

Fontes de *Azospirillum brasilense* e Doses de Nitrogênio em Cobertura na Cultura do Sorgo Granífero

Gisele Herbst Vazquez¹; Marcelo Romero Ramos da Silva²; Jean Fernando dos Santos Sousa² e Bruna Fernandes de Moraes²

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 bruh-fer@hotmail.com

RESUMO - 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 (N) atmosférico, podendo reduzir os custos de produção com adubos nitrogenados. 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 do sorgo granífero. O experimento foi conduzido em Fernandópolis (SP), no período de 14/12/2011 a 23/04/2012. 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 90 kg ha⁻¹). Concluiu-se que, plantas inoculadas com inoculante líquido são mais produtivas que as inoculadas com inoculante turfoso. O uso de inoculante líquido proporciona maior crescimento das plantas, com colmos mais finos, panículas com menor largura e comprimento, mas com grãos mais pesados, o que leva a uma maior produtividade de grãos. A bactéria *Azospirillum brasilense* é capaz de substituir o N mineral em cobertura na cultura do sorgo granífero.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor* L., inoculação, fixação biológica, inoculante.

Introdução

O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), originário do centro da África e parte da Ásia, constitui atualmente uma alternativa para a alimentação humana e animal sendo importante especialmente em regiões de baixa disponibilidade de água (CARVALHO et al., 2000).

O nitrogênio (N) é o elemento mais abundante na atmosfera, porém indisponível às plantas, devido à grande estabilidade da molécula, o que torna necessária sua adição ao solo pelo uso de fertilizantes. Principalmente nos países de clima tropical, a agricultura é mais dependente do emprego de fertilizantes nitrogenados, pois devido à grande quantidade de chuvas e à rápida decomposição da matéria orgânica, grande parte do N é perdida via lixiviação, desnitrificação e pela imobilização microbiana. Portanto, é de extrema importância a nutrição equilibrada aliada a práticas culturais que visem um sistema de controle integrado, minimizando os gastos com adubação, tornando a agricultura economicamente viável e mais competitiva, reduzindo as perdas e a poluição ambiental (SALA et al., 2007).

Diversos processos são mediados por microrganismos do solo desempenhando papel importante na ciclagem de nutrientes. Um desses processos é a fixação biológica de nitrogênio atmosférico, que é realizada por microrganismos procarióticos conhecidos como diazotróficos. Os diazotróficos podem ser de vida livre, estar associados a espécies vegetais ou, ainda, estabelecer simbiose com leguminosas. Os estudos com bactérias diazotróficas são de grande importância, devido à contribuição destas para o fornecimento de nitrogênio a diversos ecossistemas, natural ou manejado.

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 (endofíticas), sendo detectadas em associação com diversas espécies de importância agrônoma (DIDONET et al., 2003).

O grande interesse na fixação biológica em gramíneas é devido à maior facilidade de aproveitamento de água das mesmas em relação às leguminosas, pela maior efetividade fotossintética. As gramíneas apresentam um sistema radicular fasciculado, tendo vantagens sobre o sistema pivotante das leguminosas para extrair água e nutrientes do solo; e por serem as gramíneas largamente utilizadas como alimento pelo homem. Por isso, mesmo que apenas uma parte do nitrogênio pudesse ser fornecida pela associação com bactérias fixadoras, a economia em adubos nitrogenados seria igual ou superior àquela verificada com as leguminosas que podem ser autossuficientes em nitrogênio (DÖBEREINER, 1992).

Embora já se tenham alguns resultados experimentais, os estudos sobre aplicação de bactérias diazotróficas como alternativa para a redução do uso de fertilizantes nitrogenados na cultura do sorgo ainda estão em fase inicial. 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 o desenvolvimento da planta e a produtividade do sorgo granífero.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na área experimental 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, abrupto, A moderado, textura arenosa/média (OLIVEIRA et al., 1999), cujas características químicas 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 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 1G244 peneira 2,5, um híbrido simples de sorgo granífero 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 tiametoxan na dose de 120 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, sendo esta o dobro da dose recomendada para a cultura do milho, já que não existe registro para o sorgo; 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. 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 (14/12/2011), empregando-se o equipamento PST plus da TATU com 3 linhas espaçadas de 0,5 m e com uma densidade de 20 sementes por metro. A adubação de semeadura foi de 125 kg da fórmula 8-28-16, o que representa 10 kg de N, 35 kg de P₂O₅ e 20 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 4,5 m de largura por 12 m de comprimento. Da divisão da parcela, no sentido do comprimento, obtiveram-se as subparcelas (4,5 x 3 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 e cinco dias após a emergência (DAE) foi realizado o desbaste de plantas, obtendo-se uma população de 200.000 plantas ha⁻¹. O controle de plantas daninhas, principalmente *Cenchrus echinatus* L., foi feito manualmente aos 20 e 40 DAE e o de pragas (lagartas), com o inseticida metomil (0,5 L p.c. ha⁻¹) aos 30 DAE. A adubação de cobertura foi realizada 32 DAE utilizando o sulfato de amônio como fonte de N.

A colheita foi realizada manualmente aos 130 DAE no dia 23/04/2012, estando os grãos com 13-15% de umidade. Para a determinação da produtividade de grãos, foram colhidas as panículas das três linhas centrais de cada subparcela, descontando-se 0,5 m das extremidades, corrigindo-se a umidade para 13% e convertendo os valores para kg ha⁻¹. Em outra linha adjacente às três centrais, foram realizadas as seguintes avaliações: altura das

plantas 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 da panícula; diâmetro do colmo, obtido através de um paquímetro, realizando as leituras na altura entre o primeiro e o segundo par de folhas; matéria seca sem panícula: oriunda da massa seca referente à pesagem de plantas retiradas de 0,5 m da linha de semeadura, após serem levadas para secagem em estufa de ventilação forçada a 65°C durante 72 h e massa de 100 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 (base úmida).

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).

Resultados e Discussão

Os valores médios de altura de plantas, diâmetro do colmo, largura e comprimento de panículas, matéria seca de plantas, massa de 100 grãos e produtividade de grãos de sorgo granífero em função de fontes de *Azospirillum* e doses de N em cobertura, estão apresentados na Tabela 1. Todas as variáveis estudadas mostraram interferência significativa do fator fonte de *Azospirillum*, com exceção da matéria seca. Por sua vez, o fator doses de N não interferiu em nenhuma das variáveis e a interação fonte de *Azospirillum* x doses de N foi significativa apenas para a produtividade de grãos.

Com relação à altura de plantas, o uso do inoculante líquido foi superior à testemunha, proporcionando um aumento na estatura das plantas. Já para o diâmetro do colmo, a testemunha superou os inoculantes líquido e turfa, indicando que plantas mais altas possuem colmos mais finos.

Quanto à largura e comprimento da panícula, plantas tratadas com inoculante líquido apresentaram valores inferiores à da testemunha. Por sua vez, para a massa de 100 grãos, o inoculante líquido interferiu significativamente, proporcionando sementes mais pesadas.

Quanto à produtividade de grãos, observou-se que houve efeito significativo da fonte de *Azospirillum* e da interação fonte de *Azospirillum* x doses de N. O desdobramento da interação significativa da análise de variância referente à produtividade encontra-se expresso na Tabela 3. Comparando-se fonte de *Azospirillum* dentro de doses de N, observou-se que o inoculante líquido foi superior em relação ao turfoso em todas as doses de N, com exceção da dose de 60 kg ha⁻¹ de N em cobertura, além de superar a testemunha no tratamento sem o uso

de N em 1.469 kg ha⁻¹. No que se refere às doses de N dentro de fontes de *Azospirillum*, verificou-se que houve ajuste linear para a testemunha e quadrático para os inoculantes líquido e turfoso (Figura 1). Como já era esperado, a testemunha sem o uso de inoculante, apresentou aumento linear na produtividade de grãos com o uso de doses crescentes de N até 90 kg ha⁻¹ (Figura 1A), discordando dos resultados obtidos por Mateus (2007), que não verificou efeito do nitrogênio na produtividade de grãos do sorgo. Por sua vez, Scivittaro et al. (2005), em estudo sobre doses de nitrogênio e de atrazina, obtiveram efeito significativo de doses de nitrogênio na produtividade da cultura do sorgo, alcançando 5.490 kg ha⁻¹ com a combinação de 130 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 2,5 kg ha⁻¹ de atrazina. Nível semelhante de produtividade também foi observado por Silva e Lovato (2008), utilizando a combinação de 50 kg ha⁻¹ de N na semeadura com 150 kg ha⁻¹ de N em cobertura, aos 55 DAE.

Com a utilização do inoculante líquido e sem o uso de N em cobertura, a produtividade de grãos de sorgo alcançou valores semelhantes aos obtidos com 90 kg ha⁻¹ de N, o que indica ser possível substituir o N mineral (Figura 1B). Já o inoculante turfoso não foi tão eficiente quanto o líquido, onde o tratamento com inoculante e sem N atingiu produtividade semelhante a da área adubada com cerca de 50 kg ha⁻¹ de N (Figura 1C).

Conclusões

- Plantas inoculadas com inoculante líquido são mais produtivas que as inoculadas com inoculante turfoso.
- O uso de inoculante líquido proporciona maior crescimento das plantas, com colmos mais finos, panículas com menor largura e comprimento, mas com grãos mais pesados, o que leva a uma maior produtividade de grãos de sorgo.
- A bactéria *Azospirillum brasilense* é capaz de substituir o N mineral em cobertura na cultura do sorgo granífero.

Literatura Citada

- CARVALHO, L.F., MEDEIROS FILHO, S., ROSSETTI, A.G.; TEÓFILO, E.M. Condicionamento osmótico em sementes de sorgo. **Revista Brasileira de Sementes**, 22(1): 185-192. 2000.
- 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.
- DÖBEREINER, J. Fixação de nitrogênio em associação com gramíneas. In: CARDOSO, E.J.B.N., TSAI, S.M., NEVES, M.C.P. **Microbiologia do solo**. Campinas, 1992. p. 173-180.

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

MATEUS, G. P. **Doses de nitrogênio na cultura do milho e do sorgo em consórcio com forrageiras**. 2007. 162 f. Tese (Doutorado em Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

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.

SALA, V. M. R.; SILVEIRA, A. P. D.; CARDOSO, E. J. B. N. Bactéria diazotróficas associadas a plantas não-leguminosas. In: SILVEIRA, A. P. D.; FREITAS, S. S. **Microbiologia do solo e qualidade ambiental**. Campinas: IAC, 2007, 312p.

SCIVITTARO, W. B.; SANTOS, G. G.; FARIAS, D. G.; ANDRES, A.; CASTILHOS, R. M. V. Doses de nitrogênio e de atrazine em cultivo de sorgo em terras baixas. **Revista Brasileira de Agrocências**, Pelotas, v. 11, n. 3, p. 315-321, 2005.

SILVA, P. C. S.; LOVATO, C. Análise de crescimento e rendimento em sorgo granífero em diferentes manejos com nitrogênio. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, 15(1): 15-33, 2008.

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	Al	H+Al	SB	CTC	V %
				-----mmol _c dm ⁻³ -----							
0-20	16	13	5,0	1,7	20	7	--	23	28,7	51,7	55,5

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

Tabela 2. Valores de F e médias de altura da planta (AP), diâmetro de colmo (DC), largura (LP) e comprimento da panícula (CP), matéria seca de plantas (MS), massa de 100 grãos (M100) e produtividade de grãos de sorgo (P) em função da fonte de *Azospirillum* e doses de N em cobertura.

Fator de variação	AP (m)	DC (cm)	LP (cm)	CP (cm)	MS (kg/ha)	M100 (g)	P (kg/ha)
Fonte Az							
Testemunha	1,13 b	1,92 a	5,24 a	25,9 a	9.300 a	2,02 b	5.496 b
Líquido	1,19 a	1,62 b	3,91 b	22,7 b	9.775 a	2,19 a	5.925 a
Turfa	1,17 ab	1,62 b	4,26 b	24,8 a	8.100 a	1,88 c	4.825 c
Doses de N							
0	1,13	1,64	4,25	24,5	9.367	2,05	5.330
30 (kg/ha)	1,18	1,76	4,44	24,1	8.600	2,07	5.297
60 (kg/ha)	1,17	1,74	4,62	25,0	8.767	1,99	5.465
90 (kg/ha)	1,17	1,73	4,53	24,3	9.500	2,01	5.570
Teste F							
Fonte (F)	4,332*	20,109**	26,170**	14,418**	2,125ns	31,253**	48,481**
Doses (D)	1,390ns	1,393ns	1,074ns	0,575ns	0,417ns	1,269ns	1,881ns
F * D	0,312ns	2,216ns	0,213ns	0,627ns	0,348ns	1,788ns	16,723**
Média	1,16	1,72	4,47	24,5	9.058	2,03	5.416
DMS							
Fonte Az.	0,05	0,14	0,46	1,51	2.048	0,097	281
CV %	4,42	7,85	12,06	7,15	26,15	4,69	5,09

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey. ns - não significativo; *significativo a 5% e ** significativo a 1%. CV (coeficiente de variação).

Tabela 3. Desdobramento da interação fontes de *Azospirillum* x doses de nitrogênio, da análise de variância referente à produtividade de grãos de sorgo, Fernandópolis/SP, 2012.

Doses de N (kg/ha)	Fonte de <i>Azospirillum</i>			Teste F
	Testemunha	Líquido	Turfa	
0	4.717 b	6.186 a	5.086 b	23,039**
30	5.403 ab	5.563 a	4.926 b	4,327*
60	5.403 a	5.761 a	5.231 a	2,875ns
90	6.463 a	6.190 a	4.058 b	68,409**
	RL** ¹	RQ** ²	RQ** ³	

Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

ns não significativo; *significativo a 5% e ** significativo a 1%.

¹ $y = 17,458x + 4710,5$ ($R^2 = 0,88**$); ² $y = 0,2925x^2 - 25,623x + 6156,8$ ($R^2 = 0,94**$); ³ $y = -0,2818x^2 + 16,099x + 4988,5$ ($R^2 = 0,77**$)

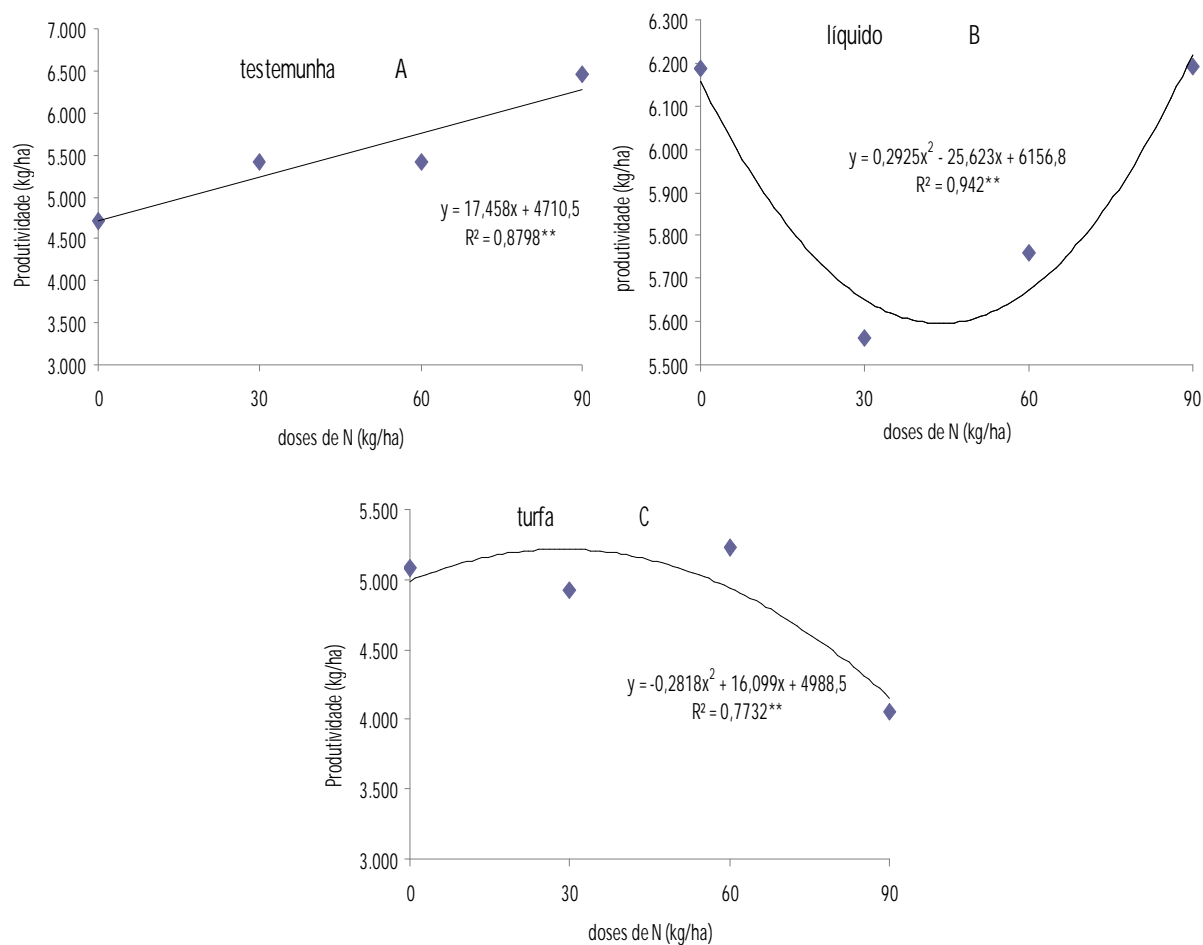


Figura 1. Produtividade de grãos de sorgo em função de doses de N em cobertura na testemunha sem inoculante (A) e em área inoculada com *Azospirillum* líquido (B) e turfoso (C).