 | 149,2 b | 126,0 b |
| T7 | 16,7 | 44,2 | 15,34ab | 25,80ab | 300,26 | 192,1a | 164,7a |
| C.V. (%) | 5,74 | 2,61 | 4,58 | 7,51 | 6,63 | 7,97 | 9,88 |

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste Duncan.

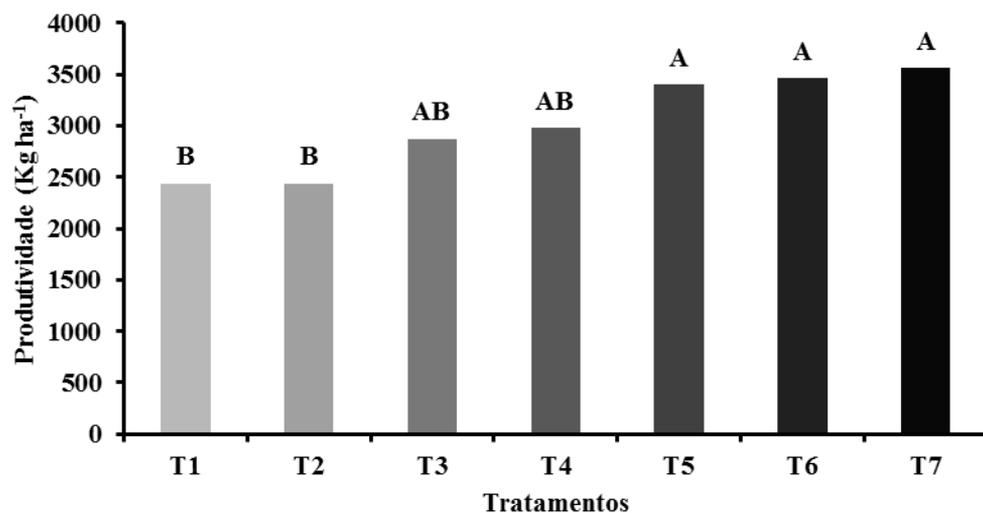


Figura 01. Produtividade de grãos (kg ha⁻¹) de milho, do híbrido 30F53, submetido à inoculação de sementes com estirpes de *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada. Pato Bragado-PR, 2011/2012. Médias seguidas da mesma letra nas barras não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste Duncan.