

Resíduos orgânicos e inoculação micorrízica no crescimento e nutrição de mudas de sisal

Marcelly Santana Mascarenhas⁽¹⁾; Carla da Silva Sousa⁽²⁾; Francisco de Sousa Lima⁽³⁾; Ilana Maciel Paulo Mamédio⁽¹⁾; Bárbara Lima do Sacramento⁽¹⁾; Ana Cristina Fermino Soares⁽⁴⁾

⁽¹⁾Estudante de graduação em Ciências Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia; Cruz das Almas, Bahia; marcelly.bio@hotmail.com; ilana_mamedio@hotmail.com; ⁽²⁾Pós-doutorado PNPd/Capes, orientadora, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia; Cruz das Almas, Bahia; cssagro@yahoo.com.br; ⁽³⁾Professor colaborador, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia; Cruz das Almas, Bahia; fsousalima@yahoo.com.br; ⁽⁴⁾Professora Titular, Bolsista produtividade CNPq, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia; Cruz das Almas, Bahia;ferminosoares@gmail.com

RESUMO: A cultura de sisal (*Agave sisalana*) tem destaque na geração de renda e emprego, sendo uma das poucas alternativas de produção agrícola na região semiárida do Nordeste brasileiro. Contudo, nas últimas décadas, tem sido registrado um declínio significativo na produção, devido principalmente a problemas de manejo da cultura e fitossanitários. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de resíduos orgânicos e da inoculação com espécie de fungo micorrízico arbuscular no crescimento vegetativo e nutrição de mudas de sisal. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso esquema fatorial 3 x 2, sendo 3 resíduos orgânicos e 2 condições de inoculação (com e sem inoculação micorrízica), além de um tratamento somente com inoculação micorrízica sem adição dos resíduos orgânicos e outro tratamento sem inoculação micorrízica e sem adição dos resíduos orgânicos, com 5 repetições. O fungo *G. etunicatum* promoveu aumento na absorção de P e N pelas mudas, entretanto não teve efeito sobre a altura das plantas, diâmetro do caule e teores de K. A aplicação dos resíduos orgânicos promoveu aumento nos teores de nutrientes, contudo, não teve efeito sobre o crescimento vegetativo das plantas. Melhores resultados foram obtidos nas interações, destacando-se guandú vs *G. etunicatum*, com aumento de 202,5% (produção de biomassa); resíduo de sisal vs *G. etunicatum* 39,3% e 64,3% teores de P e K, respectivamente. A incorporação de crotalária estimulou a esporulação do fungo, ao passo que a adubação com resíduo de sisal favoreceu a colonização micorrízica das raízes de sisal.

Palavras-chave: *Agave sisalana*, fungos micorrízicos arbusculares, adubação orgânica.

INTRODUÇÃO

O sisal é uma cultura de grande importância econômica e social para a região semiárida brasileira, por empregar um grande volume de mão-de-obra, essencialmente na agricultura familiar, garantindo a sobrevivência de populações carentes dessa região. Atualmente, esta cultura está difundida

em 73 municípios baianos, contribuindo com 94% da produção nacional de sisal, com participação expressiva na pauta de exportações, sendo o estado da Bahia, o maior produtor mundial de sisal (Alves & Santiago (2005).

Contudo, nas últimas décadas, tem sido registrado um declínio significativo na produção, devido principalmente a problemas de manejo da cultura e a ocorrência da podridão vermelha do caule, uma doença causada pelo fungo *Aspergillus niger*, que infecta a planta em condições de estresse promovendo o apodrecimento do caule, morte da planta, perda de qualidade da fibra e devastação dos plantios comerciais de sisal (Abreu et al., (2007).

Durante o processo de produção de mudas a inoculação com micro-organismos benéficos, promove melhorias nutricionais e fitossanitárias, o que favorece posteriormente o estabelecimento das plantas em campo. Dentre as diversas relações simbióticas existentes entre plantas e micro-organismos, destaca-se as micorrizas. As micorrizas arbusculares são associações entre plantas e fungos do solo do filo Glomeromycota (Schüssler et al., 2001). O benefício da associação para a planta surge do aumento da extensão da superfície de absorção e, em troca, o fungo é subsidiado por carboidratos fotoassimilados (Herrman et al., 2004).

O emprego da adubação orgânica vem crescendo gradualmente no Brasil nos últimos anos, principalmente nas pequenas e médias propriedades rurais. Na região produtora de sisal no Estado da Bahia, uma alternativa para uso como adubo orgânico seria o resíduo resultante do processo de desfibramento da folha de sisal, uma vez que apenas 4% da folha correspondem a fibra, sendo o restante transformado em resíduo (Conab, 2005).

Além do resíduo de sisal, a adubação orgânica com leguminosas também apresenta-se como uma prática de baixo custo que pode aumentar a produtividade em sistemas agrícolas familiares no semiárido (Tiessen et al., 1994). As leguminosas são muito utilizadas na adubação verde, em virtude da elevada produção de biomassa, rápido crescimento, sistema radicular profundo e principalmente por enriquecerem o solo com N através da fixação biológica de N (Bala et al., 2003).

Este trabalho tem como objetivo avaliar o efeito da adubação orgânica com resíduo de sisal, guandú e crotalária e da inoculação com a espécie fúngica *Glomus etunicatum* no crescimento vegetativo e nutrição de mudas de sisal.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em casa de vegetação, em delineamento de blocos ao acaso, esquema fatorial 3 x 2, sendo 3 resíduos orgânicos (resíduo de sisal, guandú e crotalária) e 2 condições de inoculação (com e sem inoculação micorrízica), além de um tratamento somente com inoculação micorrízica sem adição dos resíduos orgânicos e outro tratamento sem inoculação micorrízica e sem adição dos resíduos orgânicos, com 5 repetições.

O solo utilizado foi coletado na camada 0-20 cm de profundidade em áreas produtoras de sisal, e em seguida foi seco ao ar, peneirado (peneira com malha de 2 mm) e esterilizado, através de autoclavagem a 120°C, por um hora, durante três dias alternados. Sub-amostras do solo foram coletadas para caracterização química (Embrapa, 1999), cujos os resultados foram: pH em água 5,2; P mg dm⁻³ 0,8; K 0,05 cmol_c dm⁻³; Ca 0,7 cmol_c dm⁻³; Mg 0,5 cmol_c dm⁻³; H+Al 1,65 mmol_c kg⁻¹; CTC 2,93 cmol_c dm⁻³; M.O. 11,37 g kg⁻¹.

No experimento, foram utilizados como unidades experimentais vasos com capacidade para 3 kg de solo estéril. A dose dos resíduos orgânicos incorporada ao solo foi de 20 t/ha e em seguida foi realizado o transplântio de uma muda/vaso. No momento do transplântio, cada muda foi inoculada, colocando-se junto às raízes, com o auxílio de uma pipeta Pasteur, uma suspensão aquosa contendo 200 esporos do fungo *Glomus etunicatum*.

Após 120 dias de instalação do experimento, foi determinada altura das plantas com auxílio de uma régua milimetrada e o diâmetro do caule com auxílio de um paquímetro digital. Para determinação da produção de matéria seca, separou-se parte aérea e raízes e em seguida, o material vegetal foi seco em estufa de ventilação forçada a 65°C até atingir peso constante. Após seco, o material vegetal foi moído em moinho tipo Wiley, e mineralizado através de digestão com ácido sulfúrico e peróxido de hidrogênio (Thomas et al., 1967). Nos extratos, os teores de N foram determinados pelo método de Kjeldahl; P por colorimetria e K por fotometria de chama.

Sub-amostras de raízes frescas de cada planta foram coletadas para determinação da colonização micorrízica, utilizando-se o método de intersecção dos quadrantes da placa quadriculada (Giovannetti & Mosse, 1980), após o processamento das raízes que consistirá da clarificação com KOH (10%) por 24 horas, em temperatura ambiente, seguida do tratamento com H₂O₂ alcalina, por 45 minutos, e com

HCl (1%) por 3 minutos, e coloração com azul de Trypan (0,05%) (Koske & Gemma, 1989). Foram separados 100 segmentos de raízes coloridas para visualização de estruturas fúngicas (arbúsculos, vesículas e hifas), com auxílio de um microscópio estereoscópico (40x).

A densidade de esporos foi determinada em 50 g de solo pelo método do peneiramento úmido (Gerdemann & Nicolson, 1963) em malhas de 0,710 mm e 0,053 mm, seguida de centrifugações a 3.000 rpm, em água e em sacarose 45%, por três e dois minutos, respectivamente. Os esporos separados foram transferidos para placas canaletadas e quantificados com auxílio de contador manual e microscópio estereoscópico (40x).

Os resultados foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey, a 5% de probabilidade, para a comparação das médias, utilizando o programa estatístico SISVAR. Os dados referentes à densidade de esporos foram transformados, respectivamente, por $(x + 0,5)^{1/2}$ e $\arcsin \sqrt{x/100}$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na **Tabela 1**, são apresentados resultados da aplicação dos resíduos orgânicos e da inoculação com o fungo micorrízico arbuscular *G. etunicatum*, sobre o crescimento vegetativo das mudas de sisal. É possível perceber que independentemente de terem sido aplicados isolados ou em combinação, não houve efeito dos resíduos orgânicos e da inoculação com a espécie fúngica sobre a altura das plantas e diâmetro do caule. Também não foi observado efeito da inoculação da espécie fúngica sobre a produção de biomassa seca pelas mudas de sisal. A aplicação do resíduo de sisal proporcionou aumento de 121,2% na produção de biomassa seca pelas mudas em comparação às mudas sem resíduo orgânico. Nas interações foram registrados os maiores valores de produção de biomassa, destacando-se a interação *G. etunicatum* vs guandu, onde foi observado aumento de 173,2% em comparação às mudas apenas inoculadas e de 43,1% em comparação às mudas apenas adubadas com este resíduo.

Com relação ao teor de nutrientes na parte aérea das mudas, observa-se na **Tabela 2**, que a inoculação do fungo *G. etunicatum* promoveu aumento de 36,6% no teor de P na parte aérea das mudas, em comparação às mudas não inoculadas. A aplicação dos resíduos promoveu aumento de até 46,3% (guandu) no teor de P, em comparação às mudas sem resíduo orgânico. Contudo, maiores valores, foram registrados na mudas inoculadas com a espécie fúngica e adubadas com o resíduo de sisal seco, que apresentaram aumento de 47,2% no teor de P em comparação às mudas apenas adubadas com este resíduo.

Não foi observado efeito do fungo *G. etunicatum* sobre o teor de K na parte aérea das mudas. Contudo, verificou-se que os resíduos orgânicos em interação ou não com a espécie fúngica, promoveram incremento de até 84% no teor de K na parte aérea das mudas em comparação às mudas sem adição de resíduo orgânico.

Mudas de sisal inoculadas com o fungo *G. etunicatum* apresentaram um aumento de 366,7% no teor de N em comparação às mudas não inoculadas. Observou-se também que as mudas adubadas com os resíduos apresentam incremento de 310% (guandu) no teor de N em comparação às mudas sem resíduo orgânico. Apenas a interação *G. etunicatum* vs resíduo de sisal apresentou resultado significativo, de modo que o incremento registrado no teor de N foi de 25% em comparação às mudas apenas adubadas com este resíduo.

Na **Figura 1**, é avaliado o efeito dos resíduos orgânicos sobre a esporulação do fungo e colonização das raízes de sisal. É possível perceber que a adição de crotalária estimulou a esporulação do fungo, de modo que neste tratamento foi observada uma densidade de 391,7 esporos em 50 g de solo, enquanto que no tratamento sem adição dos resíduos, a densidade foi de 51,8 esporos em 50 g de solo, ou seja, um aumento de 656,2%.

Com relação à colonização das raízes das mudas de sisal pelo fungo *G. etunicatum*, observou-se que não houve efeito significativo dos resíduos de guandu e crotalária. Contudo, o resíduo de sisal, promoveu aumento de 121,6% na colonização micorrízica das raízes de mudas de sisal.

CONCLUSÕES

1. Não houve efeito significativo da inoculação com o fungo *G. etunicatum* sobre o crescimento vegetativo e teor de K nas mudas de sisal;
2. A inoculação do fungo *G. etunicatum* promoveu aumento no teor de P e N na parte aérea das mudas de sisal;
3. A aplicação do resíduo seco de sisal, guandu e crotalária proporcionou incremento nos teores de nutrientes na parte aérea das mudas de sisal, contudo não teve efeito sobre o crescimento vegetativo das plantas;
4. As interações promoveram aumento na produção de biomassa e no teor de nutrientes das mudas;
5. A incorporação de crotalária estimulou a esporulação do fungo, ao passo que o resíduo de sisal favoreceu a colonização das raízes das mudas de sisal pelo fungo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Capes pela concessão da bolsa de Pós-doutorado PNPd à Dra. Carla da Silva Sousa e ao CNPq pela concessão da bolsa de

Produtividade em Pesquisa à Dra. Ana Cristina Fermino Soares.

REFERÊNCIAS

- ABREU, K. C. L.; SOARES, A. C. F.; TORRES, C. N.; LARANJEIRA, F. F.; CARDOSO, E. L.; CANDEIAS, E. L. Prevalência e incidência da podridão vermelha do pseudocaule do sisal na microrregião de Serrinha. *Fitopatologia Brasileira*, 32: 218, 2007.
- ALVES, M. O.; SANTIAGO, E. G. Tecnologia e relações sociais de produção no setor sisaleiro nordestino. In: Congresso da Sociedade Brasileira De Economia E Sociologia Rural, 28. Ribeirão Preto. Anais. Ribeirão Preto, 2005. CDROM.
- BALA, A.; MURPHY, P.; GILLER, K.E. Distribution and diversity of rhizobia nodulating agroforestry legumes in soil from three continents in the tropics. *Molecular Ecology*, 2:917-930, 2003
- BRADFORD, M.M. A rapid and sensitive method for the quantification of micrograms quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analyses Biochemists*, 72: 248-254, 1976.
- CONAB. Fibra de Sisal. Rio de Janeiro. Companhia Nacional de Abastecimento. p22-35. 2005.
- GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society*, v.46, p.235-244, 1963.
- GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques to measure vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist*, 84(3):484-500, 1980.
- HERRMAN, S.; OELMULLER, R.; BUSCOT, F. Manipulation of the onset of ectomycorrhiza formation by indole-3-acetic acid, activated charcoal or relative humidity in the association between oak microcuttings and *Piloderma croceum* influence on plant development and photosynthesis. *Journal Plant Physiology*, 161:509-17, 2004
- KOSKE, R.E.; GEMMA, J.N.A Modified procedure for staining roots to detect mycorrhizas. *Mycological Research*, 48:486-488, 1989.
- LACERDA, N.B.; SILVA, J.R.C. Efeitos do manejo do solo e da adubação orgânica no rendimento do algodoeiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 11(2). 2007.
- SCHÜBLER A.; SCHWARZOTT D.; WALKER C. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. *Mycological Research* 105:1413-1421, 2001.
- THOMAS, R. L.; SHEARD, R. W.; MOYER, J. R. Comparison of conventional and automated procedure for nitrogen, phosphorus and potassium analysis of plant material using single digest. *Agronomy Journal*, 59(1):240-243, 1967.
- TIESSEN, H.; CUEVAS, E. CHACON, P. The role of soil organic matter in sustaining soil fertility. *Nature*, 371: 783-785, 1994.

WRIGHT, S.F.; UPADHYAYA, A. A survey of soils for aggregate stability and glomalin, a glycoprotein produced by hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant Soil*, 198:97-107, 1998.

Tabela 1. Efeito da aplicação de resíduos orgânicos e inoculação com espécie de fungo micorrízico arbuscular *Glomus etunicatum* no crescimento das mudas de sisal

Característica	Espécie fungica	Resíduo orgânico			
		Sem resíduo orgânico	Resíduo de sisal seco	Guandú	Crotalária
Altura das plantas (cm)	Inoculado	22,60aA	23,40aA	22,70aA	22,35aA
	Não inoculado	20,62aA	20,86aA	20,44aA	21,40aA
Diâmetro do caule (mm)	Inoculado	28,74aA	33,11aA	29,38aA	29,82aA
	Não inoculado	28,35aA	28,47aA	25,56aA	27,61aA
Biomassa das mudas (g planta ⁻¹)	Inoculado	4,33aB	11,83aA	13,11aA	7,37aA
	Não inoculado	3,74aB	8,27bA	5,05bAB	5,54aAB

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Tabela 2. Efeito da aplicação de resíduos orgânicos e inoculação com espécie de fungo micorrízico arbuscular *Glomus etunicatum* sobre os teores de nutrientes na parte aérea de mudas de sisal

Nutriente	Espécie fungica	Resíduo orgânico			
		Sem resíduo orgânico	Resíduo de sisal seco	Guandú	Crotalária
P (mmol/g MS)	Inoculado	0,056aB	0,078aA	0,058aB	0,059aB
	Não inoculado	0,041bB	0,053bA	0,060aA	0,057aA
K (mmol/g MS)	Inoculado	0,28aB	0,46aA	0,39aA	0,41aA
	Não inoculado	0,25aB	0,46aA	0,45aA	0,42aA
N (mmol/g MS)	Inoculado	1,40aA	1,05aB	0,85bC	1,04bB
	Não inoculado	0,30bC	0,84bB	1,23aA	1,25aA

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

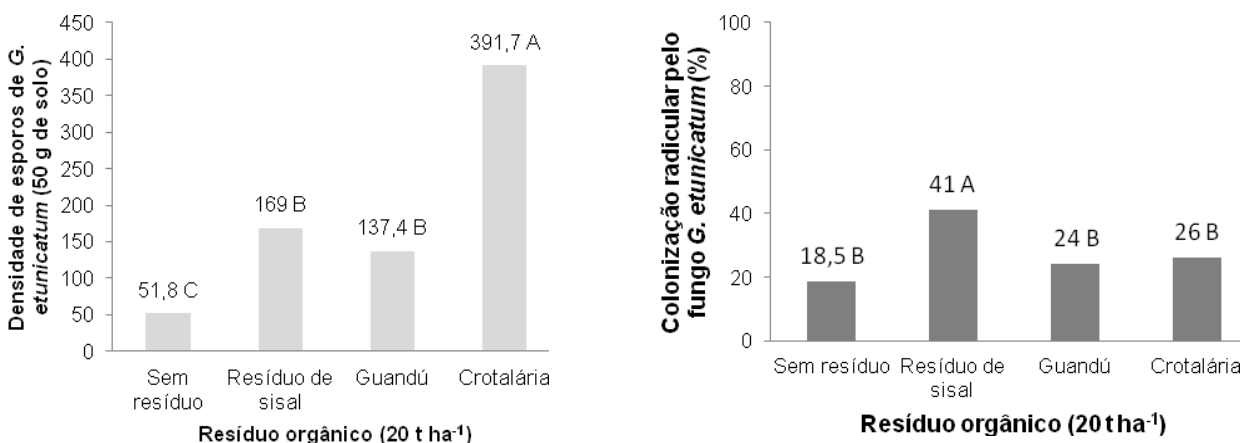


Figura 1. Efeito da aplicação de resíduos orgânicos sobre a densidade de esporos e colonização radicular do fungo micorrízico arbuscular *G. etunicatum* em mudas de sisal