

Inoculação com *Azospirillum* e resposta do milho a adubação nitrogenada de cobertura em dois níveis de manejo

Lígia Maria Maraschi da Silva¹, Luís Sangoi², Amauri Schmitt¹, Jefferson Vieira¹, Murilo Renan Mota¹, Willian Giordani³, Diego Eduardo Schenatto³, Gustavo Cardoso Machado³, Cristian Majolo Boniatti³

¹ Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC, ligiamaraschi@hotmail.com, a2ls@cav.udesc.br, amauri.schmitt@agronomo.eng.br, jefferson.vieira05@hotmail.com, mure_mota@hotmail.com, giordani.willian@yahoo.com.br, d.schenatto@yahoo.com.br, gustavo_mcardoso@hotmail.com, cristianboniatti@yahoo.com.br

RESUMO – Um dos fatores que mais influenciam o rendimento do milho é a adubação nitrogenada. O nitrogênio é um dos insumos que mais oneram o custo de produção na lavoura. Uma alternativa para melhorar a utilização do N pelas poaceas é a inoculação com bactérias fixadoras de nitrogênio do gênero *Azospirillum*. Este trabalho foi conduzido objetivando avaliar o efeito da inoculação com *Azospirillum* sobre o rendimento de grãos do milho submetido a doses crescentes de N em cobertura, em diferentes níveis de manejo. O experimento foi conduzido em Lages/SC, na safra 2011/2012, utilizando delineamento de blocos casualizados, dispostos em parcelas sub-subdivididas. Na parcela principal testaram-se dois níveis de manejo: médio e alto. Nas sub-parcelas avaliaram-se quatro doses de nitrogênio: 0; 0,5; 1 e 1,5 da dose recomendada para cada nível de manejo. Nas sub-subparcelas avaliou-se o efeito da inoculação. O rendimento de grãos foi maior no nível de manejo alto do que no médio, independentemente da dose de N e da inoculação. O rendimento de grãos aumentou quadraticamente conforme o aumento nas doses de nitrogênio nos dois níveis de manejo, tanto nas parcelas inoculadas quanto nas não inoculadas. Não houve diferença significativa entre os tratamentos com ou sem inoculação de *Azospirillum*.

Palavras-chave: *Zea mays*, bactérias fixadoras, nitrogênio, níveis tecnológicos.

Introdução

O milho (*Zea mays*) é uma das principais plantas cultivadas no Brasil e no mundo. A sua enorme importância econômica se deve à diversificação de formas de consumo, tanto na alimentação animal quanto humana. Embora tenha um potencial produtivo elevado, podendo chegar a produtividades superiores a 18.000 kg ha⁻¹ (SCHMITT et al., 2011) a produtividade média de milho no Brasil tem oscilado entre 3.500 e 4.100 kg ha⁻¹ nas últimas safras (CONAB, 2012). A produtividade média muito abaixo do que pode ser alcançado se deve principalmente às situações de estresse enfrentadas pela cultura, tais como limitações hídricas, ataque de pragas, doenças e deficiência de nutrientes essenciais ao desenvolvimento da planta. O nitrogênio é o nutriente mineral extraído em maior quantidade pelo milho e o que exerce maior influência na produtividade de grãos (SILVA et al., 2005). Ele é fundamental para o estabelecimento e duração da área foliar, bem como para a formação das espigas, interferindo tanto na magnitude da fonte produtora de fotoassimilados quanto na força do dreno que irá recebê-los. Por este motivo, a adubação nitrogenada é um dos recursos que mais oneram o

custo de produção, chegando a representar cerca de 40% do custo total de produção da cultura do milho (REIS-JÚNIOR, 2008).

Além da necessidade de reduzir custos com adubação nitrogenada, também é crescente a preocupação com a poluição dos recursos hídricos e da atmosfera, pelo uso inadequado de fertilizantes nitrogenados, em virtude desse nutriente estar sujeito a perdas por erosão, lixiviação, volatilização e desnitrificação (PANG et al., 1997; LARA CABEZAS et al., 2000). Outra preocupação recorrente é o elevado custo energético para a obtenção dos fertilizantes nitrogenados minerais e o impacto disto na sustentabilidade dos sistemas produtivos.

A identificação de estratégias de manejo da lavoura que possam atender a demanda nitrogenada do milho, com baixo custo de produção e limitado impacto ambiental é importante para aumentar a margem bruta do produtor e para preservar o ambiente. Dentre estas se destaca o uso de bactérias do gênero *Azospirillum* que podem se associar endofiticamente a várias espécies de gramíneas. Elas são capazes de auxiliar no crescimento e desenvolvimento da cultura através da disponibilização de nutrientes pela fixação biológica do nitrogênio atmosférico e também pela produção de diversos hormônios vegetais que resultam no maior crescimento das raízes e, conseqüentemente, na maior absorção de água e nutrientes.

Este trabalho foi conduzido objetivando avaliar o efeito da inoculação com *Azospirillum* sobre o rendimento de grãos do milho submetido a doses crescentes de N em cobertura, em diferentes níveis de manejo.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado a campo, no ano agrícola de 2011/2012, no município de Lages, localizado no Planalto Sul do Estado de Santa Catarina. O clima da região é do tipo Cfb, mesotérmico, com verões brandos e precipitações pluviais bem distribuídas, de acordo com a classificação de Köppen. O solo da área experimental é um NITOSSOLO VERMELHO Distrófico típico (EMBRAPA, 2006). A semeadura foi realizada no dia 19/10/2011, no sistema de semeadura direta sobre cobertura morta de aveia preta (*Avena strigosa*), ervilhaca (*Vicia sativa L.*) e nabo forrageiro (*Raphanus sativus L.*)

Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, dispostos em parcelas sub-subdivididas com três repetições. Na parcela principal foram avaliados dois níveis de manejo: médio e alto, com expectativas de rendimento de grãos de 8.000 e 18.000 kg ha⁻¹, respectivamente. Nas sub-parcelas avaliaram-se quatro doses de nitrogênio equivalentes a 0, 0,5, 1,0 e 1,5 vezes a dose necessária para alcançar as produtividades almejadas em cada nível de manejo. Nas sub-subparcelas avaliou-se a presença ou ausência de inoculação com *Azospirillum*. No nível de manejo médio utilizou-se a variedade de polinização aberta SCS Catarina semeada na densidade de 50.000 pl ha⁻¹. No nível de manejo alto utilizou-se o híbrido simples P30R50H, semeado na densidade de 90.000 pl ha⁻¹.

A adubação de manutenção com fósforo e potássio foi realizada levando em consideração o resultado da análise de solo e as produtividades almejadas em cada nível de manejo, seguindo as recomendações da Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC (2004). No nível de manejo médio foram aplicados 130 kg Kg ha⁻¹ de N, 145 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 70 Kg ha⁻¹ de K₂O. No nível de manejo alto foram aplicados 280 kg Kg ha⁻¹ de N, 295 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 170 Kg ha⁻¹ de K₂O. A adubação com fósforo e potássio foi realizada no dia da semeadura, juntamente com 30 Kg ha⁻¹ de N. O restante do nitrogênio foi aplicado em cobertura, sendo realizadas três coberturas para a o nível de manejo alto (V4, V8 e V12) e uma cobertura em V8 para o nível de manejo médio, conforme escala proposta por Ritchie (1993). No nível de manejo alto foi feita uma aplicação do fungicida PRIORI XTRA[®] no estágio fenológico de V12.

As sementes foram tratadas antes da semeadura com os fungicidas Carbendazim e com os inseticidas imidacloprido e thiodicarbe. Após o tratamento, as sementes dos tratamentos com *Azospirillum* foram inoculadas manualmente com inoculante líquido no dia da semeadura, utilizando o produto comercial Masterfix[®] na dose de 100 ml/20 kg de sementes.

Cada subparcela foi composta de quatro linhas com seis metros de comprimento, e espaçamento 0,70 m. Todas as avaliações feitas nas duas fileiras centrais, excetuando-se 0,5 m na extremidade de cada linha. A colheita dos experimentos foi efetuada manualmente com umidade do grão entre 18 a 22%, no dia 13 de abril de 2012. A partir dos grãos colhidos foram efetuadas as seguintes avaliações: rendimento de grãos (Kg ha⁻¹), massa de 1.000 grãos, número de grãos por espiga e por área (m²), número de espigas por planta, porcentagem de plantas sem espiga na colheita, número de folhas verdes e senescentes na floração.

Os dados obtidos foram avaliados estatisticamente através da técnica de análise de variância. Os valores de F para os efeitos principais e interações foram considerados significativos ao nível de significância de 5% ($P < 0.05$). Quando alcançada significância estatística, as médias foram comparadas entre si, utilizando-se o teste de Tukey, ao nível de significância de 5% para os fatores qualitativos (nível tecnológico e presença ou ausência de inoculação) e análise de regressão para o fator quantitativo (doses de nitrogênio).

Resultados e Discussão

O rendimento de grãos diferiu significativamente para os níveis de tecnologia, sendo que os maiores rendimentos foram alcançados no nível de alta tecnologia, independente da dose ou da inoculação (Tabela 1). Os componentes do rendimento que diferiram significativamente que fizeram com que o nível de alta tecnologia alcançasse maiores rendimentos foram o número de grãos produzidos por metro quadrado e a massa de mil grãos.

Nos dois níveis tecnológicos, o rendimento de grãos foi influenciado pelas doses de N em cobertura, tanto nas parcelas inoculadas quanto nas não inoculadas (Figura 1), sendo verificada maior produção no nível de alta tecnologia para dose de 1,5 de N tanto nas parcelas inoculadas ($16.904,26 \text{ kg ha}^{-1}$) como nas parcelas sem inoculação ($17.003,89 \text{ kg ha}^{-1}$). Os resultados ajustaram-se ao modelo quadrático de regressão, encontrando-se para o nível de alta tecnologia as equações $y = 9075,40 + 10061x - 3227,84x^2$ (com *Azospirillum*) e $y = 8286,07 + 12328x - 4344,08x^2$ (sem *Azospirillum*); e para o nível de média tecnologia $y = 6128,94 + 7502,63x - 3518,76x^2$ (com *Azospirillum*). Já para a média tecnologia sem *Azospirillum* a equação não foi significativa.

Com exceção do número de espigas por planta, que não apresentou diferença entre as doses, os demais componentes do rendimento analisados (massa de mil grãos, grãos por espiga e grãos por metro quadrado) aumentaram conforme o incremento na dose de nitrogênio (Figura 2).

Não houve diferenças significativas no rendimento de grãos das parcelas inoculadas e não inoculadas. As parcelas inoculadas produziram grãos com maior massa do que as não inoculadas, na média das doses de N e dos níveis de manejo (Tabela 1). Embora não tenha se demonstrado significativa a inoculação com *Azospirillum* promoveu aumento de 8% no nível de alta tecnologia na dose 0 de N e de 1% na dose 0,5; não havendo contribuição para as

doses 1 e 1,5. No nível de média tecnologia houve incremento de 6% no rendimento de grãos para a dose 0,5 de N, para a dose 1 de N o aumento foi de 4% e de 3% para a dose 1,5. Reis-Junior et al. (1998) não encontraram diferença significativa a 5% de probabilidade no rendimento de grãos de milho com e sem inoculação. Entretanto, Hungria (2010) encontrou incrementos de 443 a 823 kg ha⁻¹ entre tratamentos com e sem inoculação. ROESCH (2007) concluiu em seu estudo que influências geográficas e ambientais podem gerar associações diferentes entre bactérias diazotróficas endofíticas e plantas de milho, ocasionando resultados bastante variáveis em relação à inoculação.

Literatura Citada

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO (CQFS RS/SC). Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Porto Alegre, SBCS/Núcleo Regional Sul, 2004. 400p.

CONAB. Milho total (1ª e 2ª safra) Brasil – Série histórica de área plantada - safra 1976-77 a 2011-12. Disponível em: <http://www.CONAB.gov.br/>. Acesso em: 18/05/2012.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed.. Brasília, 2006. 306p.

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

LARA CABEZAS, W. A. R.; TRIVELIN, P. C. O.; KORNODÔRF, G. H.; PEREIRA, S. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura do milho em sistema plantio direto no Triângulo Mineiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 14, p. 363-376, 2000.

PANG, X. P.; LETEY, J.; WU, L. Irrigation quality and uniformity and nitrogen application effects on crop yield and nitrogen leaching. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 61, p. 257-261, 1997

REIS JUNIOR, F. B.; TOLEDO, C. 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**, v. 32, p. 1139-1146, 2008.

REIS JÚNIOR, F.B. dos; DÖBEREINER, J.; BALDANI, V.L.D.; REIS, V.M.; MACHADO, A.T. Seleção de Genótipos de Milho e Arroz mais Eficientes Quanto ao Ganho de N Através de Fixação Biológica de N₂. Seropédica: Embrapa *Agrobiologia*, nov. 1998. 24p.

RITCHIE, S. W. et al. How a corn plant develops. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1993. 26p. (Special Report, 48).

ROESCH L. F. W., PASSAGLIA L. M. P., BENTO F. M., TRIPLETT E. W., CAMARGO F. A. O. Diversidade de bactérias diazotróficas endofíticas associadas a plantas de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1367-1380, 2007.

SCHMITT A., SANGOI L., VIEIRA J., PICOLI G. J. J., COSTA T. E., MARIANNO F. H. F., GIORDANI W., SCHENATTO D., MACHADO G. C., BONIATTI C., FERREIRA M. A., GIRARDI D., BIANCHET P. Incremento na densidade de plantas como estratégia para potencializar o rendimento de grãos do milho. Resumos expandidos. In: VIII REUNIÃO TÉCNICA CATARINENSE DE MILHO E FEIJÃO – II SEMINÁRIO ESTADUAL SOBRE A CULTURA DO MILHO, 2011. Chapecó, SC.

SILVA, E.D.; BUZETTI, S.; LAZARINI, E. Aspectos econômicos da adubação nitrogenada na cultura do milho em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 4, p. 286-297, 2005.

Tabela 1. Rendimento de grãos e componentes do milho em função do nível de manejo, dose de N e inoculação com *Azospirillum*. Lages, SC, 2011/2012

Nível de manejo	Dose de N	<i>Azospirillum</i>	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Espiga / Planta	Grãos/ m ²	Massa mil grãos	Grão / Espiga	
Alto	0	com	9.063	0,98	2.933,95	309,43	442,80	
		sem	8.344	1,03	2.848,60	293,25	440,44	
	0,5	com	13.335	1,02	3.966,06	335,76	402,73	
		sem	13.191	1,06	4.016,81	329,23	610,28	
	1	com	15.873	1,04	4.281,46	371,04	627,63	
		sem	16.444	1,01	4.577,39	359,68	656,83	
	1,5	com	16.917	1,00	4.315,68	392,97	624,76	
		sem	16.947	1,07	4.438,84	381,85	664,49	
	Médias do Alto Manejo			13.764 a*	1,02 a	3.922,34 a	346,65 a	558,74 a
	Médio	0	com	5.986	0,99	1.623,99	366,31	441,78
sem			7.403	1,05	2.047,85	360,81	525,83	
0,5		com	9.429	1,02	2.446,90	385,59	605,08	
		sem	8.908	1,04	2.380,77	373,75	605,98	
1		com	9.684	1,02	2.447,67	397,24	621,14	
		sem	9.275	1,03	2.471,39	374,79	642,49	
1,5		com	9.609	0,93	2.392,11	403,28	548,52	
		sem	9.306	0,94	2.221,10	420,13	510,83	
Médias do Médio Manejo			8.700 b	1,00 a	2.253,97 b	385,23 b	562,70 a	
Média		com		11.237,1 a	0,99 a	3.051,0 a	370,20 a	562,29 a
	sem		11.227,2 a	1,00 a	3.125,2 a	361,61 b	582,17 a	
CV (%)			8,34	5,73	8,96	4,38	9,40	

* Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

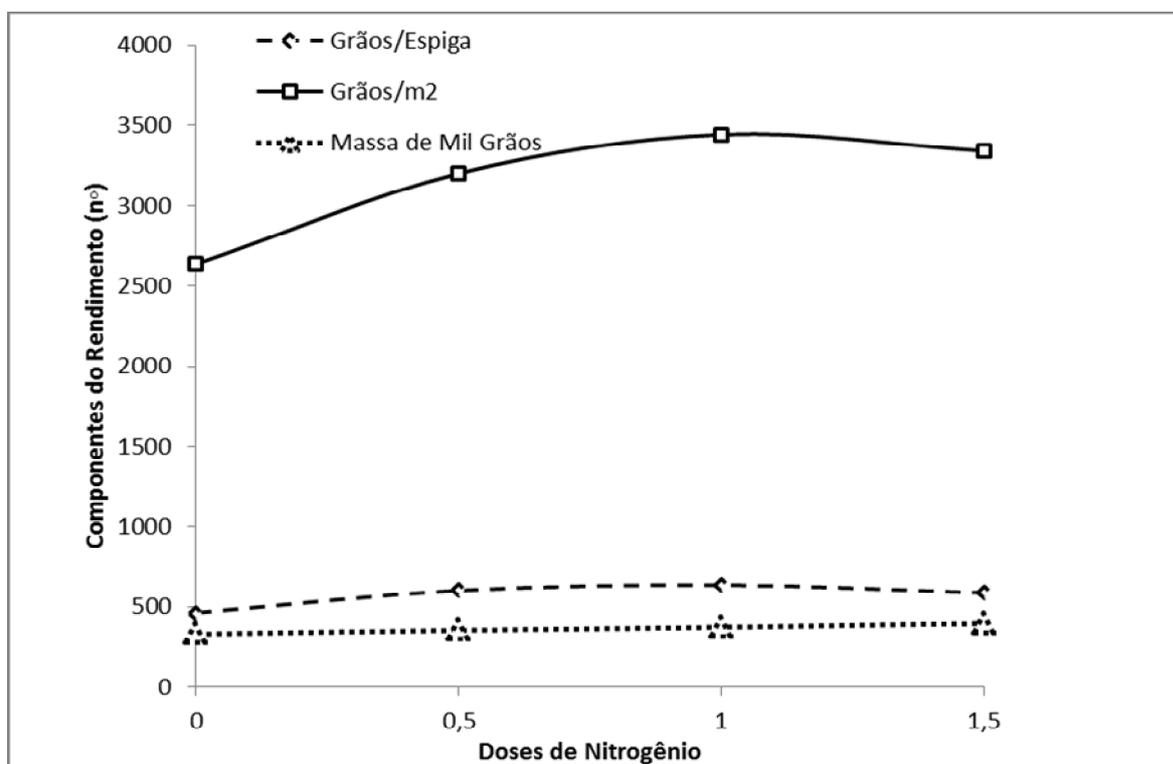


Figura 2: Componentes do rendimento de milho em função do aumento da dose de N em cobertura, na média de dois níveis tecnológicos e dois níveis de inoculação (com e sem *Azospirillum*). Lages, SC, 2011/2012.

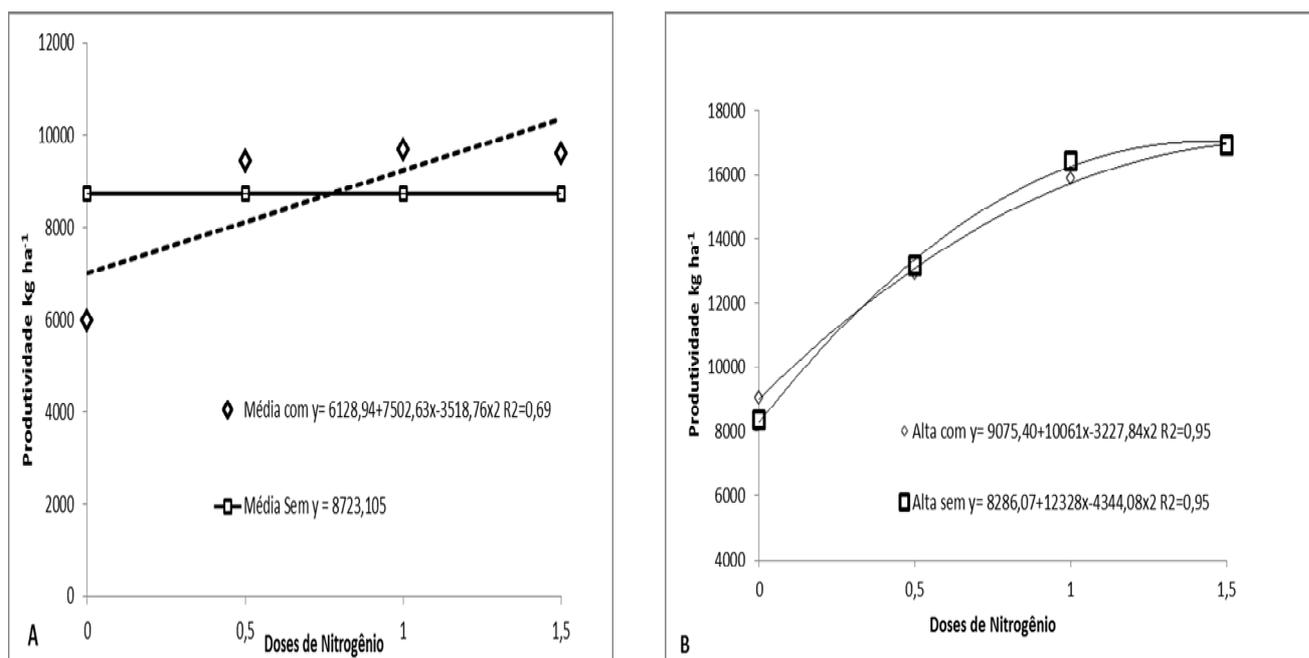


Figura 1: Rendimento de grãos do milho em função da dose de N aplicada e da inoculação com *Azospirillum* no nível de manejo médio (A) e alto (B). Lages, SC, 2011/2012.