

BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR COMO SUBSTRATO PARA MULTIPLICAÇÃO DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES E SUA INFLUÊNCIA SOB O ESTILOSANTES

Romero Francisco Vieira Carneiro

Doutor em Produção Vegetal, UENF/CCTA – Campos dos Goytacazes–RJ
Email: romecar@uenf.br

Marco Antônio Martins

Professor, UENF/CCTA/Laboratório de Solos – Campos dos Goytacazes -RJ
Email: marco@uenf.br

Marta Simone Mendonça Freitas

Doutoranda, UENF/CCTA/Laboratório de Fitotecnia – Campos dos Goytacazes –RJ,
Email: msimone@uenf.br

Edenio Detmann

Professor, Departamento de Zootecnia/UFV – Viçosa - MG
Email: detmann@ufv.br

Hernan Maldonado Vasquez

Professor, UENF/CCTA/Laboratório de Zootecnia – Campos dos Goytacazes –RJ,
Email: maldonado@uenf.br

RESUMO - Conduziu-se um trabalho em casa de vegetação com o objetivo de avaliar o crescimento e a nutrição mineral do estilosantes em resposta a níveis de bagaço de cana-de-açúcar utilizado como substrato para multiplicação de fungos micorrízicos arbusculares (FMA), e testado como inoculante. O delineamento foi em blocos casualizados, em fatorial 4 x 3, sendo quatro níveis de bagaço de cana-de-açúcar (5, 10, 15 e 20% do volume do vaso de 6 L) e três tratamentos microbiológicos (Controle, Inóculo Nativo e *Glomus clarum*), com quatro repetições. Realizou-se o corte da parte aérea 60 dias após a semeadura e analisou-se a produção de matéria seca da parte aérea e raiz; os acúmulos de proteína bruta, P, K, Ca, Mg e S; a colonização micorrízica; densidade de esporos e o número de nódulos. O bagaço de cana-de-açúcar promove incremento linear na MS independente da inoculação micorrízica. A inoculação com o inóculo nativo aumenta as quantidades acumuladas de P, K, Ca, Mg e S; a densidade de esporos e número de nódulos, o mesmo não ocorrendo para o *Glomus clarum*. Proteína bruta e colonização micorrízica não foram influenciadas pelos tratamentos.

Palavras chave: forrageira, inoculante, micorriza, nutrição mineral.

SUGAR-CANE BAGASSE AS SUBSTRATE FOR MULTIPLICATION OF MICORRHIZAL ARBUSCULAR FUNGI AND ITS INFLUENCE ON STYLOSANTHES

ABSTRACT - This work was carried out under greenhouse conditions to evaluate the growth and the mineral nutrition of the stylosanthes in response to levels of sugar-cane bagasse used as substrate for multiplication of arbuscular mycorrhizal fungi, and tested as inoculant. Randomized blocks design was used in a 4 x 3 factorial, being four levels of the sugar-cane bagasse (5, 10, 15 and 20% of the volume of the pot of 6 L) and three microbiology treatments (Control; Native Inoculum and *Glomus clarum*), with four repetitions. The shoot were harvested 60 days after seeding and it was analyzed the dry matter yield (DM) and root (DMR), the accumulations of crude protein (CP), P, K, Ca, Mg and S; the mycorrhizal colonization, density of spores and number of nodules. The sugar-cane bagasse promote lineal increment in the production of DM independent of the mycorrhizal inoculation. In of DMR, there is interaction between levels of sugar-cane bagasse and microbiology treatments. The inoculation with the native inoculum increases the accumulated

Caatinga (Mossoró, Brasil), v.21 n.5 (Número Especial), p.189-196, dezembro de 2008

www.ufersa.edu.br/caatinga

amounts of P, K, Ca, Mg and S; the density of spores and number of nodules, the same not happening for the *Glomus clarum*. Crude protein and mycorrhizal colonization were not influenced by the treatments.

KEY WORDS: forage, inoculant, mycorrhiza, mineral nutrition

INTRODUÇÃO

As micorrizas arbusculares são associações simbióticas mutualistas entre raízes de plantas e fungos do filo Glomeromycota (Schussler et al., 2001), e favorecem o crescimento e aquisição de nutrientes pela grande maioria das plantas de interesse econômico. Nas últimas décadas, sobretudo pelo reconhecimento da importância funcional e ecológica da simbiose nos ecossistemas onde elas ocorrem, a importância dos fungos micorrízicos arbusculares tornou-se mais evidente (Moreira e Siqueira, 2002).

Estes autores apontaram algumas questões recalcitrantes em micorrizologia, tais como: desenvolver tecnologias para a produção de inóculo comercial e alternativas para o manejo das populações indígenas em contraposição à inoculação e, desenvolver procedimentos eficazes para viabilizar a introdução de FMA em programas de recuperação de áreas degradadas de baixa produtividade.

Frequentemente, as reduções em produtividade e valor nutricional das plantas forrageiras ocorrem em razão do manejo inadequado dos solos tropicais, acarretando em reduções em fertilidade. Fato que compromete, principalmente, a introdução e estabelecimento das leguminosas forrageiras (Oliveira et al., 1996). No entanto, o estilosantes é uma leguminosa forrageira que tem apresentado excelente adaptação a solos ácidos e de baixa fertilidade, eficiente fixação de N₂ nestas condições e altos teores de proteína bruta na matéria seca (Andrade e Karia, 2000). Souza et al. (2000) descreve o estilosantes como uma espécie altamente eficiente no uso de P, principalmente pela alta dependência à associação micorrízica.

Na atividade pecuária no Brasil, tem-se um cenário bastante promissor para estudos acerca da simbiose micorrízica, onde, dos 100 milhões de hectares de pastagens cultivadas, 1/3 encontra-se degradado, 1/3 em degradação e apenas 1/3 pode ser classificado de razoável a bom (Zimmer, 2000). Assim, acredita-se no papel das micorrizas sobre o crescimento e nutrição mineral das plantas forrageiras.

Schubert e Lubraco (2000) descrevem que os principais métodos para multiplicação de FMAs e, mais empregados até então, são: em vasos com os mais variados tipos de plantas hospedeiras e de substratos ou misturas destes (areia, solo, vermiculita, turfa, dentre outros); sistemas de cultivo hidropônico ou aeropônico e;

mais recentemente, a partir de raízes transgênicas para obtenção de cultura monospórica de FMA *in vitro*.

Para escala comercial, características desejáveis do substrato inóculo seriam: apresentar baixa densidade, o que permitiria alto volume com menor peso; e associação ideal à espécie de FMA que sejam efetivas tanto na simbiose quanto na competição com a microbiota edáfica. Destaca-se ainda, que as culturas que passam por uma fase de viveiro (como exemplo as arbóreas e fruteiras) a inoculação micorrízica apresenta maior facilidade operacional, quando comparadas às culturas propagadas por sementes.

Este trabalho tem como objetivo avaliar a viabilidade do uso do bagaço de cana-de-açúcar como substrato para multiplicação de fungos micorrízicos arbusculares por *Brachiaria brizantha* e seu teste como inoculante para o estilosantes.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em casa de vegetação no Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, no período de março a maio de 2002. O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados, em esquema fatorial 4 x 3, sendo quatro níveis do bagaço de cana-de-açúcar (5, 10, 15 e 20% do volume de 6 L) e três tratamentos microbiológicos (bagaço de cana-de-açúcar + torta de filtro obtido sem FMA- Controle; bagaço de cana-de-açúcar + torta de filtro obtido com FMA - nativos; bagaço de cana-de-açúcar + torta de filtro obtido com FMA - *Glomus clarum*), com 4 repetições.

Amostra de um Latossolo Amarelo distrófico foi coletada à profundidade de 0-20 cm, em área de pastagem nativa de *Paspalum notatum*. Análises físico-químicas e microbiológicas revelaram os seguintes resultados: pH em água - 5,3; P (Mehlich 1) 6,0 mg.dm⁻³; K - 60,0 mg.dm⁻³; Ca, Mg, Al, H+Al e Na - 1,6, 0,6, 0,2, 3,5 e 0,03 cmol_c.dm⁻³, respectivamente; matéria orgânica - 17,9 g.dm⁻³; argila, silte e areia - 32, 8 e 60%, respectivamente; densidade média de esporos de FMA 38 esporos por 100 g de solo.

Uma adubação básica foi realizada de acordo com recomendações de Souza et al (2000), nas dosagens: 30 mg de N, 100 mg de K, 0,5 mg de B, 1,5 mg de Cu, 3,0 mg de Mn, 5,0 mg de Zn e 0,1 mg de Mo por dm³ de solo, através de preparo de soluções com reagentes p.a.. O fósforo, foi aplicado em dose única, com base na

recomendação de 50 kg.ha⁻¹ de P₂O₅, de acordo com resultados obtidos por Andrade e Karia (2000), no estabelecimento do estíloso, utilizando-se como fonte o fosfato natural de araxá. Os nutrientes foram aplicados com 15 dias antes do plantio.

Os inóculo micorrízicos nativo e *Glomus clarum* foram multiplicados primeiramente em substrato areia/solo 1:1 (v/v) esterilizado por autoclavagem num período de duas horas a 120°C, tendo como planta hospedeira a espécie *Brachiaria brizantha*, em vaso de 3 L. O FMA *Glomus clarum* foi escolhido por sua efetividade e respostas obtidas em experimentos com espécies arbóreas na região de Campos dos Goytacazes (Schiavo e Martins, 2002; Rodrigues et al., 2003). O inóculo nativo foi obtido a partir da adição de 50 mL de solo/vaso, proveniente da área nativa, em mistura na camada superficial com o substrato esterilizado areia/solo, e posterior cultivo com a *Brachiaria brizantha*.

Em uma segunda etapa, os inóculos obtidos foram submetidos a nova multiplicação em substrato orgânico, proveniente de compostagem, a base de bagaço de cana-de-açúcar enriquecida com torta de filtro na proporção 3:2 (v/v), respectivamente. Esses resíduos são abundantes na região Norte Fluminense em função da atividade sucroalcooleira e, por apresentarem baixa densidade, foram avaliados como um possível veículo para aplicação de fungos micorrízicos arbusculares (inoculante).

Após autoclavagem a 120°C por duas horas, todo substrato foi colocado sob cultivo de *Brachiaria brizantha*, sendo 2/3 distribuídos para a multiplicação das espécies de FMA citadas e 1/3 para obtenção do mesmo substrato ausente de FMA, para gerar o tratamento controle. A contagem de esporos dos inoculantes foi de: 130 e 90 esporos por 50 ml de substrato, para os inóculos nativo e *Glomus clarum*, respectivamente. Os resultados da análise química do substrato orgânico, após cultivo por 90 dias, para N, P₂O₅, K₂O, Ca, Mg e S em g.kg⁻¹, foram: 12,9, 11,5, 1,7, 11,2, 1,0 e 3,8, respectivamente. O teor de umidade foi de 31,9%.

O inoculante de *Rhizobium*, foi obtido na EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa em Agrobiologia - Seropédica/RJ, sendo constituído pela estirpe BR 446 *Stylosanthes guianensis* cv. IRJ 1022. As sementes da forrageira foram obtidas no Centro Nacional de Pesquisa Agropecuária do Cerrado-EMBRAPA/CPAC.

Os níveis de bagaço de cana-de-açúcar + torta de filtro foram aplicados no momento da semeadura, sendo misturados com a camada superficial de solo no vaso. Foram semeadas 20 sementes por vaso, mantendo-se quatro plantas por vaso para a condução do experimento.

O corte foi realizado 60 dias após o plantio. Avaliou-se a produção de matéria seca da parte aérea e sistema radicular, acúmulos de proteína bruta (PB), P, K, Ca, Mg e S na matéria seca da parte aérea. Após o corte final,

foram determinados os valores de taxa de colonização micorrízica (Giovannetti e Mosse, 1980), densidade de esporos (Gerdemann e Nicolson, 1963) e contagem de nódulos.

Após análise de variância, procedeu-se ao ajustamento de equações de regressão linear em superfície de resposta, incluindo-se o fator qualitativo tratamentos microbiológicos por intermédio de variáveis Dummy (Draper e Smith, 1996), adotando-se o modelo básico: $Y_i = \beta_0 + \beta_1 D_1 + \beta_2 D_2 + \beta_3 NB_i + \beta_4 NB_i^2 + \beta_5 D_1 P_i + \beta_6 D_2 NB_i + e_{ij}$; em que: β_0 = intercepto; β_j = coeficientes de regressão, sendo $j = 1, 2, 3, 4, 5, 6$; D_1 e D_2 = variáveis Dummy para o ajustamento com o fator categórico tratamento microbiológico, sendo $D_1 = 0$ e $D_2 = 0$ para o tratamento microbiológico controle; $D_1 = 1$ e $D_2 = 0$ para o tratamento microbiológico *Glomus clarum*, $D_1 = 0$ e $D_2 = 1$ para o tratamento microbiológico Inóculo nativo; NB_i = nível de bagaço de cana-de-açúcar + torta de filtro; e e_{ij} = erro aleatório, associado a cada observação, pressuposto NID (0, σ^2). Os dados referentes a densidade de esporos e ao número de nódulos, foram submetidos à transformação segundo a expressão: $Y = \text{Log } x$ (onde x é o valor observado das variáveis mencionadas, e Y é o valor transformado); com a finalidade de adequação quanto a homogeneidade de variâncias. O teste de Tukey ($\alpha = 0,05$) foi empregado para comparação entre médias para a variável número de nódulos, em razão da ausência de efeito do fator com níveis quantitativos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na produção de matéria seca da parte aérea (MS), verificou-se efeito apenas dos níveis de bagaço de cana + torta de filtro (Tabela 1). O comportamento foi descrito por modelo linear (Tabela 2). Estimou-se um aumento médio de 0,2949 g.vaso⁻¹ para cada unidade a mais de bagaço de cana + torta. Este resultado contraria aqueles encontrados por Schiavo e Martins (2002), que descrevem efeito significativo de FMA sobre o crescimento de mudas de goiabeira em substrato totalmente à base de cana-de-açúcar compostado com torta de filtro. Estes autores discutiram que apesar dos altos teores de P nesse substrato (3500 mg.kg⁻¹- Melich I), que seria antagônico ao FMA, esse P estaria retido à fração orgânica.

O presente estudo manteve a população nativa original de FMA no tratamento controle; supõe-se que este fato, aliado ao fator nutricional do substrato, possa ter contribuído para igualar a produção com os tratamentos de inoculação com FMA.

A literatura é rica em informações conflitantes quanto aos resultados comparativos de tolerância ou adaptação entre FMA nativos e não nativos. Koomen et al. (1987) concluíram que o inóculo nativo apresentou respostas inferiores ao não nativo, até mesmo quando se cultivava a

planta hospedeira no substrato onde aquele foi selecionado. Wubet et al. (2003) afirmaram que FMAs originários de áreas que apresentam fatores de estresse ao

hospedeiro podem proporcionar melhores benefícios que FMAs isolados de áreas não adversas.

Tabela 1 - Níveis descritivos de probabilidade associados ao erro tipo I (valor P) e coeficientes de variação (CV) para as variáveis matéria seca da parte aérea (MS) e raiz (MSR), acúmulo de proteína bruta (PB), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S); percentagem de colonização micorrízica (COL), densidade de esporos (DE) e número de nódulos (NOD); em função dos efeitos de níveis de bagaço + torta de filtro (NB), tratamentos microbiológicos (TM) e sua interação sobre o estilosantes

Variáveis	Valor P			CV (%)
	NB	TM	NB x TM	
MSPA	< 0,0001	0,2839	0,0726	6,65
MSR	0,0003	0,7160	0,0270	11,39
PB	0,4652	0,1571	0,2936	7,08
P	< 0,0001	0,0398	0,6597	9,96
K	0,0016	0,0286	0,6536	7,84
Ca	< 0,0001	0,0492	0,5073	10,31
Mg	< 0,0001	0,0093	0,2409	7,58
S	< 0,0001	0,0001	0,6903	12,06
COL	0,6482	0,3140	0,1507	45,30
DE	0,0185	0,0133	0,7319	8,85
NOD	0,2965	< 0,0001	0,5926	16,41

Tabela 2 - Estimativa de parâmetros de regressão e coeficientes de determinação (r^2/R^2) para as variáveis respostas matéria seca da parte aérea (MS) e raiz (MSR), acúmulo de proteína bruta (PB), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S); percentagem de colonização micorrízica (COL) e densidade de esporos (DE); para o estilosantes

Variáveis	Estimativas de parâmetros							r^2/R^2
	Intercepto	NB	NB ²	D ₁	D ₂	NBxD ₁	NBxD ₂	
MS	24,3200	0,29490	-	-	-	-	-	0,63
MSR	3,0763	0,09470	-	0,84	0,81	-0,0558	-0,0583	0,60
PB	2696,2000	-	-	-	-	-	-	-
P	34,5396	2,8819	-	1,31 ^{ns}	6,51	-	-	0,96
K	455,0271	4,4219	-	36,10 ^{ns}	36,15	-	-	0,78
Ca	208,0521	11,0428	-	6,34 ^{ns}	31,79	-	-	0,95
Mg	53,6208	3,5376	-	2,27 ^{ns}	7,34	-	-	0,85
S	52,0458	4,8098	-	19,73 ^{ns}	25,08	-	-	0,97
COL	40,2000	-	-	-	-	-	-	-
DE	4,8004	0,0415	-	-0,04 ^{ns}	0,45	-	-	0,84

^{ns} não significativo (P>0,05).

Caravaca et al. (2003) encontraram melhores respostas em produção de matéria seca de brotos de espécies arbóreas, e acúmulos de N, P e K, proporcionados pela inoculação com FMA nativos, sendo as plantas avaliadas no campo por um período de 12 meses. Feng et al. (2003) verificaram variação em função do tempo na habilidade de aquisição de nutrientes pelo micélio externo de diferentes espécies de FMA.

Gaur e Adholey (2000) salientaram o fato de que além da capacidade adaptativa do inóculo, existe ainda uma grande variação na esporulação de FMA em função do tipo de substrato utilizado na multiplicação. Estes, em

dois experimentos subsequentes, encontraram no primeiro um tamanho ideal de partículas do substrato, através de peneiramento do mesmo, para melhor aeração. No segundo, mesmo quando mantiveram o tamanho de partículas igual para vários substratos, a esporulação do *Glomus fasciculatum* foi diferenciada em função do tipo de substrato. Paiva et al. (2003) obtiveram maior densidade de esporos de *Glomus etunicatum* e *Glomus clarum* utilizando solo como substrato (909 esporos por 100 g de solo independente da espécie) do que no sistema aeropônico (820 esporos por 100 g de raiz independente da espécie) cultivando batata-doce.

Moreira e Siqueira (2002) relataram que a ecofisiologia dos FMAs é bastante complexa e ainda pouco compreendida, e que as respostas de benefícios às plantas são extremamente regionalizadas e dependentes de condições edafoclimáticas bem específicas.

Pelos resultados encontrados, destaca-se ainda, que o volume do vaso possa ter contribuído para ausência de respostas à inoculação para produção de MS. Atribui-se a este fato pois, após o período experimental (momento do corte), todo volume do vaso encontrava-se explorado pelo sistema radicular da planta hospedeira, diminuindo os benefícios dos FMAs quanto ao aumento de volume de solo explorado pelas raízes. Segundo Sieverding (1991), um centímetro de raiz sem micorrizas pode explorar um volume de aproximadamente 1-2 cm³ de solo, mas esse volume pode ser potencialmente aumentado de 5 a 200 vezes pelas hifas externas do fungo, admitindo o seu crescimento radial em torno da raiz.

Faria et al. (1995) não encontraram efeito da inoculação com FMA em solo não fumigado sobre *Albizia lebbek* (leguminosa arbórea) na ausência de fertilização com N e P. Entretanto, quando estes nutrientes foram aplicados em conjunto e também se adicionou rizóbio, a inoculação com FMA trouxe efeito significativo para o crescimento e aquisição de nutrientes. O solo apresentava uma contagem de 21 esporos de FMA nativos por 40 mL de solo, num período de 110 dias para a obtenção da muda, ou seja, condição semelhante do presente estudo.

Assim, os autores inferiram que o aumento no número de esporos e estruturas potencialmente infectivas é condição preponderante para alterar o crescimento a partir de determinado nível e em condição ambiental específica.

Verificou-se interação significativa (P<0,05) entre os fatores apenas para produção de matéria seca do sistema radicular (MSR) (Tabela 1). Estudando os níveis de bagaço de cana + torta dentro dos tratamentos microbiológicos, ajustou-se o modelo linear para todos (Tabela 2). No tratamento controle, a taxa de incremento em função dos níveis de bagaço de cana + torta de filtro foi superior aos demais tratamentos, sendo de 0,0947 g.vaso⁻¹ de matéria seca de raiz para cada unidade a mais em bagaço de cana + torta de filtro. Nos tratamentos microbiológicos *Glomus clarum* e inóculo nativo, os incrementos foram de 0,0389 e 0,0364 g.vaso⁻¹ de matéria seca de raiz para cada unidade a mais de bagaço de cana + torta de filtro, respectivamente.

Na menor dose de bagaço de cana + torta, os tratamentos de inoculação com FMA proporcionaram as maiores produções de MSR, entretanto, nas doses superiores, o tratamento controle foi superior (Tabela 3). Santos et al. (2002) relatou, estudando o amendoim forrageiro, que onde a influência da micorrização foi máxima (nos menores teores de P), houve menor investimento da planta em massa de raiz. Souza et al. (2000), estudando o estilosantes e, Carneiro et al. (2002), estudando a alfafa, não verificaram a mesma relação.

Tabela 3 - Médias de quadrados mínimos para produção de matéria seca do sistema radicular (MSR) em g.vaso⁻¹, de acordo com a interação entre níveis de bagaço de cana-de-açúcar + torta de filtro (NB) e tratamentos microbiológicos (TM) no estilosantes

Variáveis	TM	Níveis (NB) - %			
		5	10	15	20
MSR	C ¹	3,6	4,0	4,1	5,2
	GC ²	4,1	4,1	5,0	4,5
	IN ³	4,1	3,9	5,0	4,3

¹Controle, ²*Glomus clarum*, ³Inóculo nativo.

O acúmulo de proteína bruta (PB), na matéria seca, não foi influenciado (P>0,05) pelos tratamentos estudados. O acúmulo geral médio foi de 2696,2 mg.vaso⁻¹ de PB (Tabela 4). O teor médio foi de 13,2% na matéria seca, inferior ao encontrado por Souza et al. (2000), de 16,5% na matéria seca do estilosantes cultivado em casa de vegetação. Para o número de nódulos nas raízes, verificou-se efeito apenas de tratamentos microbiológicos,

com destaque para o inóculo nativo (Tabela 4), com 43,2% a mais de nódulos em relação ao tratamento controle. O fungo *Glomus clarum* não diferiu do tratamento controle para o número de nódulos nas raízes. O número médio de nódulos vaso⁻¹ foi de 56, 77 e 284, respectivamente, para os tratamentos controle, *Glomus clarum* e inóculo nativo.

Tabela 4 - Médias de quadrados mínimos para o número de nódulos nas raízes do estilosantes (NOD), de acordo com os tratamentos microbiológicos (TM)

Variável	TM ¹		
	Inóculo nativo	<i>Glomus clarum</i>	Controle
NOD	5,41 A	4,1 B	3,8 B

¹Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Ying Chu et al. (2001) relataram que a inoculação micorrízica promove efeitos variados entre as espécies de fungos na aquisição de nutrientes. Os mesmos autores encontraram variação na aquisição de N, pela graviroleira, em função de quatro diferentes espécies de fungo em solo não fumigado. Frequentemente, têm sido relatados aumentos em nodulação e aquisição de nutrientes em função da inoculação micorrízica (Souza et al., 2000; Santos et al., 2002; Carneiro et al., 2002). Entretanto, no presente estudo o incremento observado no número de nódulos não se relacionou em incrementos em proteína bruta, como verificado pelos autores citados. Ying Chu et al. (2001) relataram ainda que, embora no solo não fumigado a porcentagem de colonização, em plantas sem inoculação, não se diferenciava daquela causada por FMA inoculado, o aumento em crescimento das mudas de graviroleira com a inoculação ainda foi maior, evidenciando o benefício da mesma em solo não fumigado.

A eficiência do FMA introduzido no solo natural depende da sua competitividade com o FMA indígena, no qual está relacionado com a infectividade, a densidade de inóculo e a distribuição dos propágulos de fungos interagentes, a capacidade desses fungos em produzir hifa externa, a velocidade da hifa de colonizar as raízes e a habilidade do fungo introduzido de manter nível de colonização em condição competitiva (Miranda e Miranda, 1997).

Menores números de propágulos têm sido encontrados em solos com vegetação degradada. Carneiro et al. (1999) verificaram redução no requerimento externo de P pelo estilosantes, capim-braquiária, e, no cultivo consorciado, em função da inoculação micorrízica em um solo degradado por lavagem do horizonte A, com estimativa de 9 esporos de FMA nativos por 50 mL de solo.

Para as quantidades acumuladas de P, K, Ca, Mg e S, houve efeito significativo ($P < 0,05$) dos níveis de bagaço de cana + torta e tratamentos microbiológicos com independência entre os fatores (Tabela 1). Os respectivos teores médios foram, em g kg^{-1} , foram de: 0,25; 1,73; 1,85; 0,39 e 0,45; sendo os valores semelhantes aos encontrados por Souza et al. (2000). Os incrementos em mg.vaso^{-1} proporcionados pelo inóculo nativo, independente do nível de bagaço de cana + torta de filtro aplicado, foram de 6,51; 36,15; 31,79; 7,34 e 25,08 para o P, K, Ca, Mg e S, respectivamente (Tabela 2).

Os incrementos proporcionados pelo fungo *Glomus clarum*, para os acúmulos de P, K, Ca, Mg e S; e densidade de esporos; não foram estatisticamente significativos ($P > 0,05$). Seus efeitos estão apresentados na Tabela 2, representados pela coluna da variável D1. Assim como ocorreu para o acúmulo de proteína bruta, também a porcentagem de colonização micorrízica não foi afetada pelos tratamentos estudados ($P > 0,05$) (Tabela

1), sendo o valor geral médio de 40,2% (Tabela 2). Fato que demonstra, que o uso de quantidades mínimas do substrato orgânico já contribui para uma colonização micorrízica adequada para o crescimento do estilosantes.

A densidade de esporos no solo foi afetada pelos níveis de bagaço de cana + torta de filtro e pelos tratamentos microbiológicos ($P < 0,05$) de forma independente (Tabela 1). O comportamento dos níveis de bagaço de cana + torta foi descrito por modelo linear (Tabela 2) em todos os tratamentos microbiológicos. Verificou-se que a espécie *Glomus clarum* não proporcionou aumento no número de esporos em relação ao controle. As densidades de esporos, médias por tratamento microbiológico, em número por 65 g, foram de: 213, 233 e 343, respectivamente para controle, *Glomus clarum* e inóculo nativo.

O incremento, para o inóculo nativo, independente do nível de bagaço + torta foi de 0,45 esporos (Tabela 2). Isso representou aumento médio no número de esporos em relação ao controle de 8,5%.

Sieverding (1991) atentou para o fato de que o número de esporos pode ter ou não correlação com o total de propágulos infectivos no solo. Sua taxa pode cair a próximo de zero em culturas a pleno pico de vegetação e com alta infecção de raiz, dependendo do fungo micorrízico, do hospedeiro, das características do solo e das condições climáticas.

Cavalcante et al. (2002) observaram a não interação entre densidade de esporos e espécies de FMA para o crescimento de mudas do maracujazeiro. No entanto, a biomassa seca da parte aérea e área foliar atingiram valores máximos no tratamento com 300 esporos/planta.

Antunes e Cardoso (1990) inocularam 500 esporos/planta de *Glomus clarum*, e não conseguiram bons resultados com porta-enxertos de citrus. Inoculando apenas 12 esporos/planta de *Glomus macrocarpum*, Gnekow e Marschner (1989), observaram aumentos significativos na biomassa seca de macieira, seis meses após o plantio.

Siqueira et al. (1994) verificaram que a máxima produção da parte aérea do café ocorreu quando foram inoculados 100 esporos/planta e sugeriram que, como em outras culturas, a elevação a partir de certo nível de esporos é desnecessária para obtenção de respostas positivas. Esses resultados revelam que a esporulação possui estreita relação, entre outros fatores, com a espécie hospedeira.

CONCLUSÕES

1) O bagaço de cana-de-açúcar promove incrementos na produção de matéria seca da parte aérea do estilosantes independentemente da inoculação com FMAs.

2) Verifica-se que o bagaço de cana-de-açúcar utilizado como inoculante de FMA, promove efeitos significativos sobre o acúmulo de P, K, Ca Mg e S, com destaque para os FMAs nativos reinoculados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, R. P.; KARIA, C. T. Uso de *Stylosanthes* em pastagens no Brasil. In: EVANGELISTA, A. R.; BERNARDES, T. F.; SALES, E. C. J. (eds.) **Simpósio de Forragicultura e Pastagens: temas em evidência**. Lavras: NEFOR/UFLA, 2000. p. 273-311.
- ANTUNES, V.; CARDOSO, E.J.B.N. O fósforo e a micorriza vesículo-arbuscular no crescimento de porta-enxertos de citrus cultivados em solo natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.14, p. 277-282, 1990.
- CARAVACA, F.; BAREA, J. M.; PALENZUELA, J.; FIGUEROA, D.; ALGUACIL, M. M.; ROLDÁN, A. Establishment of shrub species in a degraded semiarid site after inoculation with native or allochthonous arbuscular mycorrhizal fungi. **Applied Soil Ecology**, v.22, p. 103-111, 2003.
- CARNEIRO, R. F. V.; EVANGELISTA, A. R.; TONELLI, M. L.; REIS, S. T. Inoculação com fungos micorrízicos em alfafa (*Medicago sativa* L.) em solo com doses crescentes de fósforo. **Revista ciência e agrotecnologia**, Lavras, v.26, p.618 - 625, 2002.
- CARNEIRO, M. A. C.; SIQUEIRA, J. O.; CURTI, N.; MOREIRA, M. F. S. Efeitos da inoculação de fungos micorrízicos arbusculares e da aplicação de fósforo no estabelecimento de forrageiras em solo degradado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.34, n.9, p. 1669-1677, 1999.
- CAVALCANTE, U.M.T.; MAIA, L.C.; MELO, A.M.M.; SANTOS, V.F. Influência da densidade de fungos micorrízicos arbusculares na produção de maracujazeiro-amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.5, p. 643-649, 2002.
- DRAPER, N.R.; SMITH, H. **Applied regression analysis**. New York: John Wiley and Sons, 1996. 407p.
- FARIA, M. P.; SIQUEIRA, J. O.; VALE, F. R.; CURTI, N. Crescimento de leguminosas arbóreas em resposta a fósforo, nitrogênio, fungo micorrízico e rizóbio. I - *Albizia lebbek* (L.) BENTH. **Revista Árvore**, Viçosa, v.19, n.3, p. 293-307, 1995.
- FENG, G.; SONG, Y. C.; LI, X. L.; CHRISTIE, P. Contribution of arbuscular mycorrhizal fungi to utilization of organic sources of phosphorus by red clover in a calcareous soil. **Applied Soil Ecology**, v. 22, p. 139-148, 2003.
- GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by west sieving and decanting. **Transactions of the British Mycological Society**, v.46, n.1, p. 235-246, 1963.
- GAUR, A.; ADHOLEYA, A. Effects of the particle size of soil-less substrates upon AM fungus inoculum production. **Mycorrhizae**, v.10, n. 1, p. 43-48, 2000.
- GIOVANETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques to measure vesicular-arbuscular mycorrhizal infection roots. **New Phytologist**, Cambridge, v.84, n.3, p. 489-500, 1980.
- GNEKOW, M.A.; MARSCHNER, H. Role of VA-mycorrhiza in growth and mineral nutrition of apple (*Malus pumila* var. *domestica*) rootstock cuttings. **Plant and Soil**, v.119, p. 285-293, 1989.
- KOOMEN, I.; GRACE, C.; HAYMAN, D. S. Effectiveness of single and multiple mycorrhizal inocula on growth of clover and strawberry plants at two soil pHs. **Soil Biology Biochemistry**, v.19, p. 539-544, 1987.
- MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N. Micorriza arbuscular. In: Vargas, M. A. T., Hungria, M. (eds.) **Biologia dos solos dos cerrados**. Planaltina: Embrapa-CPAC, p. 69-123., 1997.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Editora UFLA, 2002. 626p.
- OLIVEIRA, J. P.; BURITY, H. A.; LYRA, M. C. C. P.; LIRA JUNIOR, M. A. Avaliação da fixação e transferência de nitrogênio na associação gramíneas-leguminosas forrageiras tropicais, através da diluição isotópica do ¹⁵N. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.25, n.2, p. 210-221, 1996.
- PAIVA, L.M.; SILVA, M.A.; SILVA, P.C.; MAIA, L.C. *Glomus clarum* e *G. etunicatum*: cultivo em solo e aeroponia. **Revista brasileira de botânica**, v.26, n.2, p. 15-20, 2003.
- RODRIGUES, L. A., MARTINS, M. A., SALOMÃO, M. S. B. Uso de micorrizas e rizóbio em cultivo consorciado de eucalipto e sesbânia. II Absorção e eficiência de utilização de fósforo e frações fosfatadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.4, p.593 - 599, 2003.

- SANTOS, Í. P. A., PINTO, J. C., SIQUEIRA, J. O., MORAIS, A. R., SANTOS, C. L. Influência do fósforo, micorriza e nitrogênio no conteúdo de minerais de *Brachiaria brizantha* e *Arachis pintoi* consorciados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.2, p.605 - 616, 2002.
- SCHIAVO, J. A., MARTINS, Marco Antonio. Produção de mudas de goiabeira (*Psidium guajava*L.) inoculadas com o fungo micorrízico arbuscular *Glomus clarum* em substrato agro-industrial. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.2, p.519 - 523, 2002.
- SIEVERDING, E. **Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems**. Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, 1991. 371p.
- SIQUEIRA, J.O.; COLOZZI-FILHO, A.; SAGGIN-JÚNIOR, O.J. Efeitos da infecção de plântulas de cafeeiro com quantidades crescentes de esporos do fungo endomicorrízico *Gigaspora margarita*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, n.6, p. 875-883, 1994.
- SOUZA, R. F., PINTO, J. C., SIQUEIRA, J. O., CURTI, N., MORAIS, A. R. Influência de micorriza e fósforo sobre o rendimento de matéria seca e qualidade de *A. gayanus* e *S. guianensis* cultivados em um Latossolo. **Pasturas Tropicais**, Cali, v.22, n.2, p.34 - 41, 2000.
- SCHUSSLER, A.; SCHWARZOTT, D.; WALKER, C. A new fungal phylum, the glomeromycota: phylogeny and evolution. **Mycological Research**, v. 105, p. 1413-1421. 2001.
- WUBET, T.; KOTTKE, I.; TEKETAY, D.; OBERWINKLER, F. Mycorrhizal status of indigenous trees in dry Afriomontane forests of Ethiopia. **Forest Ecology and Management**, v.179, p. 387-399. 2003.
- YING CHU, E.; MOLLER, M. R. F.; CARVALHO, J. G. Efeitos da inoculação micorrízica em mudas de gravioleira em solo fumigado e não fumigado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.36, n.4, p. 671-680. 2001.
- ZIMMER, A. H.; EUCLIDES, V. P. B. Importância das pastagens para o futuro da pecuária de corte no Brasil. . In: EVANGELISTA, A. R.; BERNARDES, T. F.; SALES, E. C. J. (eds.) **Simpósio de Forragicultura e Pastagens: temas em evidência**. Lavras: NEFOR/UFLA, 2000. p. 1-49.