

**Fontes de *Azospirillum brasilense* e doses de nitrogênio em cobertura
na cultura do milho**

Gisele Herbst Vazquez¹; Marcelo Romero Ramos da Silva²; Jean Fernando dos Santos Sousa²
e Ricardo Dias Baroles²

¹UNESP, Ilha Solteira, SP e UNICASTELO, Fernandópolis, SP, gisele@agr.feis.unesp.br ²UNICASTELO, Fernandópolis, SP, marcelo.romero@unicastelo.br, jeandt@bol.com.br e ricardobaroles@yahoo.com.br

RESUMO – A simbiose *Azospirillum*-milho é capaz de fornecer nitrogênio às plantas, o que eleva a produtividade a um baixo custo. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de fontes de *Azospirillum brasilense* e de doses de nitrogênio em cobertura sobre o desenvolvimento da planta e a produtividade de milho. O experimento foi conduzido em Fernandópolis (SP), no período de 16/12/2011 a 30/04/2012. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com parcelas subdivididas (3x4) com quatro repetições. As parcelas foram constituídas pelas fontes de *Azospirillum brasilense* (líquida, turfosa e a testemunha sem inoculante) e as subparcelas pelas doses de N em cobertura (0, 30, 60 e 120 kg ha⁻¹). Os resultados obtidos permitem concluir que: o uso de inoculante líquido e turfoso a base de *Azospirillum brasilense* não interfere nas características agronômicas e na produtividade de plantas de milho; a adubação em cobertura com N mineral eleva a produtividade da cultura do milho.

Palavras-chave: *Zea mays* L., inoculação, fixação biológica, inoculante.

Introdução

O milho é uma cultura que remove grandes quantidades de nitrogênio (N) e usualmente requer o uso de adubação nitrogenada para complementar a quantidade suprida pelo solo, quando se deseja produtividades elevadas (BORTOLINI, 2001).

Fertilizantes nitrogenados utilizados em plantas não-leguminosas, como o milho, constituem um dos mais altos custos da agricultura. Os custos econômicos e ambientais relacionados à fertilização nitrogenada têm estimulado a busca por alternativas que possam diminuir a utilização deste fertilizante sem que haja diminuição da produção (ROESCH et al., 2005). Bactérias do gênero *Azospirillum* têm sido utilizadas como inoculante em sementes de várias espécies de plantas para promover o crescimento das raízes e a fixação biológica do nitrogênio atmosférico. Estas bactérias são diazotróficas, de vida livre, presentes no solo e/ou encontradas colonizando o interior das plantas, sendo detectadas em associação com diversas espécies de importância agronômica (DIDONET et al., 2003).

O inoculante é caracterizado como o material que contém microrganismos que atuam favoravelmente no desenvolvimento das plantas, composto por bactérias específicas para cada espécie vegetal. Sendo assim, a utilização destes produtos atua de maneira a aumentar a

produtividade de determinada cultura, além de melhorar a qualidade dos solos, reduzir os custos e a quantidade de adubos nitrogenados com vistas à preservação ambiental (EMBRAPA, 2007).

O efeito da bactéria *Azospirillum* spp. no desenvolvimento do milho e em outras gramíneas, tem sido pesquisado nos últimos anos, não somente quanto ao rendimento das culturas mas, também, com relação às causas fisiológicas que, possivelmente, aumentam esse rendimento, havendo estudos nas culturas de arroz, milho e trigo que relatam incrementos de 20 a 30% na produtividade (REIS, 2007).

Já existem inoculantes comerciais para gramíneas no mercado mundial. No Brasil, em maio de 2009, foi lançado o primeiro inoculante para arroz e milho, denominado Masterfix Gramíneas. Resultados de pesquisas indicam que esta inovação tem potencial para economizar até 50% no uso de N químico, com incrementos médios de 25% a 30% na produção de milho e redução de gastos na ordem de US\$ 1,5 bilhão ao ano, considerando uma área cultivada de 13 milhões de ha (RURAL CENTRO, 2009).

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de duas fontes de *Azospirillum brasilense* (líquida e turfosa) e de doses de nitrogênio em cobertura sobre características agronômicas da planta e a produtividade do milho.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na área experimental da Fazenda de Ensino e Pesquisa da Universidade Camilo Castelo Branco - UNICASTELO, Campus de Fernandópolis, SP, localizada entre as coordenadas 20°16'50" LS e 50°17'43" LO, a uma altitude de 520 m.

O solo onde foi instalado o experimento é um ARGISSOLO Vermelho-Amarelo eutrófico, abrupático, A moderado, textura arenosa/média (OLIVEIRA et al., 1999), cujas características químicas, na profundidade de 0-20 cm, encontram-se na Tabela 1. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é tropical úmido, Aw, com inverno seco e ameno e verão quente e chuvoso.

O preparo do solo foi o convencional com uma aração e duas gradagens e o fornecimento de água, quando necessário, foi realizado por aspersores tipo canhão modelo "Pluvio 150".

A cultivar semeada foi a DKB 390PRO peneira R2M, um híbrido simples de milho recomendado para a região. As sementes, já tratadas com fungicida pela própria empresa produtora, após homogeneização em laboratório, também receberam o tratamento com o inseticida tiametoxam na dose de 200 mL p.c. por 100 kg de sementes.

As sementes foram divididas em três partes, uma foi inoculada com o produto líquido Masterfix Gramíneas na dose de 200 mL ha⁻¹, outra foi inoculada com o produto turfoso Azototal, na dose de 200 g por 25 kg de sementes e a terceira parte constituiu a testemunha. As doses dos inoculantes foram dobradas em relação às recomendadas para a cultura do milho pelas empresas produtoras de modo a garantir a eficiência da operação. Para facilitar a inoculação, todas as frações de sementes, inclusive a testemunha, receberam água (300 mL por 50 kg de sementes) no momento do tratamento.

A operação de semeadura e adubação foi mecanizada (16/12/2011), empregando-se o equipamento PST plus da empresa TATU com 3 linhas espaçadas de 0,5 m e com uma densidade de 8-9 sementes por metro. A adubação de semeadura foi de 330 kg da fórmula 8-28-16, o que representa 26,4 kg de N, 92,4 kg de P₂O₅ e 52,8 kg de K₂O por hectare, respectivamente.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com parcelas subdivididas (2 fontes de *Azospirillum* mais a testemunha x 4 doses de N em cobertura) e quatro repetições, totalizando doze tratamentos. A área experimental foi dividida em quatro blocos, onde foram distribuídas três parcelas, correspondentes a duas fontes de *Azospirillum* (líquido e turfoso) e a testemunha não inoculada, com 3,0 m de largura por 20 m de comprimento. Da divisão da parcela, no sentido do comprimento, obtiveram-se as subparcelas (3,0 x 5 m) onde foram testadas as doses de N em cobertura (0, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹). Entre os blocos e as parcelas, foram mantidos carregadores com 2 m e 1 m de largura, respectivamente.

Vinte dias após a emergência (DAE) foi realizado o desbaste de plantas, obtendo-se uma população de 70.000 plantas ha⁻¹. O controle de plantas daninhas, principalmente *Cenchrus echinatus* L., foi feito com o uso de herbicidas aos 20 e 40 DAE. A adubação de cobertura foi realizada 26 DAE, no estágio V5-V6, utilizando o sulfato de amônio como fonte de N.

A colheita foi realizada manualmente aos 140 DAE no dia 30/04/2012, estando os grãos com 15-17% de umidade. Para a determinação da produtividade de grãos, foram colhidas as espigas das duas linhas centrais de cada subparcela, descontando-se 0,5 m das extremidades, corrigindo-se a umidade para 13% (b.u.) e convertendo os valores para kg ha⁻¹. Em outra linha adjacente às duas centrais, foram realizadas as seguintes avaliações: altura das plantas, realizada em dez plantas ao acaso por subparcela, utilizando-se uma trena milimetrada, tomou-se como referência a distância compreendida entre a superfície do solo e a extremidade do pendão; altura de inserção da espiga, realizada em dez plantas ao acaso por subparcela, utilizando-se uma trena milimetrada, tomou-se como referência a distância

compreendida entre a superfície do solo e a inserção da maior espiga; diâmetro do colmo, obtido através de um paquímetro, realizando a leitura a 10 cm do solo; número de fileiras de grãos por espiga, média da contagem em dez espigas ao acaso de cada parcela; número de grãos por fileira, média da contagem em dez espigas ao acaso de cada parcela; massa de 1000 grãos, realizou-se a pesagem de três amostras de 100 grãos, coletadas ao acaso, por repetição, sendo a massa referente aos grãos corrigida para 13% de umidade (b.u.) e multiplicada por 10.

Os dados referentes à fonte de *Azospirillum* foram analisados através da análise da variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Com relação a doses de N, efetuou-se análise da variância, testando a interação dos fatores, bem como a análise de regressão. Foi utilizado o programa SISVAR (FERREIRA, 2003) para análise dos dados.

Resultados e Discussão

Os valores médios de altura da planta, altura da inserção da espiga, número de fileiras de grãos por espiga e de grãos por fileira, massa de 1000 grãos e produtividade de grãos de milho em função de fontes de *Azospirillum* e doses de N em cobertura, estão apresentados na Tabela 1.

Nenhuma das variáveis estudadas mostrou interferência significativa do fator fonte de *Azospirillum*. Cavallet et al. (2000) avaliando o uso do inoculante “Graminante”, a base de *Azospirillum*, aplicado em sementes de milho, também não obtiveram respostas nas variáveis número de fileiras de grãos por espiga e altura da planta.

Por sua vez, observa-se que a inoculação das sementes com o inoculante turfoso aumentou a produtividade em 298 kg ha⁻¹ em relação à testemunha, no entanto, esse aumento não foi estatisticamente significativo ($p > 0,05$). A testemunha não inoculada teve produção de 6.229 kg ha⁻¹, enquanto o tratamento com inoculante líquido apresentou 6.141 kg ha⁻¹.

Este resultado diverge de Salomone e Döbereiner (1996) que encontraram aumentos significativos de produtividade com a inoculação de *Azospirillum* spp. nas mais diversas condições de cultivo, oriundos, provavelmente, dos efeitos benéficos dessa bactéria na fixação biológica de nitrogênio (OKON e VANDERLEYDEN, 1997), como o aumento da atividade das enzimas fotossintéticas e de assimilação de nitrogênio (DIDONET et al., 1996), aumento da superfície de absorção das raízes e na produção de substâncias promotoras do crescimento (SALOMONE e DÖBEREINER, 1996).

A interação dos fatores fonte de *Azospirillum* e doses de N também não foi significativa em nenhuma das variáveis estudadas (Tabela 1).

Já a produtividade de grãos apresentou interferência do fator doses de N, havendo um crescimento linear na produção com o aumento das doses de N (Figura 1). Com o uso de 120 kg ha⁻¹ de N a produtividade alcançou 7.592 kg ha⁻¹ superando em 2.259 kg a testemunha que não recebeu N. Esta resposta significativa à adubação nitrogenada pode ser atribuída à baixa fertilidade natural do solo empregado (Tabela 1), já que segundo Mundstock e Silva (2005), para cada tonelada de grãos produzidos a planta necessita extrair 27,7 kg de N do solo, sendo que a maioria dos solos não consegue suprir as plantas com quantidades superiores a 80 kg ha⁻¹ de N, que é obtida da mineralização da matéria orgânica, o que caracteriza o milho como uma cultura exigente em N, como as demais gramíneas. Ainda, de acordo com Fancelli (2004), a deficiência de nitrogênio pode reduzir o rendimento de grãos entre 14 e 80%.

Conclusões

- O uso de inoculante líquido e turfoso a base de *Azospirillum brasilense* não interfere nas características agronômicas e na produtividade de plantas de milho, necessitando de mais estudos.
- A adubação em cobertura com N mineral eleva a produtividade da cultura do milho.

Literatura Citada

BORTOLINI, C.G. Rendimento de grãos de milho cultivado após aveia-preta em resposta a adubação nitrogenada e regime hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, vol.36, n.9, set. 2001.

DIDONET, A. D.; MARTIN-DIDONET, C. C. G.; GOMES, G. F. **Avaliação de linhagens de arroz de terras altas inoculadas com *Azospirillum lipoferum* Sp59b e *A. brasilense* Sp24**. Comunicado Técnico EMBRAPA, n. 69, dez. 2003.

DIDONET, A.D.; RODRIGUES, O; KENNER, M.H. Acúmulo de nitrogênio e de massa seca em plantas de trigo inoculadas com *Azospirillum brasiliense*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.16, n.9, p.645-651, 1996.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), 2007. **Origem e história do feijão**. Disponível em <<http://www.cnpaf.embrapa.br>> Acesso em 24 de Março de 2009.

FANCELLI, A.L. **Ecofisiologia e Ambiente de Produção**. Curso on-line. Manejo da cultura do milho. 2004. p.1-18.

FERREIRA, D. F. **SisVar – programa estatístico**. Versão 4.2 (Build 39). Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2003.

MUNDSTOCK, C. M.; SILVA, P. R. **Manejo da cultura do milho para altos rendimentos de grãos**. Departamento de plantas de lavoura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Evangraf. Porto Alegre-RS, 2005.

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

OLIVEIRA, J.B.; CAMARGO, M.N.; ROSSI, M.; CALDERANO FILHO, B. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo: legenda expandida**. Campinas, Instituto Agronômico/EMBRAPA-Solos. Campinas. 1999. 64p.

REIS, V.M. **Uso de bactérias fixadoras de nitrogênio como inoculante para aplicação em gramíneas**. Embrapa Agrobiologia 2007, Documentos n° 232, Seropédica-RJ, 2007, 14 p.

ROESCH, L.F.; CAMARGO, F.O.; SELBACH, P.A.; SÁ, E.S. Reinoculação de bactérias diazotróficas aumentando o crescimento de plantas de trigo. **Ci. Rural**, 35:1201-1204, 2005.

RURAL CENTRO. A Rede de Negócios no Campo. Notícias, 2009. **Embrapa e UFPR desenvolvem primeiro inoculante para milho e trigo**. <http://www.ruralcentro.com.br/sistema/noticias.aspx?Titulo=Embrapa_e_UFPR_desenvolve_m_primeiro_inoculante_para_milho_e_trigo&ID=13327>. Acesso em: 20 ago. 2009.

SALOMONE, G.; DÖBEREINER, J. Maize genotypes effects on the response to *Azospirillum* inoculation. **Biology Fertilizer Soils**, Oxford, v.21, p.193-196, 1996.

Tabela 1. Resultado da análise química do solo da área do experimento, Fernandópolis/SP, 2011.

Prof. cm	P res mg dm ⁻³	M.O. g dm ⁻³	pH CaCl ₂	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V
					-----	mmol _c dm ⁻³	-----			%
0-20	7	13	5,0	1,4	15	6	23	22,4	45,4	49,3

Fonte: Laboratório de Análise de Solos, Unicastelo/Fernandópolis, 2011.

Tabela 2. Valores de F e médias de altura da planta, altura de inserção da espiga (AIE), número de fileiras por espiga (NFE) e de grãos por fileira na espiga (NGF), massa de 100 grãos e produtividade de grãos de milho em função da fonte de *Azospirillum* e doses de N em cobertura.

Fator de variação	Altura planta (cm)	AIE (cm)	Diâmetro colmo (mm)	NFE	NGF	M1000 grãos (g)	Produtividade (kg/ha)
Fonte Az							
Testemunha	233,6	118,4	17,9	15,7	29,2	274,4	6.229
Líquido	229,6	115,4	18,3	15,9	28,4	291,7	6.141
Turfa	231,2	119,0	19,5	15,9	29,2	300,9	6.527
Doses de N							
0	228,6	113,9	18,7	15,9	28,7	297,4	5.333
30 (kg/ha)	227,6	115,9	18,3	15,8	28,2	279,2	5.909
60 (kg/ha)	233,2	119,7	18,6	15,6	28,5	297,9	6.361
120 (kg/ha)	236,5	121,0	18,8	16,0	30,0	284,0	7.592
Teste F							
Fonte (F)	0,224ns	0,745ns	2,070ns	0,285ns	0,664ns	2,985ns	0,266ns
Doses (D)	0,723ns	1,667ns	0,080ns	0,884ns	1,837ns	1,113ns	4,507*
F * D	0,340ns	0,454ns	0,207ns	1,338ns	0,651ns	1,071ns	1,293ns
Média	231,5	117,6	18,6	15,8	28,9	289,3	6.299
DMS							
Fonte Az.	14,5	7,7	2,0	0,6	1,8	27,6	1.383
CV %	7,26	7,54	12,7	4,25	7,17	9,49	21,52

ns - não significativo; *significativo a 5% e ** significativo a 1%. CV (coeficiente de variação).

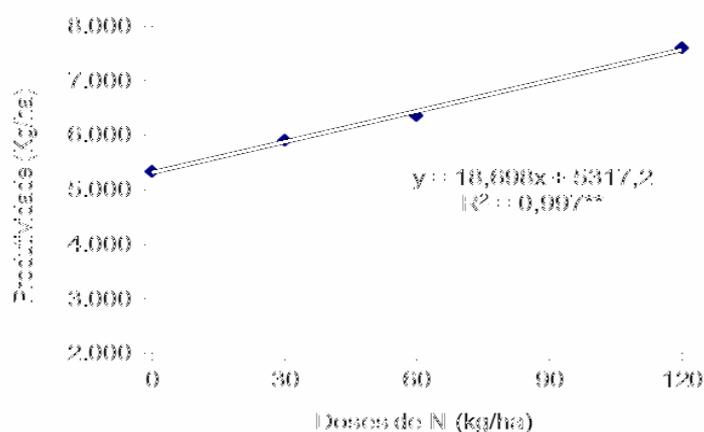


Figura 1. Produtividade de grãos de milho em função de doses de nitrogênio em cobertura.