

Componentes de Produção e Produtividade do Híbrido de Milho 30F53H Inoculado com as Estirpes Ab-V5 e Ab-V6 da Bactéria *Azospirillum brasilense*

Vandeir Francisco Guimarães¹; Artur Soares Pinto Junior¹; Luiz Claudio Offemann¹; Luan Fernando Ormond Sobreira Rodrigues¹; Jeferson Klein¹; Adriano Mitio Inagaki¹; Wylliam Pozzebom²; Marla Silvia Diamante¹; Lucas Guilherme Bulegon¹; Renan Felipe Bellé¹; Andreia Cristina Peres Rodrigues da Costa¹

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

RESUMO - O presente estudo teve por objetivo avaliar a eficiência agrônômica do inoculante produzido pela Empresa Simbiose Indústria e Comércio de Fertilizantes e Insumos Microbiológicos LTDA, formulado a partir das estirpes Ab-V5 e Ab-V6 da bactéria *Azospirillum brasilense* associada à adubação nitrogenada na cultura do milho. 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 o 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 inoculante 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 a produtividade do milho. Os resultados demonstraram que o inoculante Simbiose proporcionou o maior acúmulo de massa nas espigas e o maior incremento na produtividade.

Palavras-chave: *Zea mays* L., fixação biológica de nitrogênio, fitohormônios, fertilizantes.

Introdução

O milho (*Zea mays* L.) é uma das culturas mais exploradas no mundo. Sua importância econômica caracteriza-se pelas diversas formas de utilização, que vai desde a alimentação animal até a indústria de alta tecnologia (FANCELLI e DOURADO NETO, 2003). Para os mesmos autores, cerca de 70% da produção mundial de milho destina-se ao consumo animal, sendo que no Brasil este percentual varia de 60 a 80%.

Com a intensificação da agricultura e do agronegócio no Brasil, a demanda por fertilizantes nitrogenados tem aumentado substancialmente, pois aumentos contínuos na demanda de alimentos e produtos agrícolas implicam, em maiores demandas de fertilizantes a base de nitrogênio.

A produção industrial de fertilizantes é um processo energeticamente caro.

Portanto, práticas agrícolas alternativas como a aplicação racional e fracionada de fertilizantes nitrogenados e práticas que explorem eficazmente o mecanismo natural e ecologicamente correto de fixação biológica de nitrogênio devem ser desenvolvidos e difundidas visando diminuir custos agrícolas e garantir a sustentabilidade da agricultura a longo prazo.

Embora as bactérias fixadoras de nitrogênio, associadas à gramíneas de grande importância econômica, terem sido descobertas a partir dos anos 70, o Brasil ainda carece do desenvolvimento tecnológico de inoculantes comerciais eficientes.

Assim o objetivo do presente estudo foi avaliar a eficiência agrônômica do inoculante Simbiose para a cultura do milho (produzido a partir das estirpes Ab-V5 e Ab-V6 da bactéria *A. brasiliense*).

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Estação Experimental do Curso de Agronomia da Universidade de Cruz Alta (UNICRUZ), Cruz Alta - RS. O município está localizado a uma longitude de 53° 37' W, latitude 28° 34' S e altitude média de 460 metros (Figura 01). O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico textura argilosa. O material vegetal utilizado foram sementes do Híbrido de milho 30F53H (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 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 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*. O inoculante AZ Total® foi 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 LTDA encontra-se em fase de testes para liberação no MAPA.

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

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.

Resultados e Discussão

Na tabela 1, são apresentados os valores médios referentes ao desempenho agrônômico do híbrido 30F53H no município de Cruz Alta - RS, em função dos tratamentos utilizados no presente estudo. A análise de variância demonstrou que de todas as características avaliadas, apenas a massa de mil grãos não foi influenciada pelos tratamentos utilizados.

Pode se verificar para a variável comprimento de espiga que, a média do tratamento 1 (0 Kg ha⁻¹ de nitrogênio) foi significativamente inferior as médias dos demais tratamentos testados. Já para o diâmetro de espiga o tratamento com a inoculação das sementes na dose de 150 mL do inoculante Simbiose e a adição de 60 Kg ha⁻¹ de nitrogênio (T6) resultou em

espigas com maior diâmetro quando comparado ao tratamento sem aplicação de nitrogênio (T1), porém em relação aos demais tratamentos não foram verificadas diferenças significativas (Tabela1).

Para o número de fileiras por espiga a utilização do inoculante da empresa Simbiose na dose de 150 mL com a metade da dose de nitrogênio recomendada para a cultura do milho (T6) resultou em espigas com o maior número de fileiras de grãos se comparadas aos tratamentos 1, 2 e 4 (0 Kg ha⁻¹, 60 Kg ha⁻¹ e 60 Kg ha⁻¹ e inoculação das sementes com o inoculante AzTotal®, respectivamente). Já em relação aos tratamentos 3, 5 e 7, não foram verificadas diferenças significativas (Tabela 1).

O número de grãos por fileira foi influenciado positivamente pela inoculação das sementes com o inoculante indiferentemente da dose utilizada (Tabela 1). Os tratamentos 5, 6 e 7 (60 Kg ha⁻¹ mais a adição de 100, 150 e 200 mL do inoculante Simbiose, respectivamente) resultaram em médias significativamente superiores quando comparadas aos demais tratamentos, exceto na em relação ao tratamento que utilizou a dose máxima de nitrogênio recomendada para a cultura do milho (120 Kg ha⁻¹, T3).

Quanto as variáveis de massa de espiga com e sem palha, podem ser destacadas as médias dos tratamentos 3, 6 e 7, tendo estes obtidos médias superiores ao tratamento sem nitrogênio (T1), porém se comparados aos demais tratamentos não foram observadas diferenças significativas para a massa de espiga com palha. Já em relação à massa de espiga sem palha apenas o tratamento sem dose de nitrogênio (T1) foi significativamente inferior, tendo os demais tratamentos se mantido em igualdade (Tabela 1).

Resultados semelhantes foram obtidos por Muñoz-Garcia et al. (1991), Alves (2007) e Zilli et al. (2008), tendo estes autores evidenciado efeitos positivos no desenvolvimento da cultura do milho quando da inoculação das sementes com bactérias associativas promotoras de crescimento.

Os resultados obtidos no presente estudo, em função da inoculação das sementes de milho, podem ser explicados pela capacidade que as bactérias do gênero *Azospirillum* possuem em sintetizar fitormônios. Na literatura são inúmeros os trabalhos admitindo eficiência do *Azospirillum* na produção de fitormônios que estimulam o desenvolvimento de raízes de várias espécies de gramíneas. Nesse sentido Tiem et al. (1979), verificaram que o estímulo do crescimento do sistema radicular em varias espécies de plantas em função da presença de *A. brasilense*, era resultante da produção de ácido indol-acético (AIA), giberelinas e citocininas, liberados por essa bactéria associativa. Dessa maneira, o maior desenvolvimento das raízes

pela inoculação com *A. brasilense*, pode implicar em diversos outros efeitos, resultando em maior absorção de água e minerais, maior tolerância ao estresse hídrico e outros estresses como, por exemplo, a salinidade do solo, resultando assim em plantas bem desenvolvidas e com maior vigor (DOBBELARER et al., 2001; BASHAN et al., 2004).

Os resultados de produtividade obtidos no presente estudo são encontrados na Figura 1. Pode se observar que o tratamento que utilizou a dose de 200 mL do inoculante associado à metade da dose de nitrogênio recomendada para a cultura (T7), resultou na maior produtividade obtida no presente estudo (4047 Kg ha⁻¹), alcançando os percentuais de 29,08; 13,6; 2,9 e 12,9% em relação aos tratamentos 1, 2, 3 e 4, respectivamente. Porém diferenciou significativamente apenas quando comparado ao tratamento 5. No geral diferenças ocorreram entre o T5, T3 e T7.

Resultados semelhantes aos obtidos no presente estudo foram alcançados por Salomone e Döbereiner (1996), Okon e Vanderleyden (1997), em que verificaram aumentos de produtividade com a inoculação de *Azospirillum* spp. em diferentes condições de cultivos. Nesse mesmo sentido, Cavallet et al. (1998), verificaram um incremento de produção de 17% em função da inoculação das sementes de milho com *A. brasilense*. Também Cavalcanti Alves, (2007), que obteve percentuais de incrementos para produção na cultura do milho de 45 e 36%, quando da utilização de inoculantes produzidos a partir de diferentes estipes de bactérias fixadoras de nitrogênio.

O que se pode observar com os resultados alcançados no presente estudo, é que a utilização do inoculante formulado com *A. brasilense*, tendo alcançado de maneira geral, ótimos resultados nos componentes de produção e na produtividade da cultura do milho.

Conclusões

- A inoculação das sementes de milho com o inoculante Simbiose na dose de 150 mL para 50 Kg de sementes, mesmo com a aplicação da metade da dose de nitrogênio (60 Kg ha⁻¹) recomendada para a cultura, resultou em espigas com maior diâmetro;

- O inoculante Simbiose na dose de 150 mL para 50 Kg de sementes de milho, resultou em maior número de fileiras nas espigas de milho e em maior acúmulo de massa das espigas com palha, mesmo com aplicação de metade da dose de nitrogênio recomendada para a cultura;

- A utilização do inoculante Simbiose na dose de 200 mL para 50 Kg de sementes, resultou no maior incremento de produtividade.

Agradecimentos

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

BASHAN, Y; HOLGUIN, G.; BASHAN, L.E. Azospirillum-plant relationships: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). Canadian Journal of Microbiology, Ottawa, v.50, p. 521-577, 2004.

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.

DOBBELAERE, S.; CROONENBORGH, A.; THYS, A.; PTACEK, D.; VANDERLEYDEN, J.; DUTTO, P.; LABANDERA-GONZALEZ, C.; CABALLERO-ELLADO, J.; AGUIRRE, J.F.; KAPULNIK, Y.; BRENER, S.; BURDMAN, S.; KADOURI, D.; SARIG, S.; OKON, Y. Response of agronomically important crops to inoculation with *Azospirillum*. Aust. J. Plant Physiology, v.28, p. 871-879, 2001.

FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. Produção de milho. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p.

MUÑOZ-GARCIA, A.; CABALLERO-MELLADO, J.; VALDÉS, M. Promoción del crecimiento del maíz por cepas productoras de sideróforos de *Azospirillum* y *Pseudomonas fluorescentes*. In: CONGRESO NACIONAL DE LA FIJACION BIOLOGICA DEL NITROGENO Y I ENCUENTRO IBEROAMERICANO DE INVESTIGACION SOBRE FIJACION DE NITROGENO, 3., 1991. Cuernavaca. Anais... Cuernavaca, México, p.61. 1991. OKON, Y.; VANDERLEYDEN, J. Root-associated *Azospirillum* species can stimulate plants. Applied and Environmental Microbiology, v.63, n.7, p.366-370, 1997.

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.

TIEN, T.M.; GASKINS, M.H.; HUBBELL, D.H. Plant growth substances produced by *Azospirillum brasilense* and their effect on the growth of pearl millet (*Pennisetum americanum* L.). Applied and Environmental Microbiology, v.37, p.1016-1024, 1979.

ZILLI, J. E.; PERIN, L.; MARSON, B. F.; ALVES, G. C.; REIS, V. M.; BALDANI, V. L. D. Rendimento de grãos da cultura do milho inoculado com *Herbaspirillum seropedicae* no cerrado de Roraima. In: FERTBIO 2008, Londrina. Anais.... Londrina: SBCS, 2008.

Tabela 1. Médias para 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) do híbrido 30F53H, Cruz Alta-RS, 2011/2012.

Tratamentos	CE	DE	NFE	NG	M1000	MECP	MESP
	cm	mm	--	--	G	g	g
T1	14,37 b	44,96 b	15,10 b	24,47 b	290,78	170,9 b	146,6 b
T2	15,53a	45,82ab	15,27 b	26,23 b	289,02	199,9ab	180,0a
T3	15,89a	46,60ab	15,70ab	30,41a	295,78	215,3a	196,1a
T4	16,78a	46,25ab	15,08 b	27,06 b	286,16	191,7ab	188,2a
T5	15,62a	46,35ab	15,98ab	30,04a	293,95	199,5ab	180,8a
T6	16,11a	47,38a	16,43a	29,23a	285,95	224,4a	205,0a
T7	16,11a	45,83ab	15,50ab	29,95a	300,26	214,0a	194,5a
C.V. (%)	5,74	2,61	4,58	7,51	6,63	12,08	11,21

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, a 10% de probabilidade pelo teste Duncan.

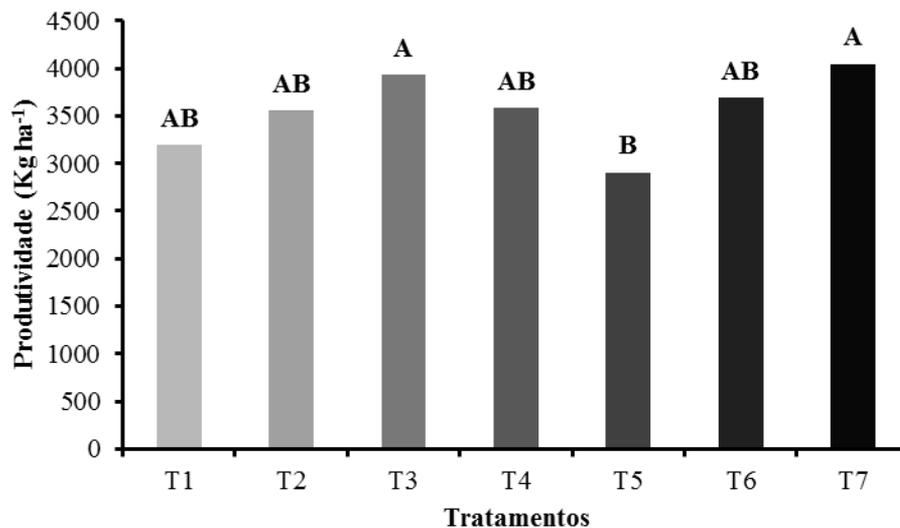


Figura 01. Valores médios da produtividade de grãos (kg ha⁻¹) de milho, do híbrido 30F53H, Cruz Alta-RS, 2010/2011.