

Fungos micorrízicos arbusculares e composto orgânico no crescimento e nutrição de mudas de sisal
Arbuscular mycorrhizal fungi and organic composts in growth and nutrition of sisal nursery plants

SOARES, A. C. F.¹; SOUSA, C. S.²; MAMÉDIO, I. M. P.¹; LIMA, F. S.²; MASCARENHAS, M. S.¹

¹Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Campus Cruz das Almas-BA, Brasil, ilana_mamedio@hotmail.com; acsoares@ufrb.edu.br; marcellybio@hotmail.com. ²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano (IFBAIANO), Campus Uruçuca- BA, Brasil, cssagro@yahoo.com.br; fsousalima@yahoo.com.br;

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de dois compostos orgânicos produzidos com resíduo de sisal, esterco e farinha de rocha, e da inoculação com fungos micorrízicos no crescimento e nutrição de mudas de sisal. O experimento foi instalado em delineamento de blocos ao acaso com cinco repetições, em esquema fatorial 2 x 2 + 2, sendo dois compostos orgânicos e duas espécies fúngicas (*Claroideoglossum etunicatum* e *Paraglossum occultum*), mais um tratamento sem inoculação micorrízica e outro sem os compostos orgânicos. A aplicação isolada do composto com 10% esterco, 10% farinha de rocha e 80% resíduo de sisal, ou do fungo *C. etunicatum* promoveram aumento na altura (46,6% e 26,4%, respectivamente) e na produção de biomassa (304,9% e 51,1% respectivamente) das mudas. Os compostos estimularam a colonização radicular das mudas pelo fungo *C. etunicatum*, mas não apresentaram efeito sobre a esporulação desta espécie. Não houve efeito dos compostos sobre a esporulação e colonização radicular pelo fungo *P. occultum*. A aplicação isolada ou a combinação dos compostos e das espécies fúngicas promoveram incrementos significativos nos teores de nutrientes das mudas.

PALAVRAS-CHAVE: *Agave sisalana* Perrine; adubação orgânica; simbiose micorrízica.

ABSTRACT: This work aimed to evaluate the effect of two organic composts produced with sisal solid residue, animal manure, and rock dust (fine powdered mineral rock), combined or not with arbuscular mycorrhizal fungi inoculation on sisal plant growth and nutrition. The experiment was carried out under greenhouse conditions. The experimental design was in randomized blocks with five replications in a factorial arrangement 2 x 2 +2, with two composts, two mycorrhizal fungi (*Claroideoglossum etunicatum* and *Paraglossum occultum*), a treatment without mycorrhizal inoculation and another without organic compost. Soil amendments with the compost prepared with 10% animal manure + 10% rock dust + 80% sisal residue, and *C. etunicatum* plant inoculation, separately, promoted an increase of 46.6% and 26.4%, respectively, in plant height and of 304.9% and 51.1%, respectively in plant biomass production. Both organic composts stimulated root colonization by the arbuscular mycorrhizal fungi *C. etunicatum*, but did not affect its sporulation. There was no effect of the composts on sporulation and root colonization by *P. occultum*. Soil amendment with composts combined or not with mycorrhizal fungi inoculation promoted significant increases in the levels of nutrients in sisal nursery plants.

KEYWORDS: *Agave sisalana*; organic fertilizer; mycorrhizal symbiosis.

Introdução

O sisal (*Agave sisalana* Perrine) é uma cultura de significativa importância econômica e social para a região semiárida brasileira, por empregar grande volume de mão-de-obra, essencialmente, na agricultura familiar, garantindo a sobrevivência de populações carentes nos Estados da Bahia e Paraíba (ALVES e SANTIAGO, 2005).

Entretanto, no Estado da Bahia tem ocorrido o declínio desta cultura, com redução das áreas plantadas e baixa produtividade, devido a problemas relacionados à carência de suporte técnico aos produtores de sisal e de tecnologias para o manejo desta cultura. Faltam informações sobre tecnologias para a produção de mudas de sisal com boa qualidade nutricional e fitossanitária (SINDFIBRAS, 2016).

Os fertilizantes minerais de alta solubilidade são inviáveis em virtude do seu alto custo, confrontado ao baixo poder aquisitivo da maioria dos agricultores que tem como forma de sobrevivência a agricultura familiar. Adiciona-se o risco proporcionado pela variabilidade do regime de chuvas na região semiárida (NASCIMENTO et al., 2003). Por este motivo, a fertilidade dos solos, nesta região depende do manejo da matéria orgânica do solo (TIESSEN et al., 1994; MIYAZAWA et al., 2000; SALCEDO, 2004).

A prática da adubação orgânica vem crescendo no Brasil, principalmente, nas pequenas e médias propriedades rurais. O esterco animal é o principal adubo orgânico utilizado para a melhoria da fertilidade dos solos do semiárido nordestino. Contudo, na maioria das vezes, a quantidade disponível nas propriedades é insuficiente para suprir a demanda das culturas agrícolas na época do plantio (SILVA et al., 2007).

No processo de desfibramento da folha de sisal, apenas 4% da folha corresponde à fibra, sendo o restante transformado em resíduo (MURALI e MORCHHALE, 2014). Agricultores da região sisaleira usam uma parte muito pequena desse resíduo na adubação dos plantios de sisal e na alimentação de caprinos e ovinos; porém, sem tratamento adequado. Neste contexto, a produção de composto orgânico com a utilização do resíduo sólido de sisal, esterco e farinha de rocha apresenta-se como alternativa para obtenção de um adubo de boa qualidade, baixo custo e fácil manuseio e aquisição por agricultores da região. A farinha de rocha possui alto teor de SiO₂ total (em torno de 60%), que apesar de não ser um nutriente, vem sendo bastante estudado como alternativa para auxiliar na absorção de outros nutrientes. Alguns estudos demonstram o benefício do silício na nutrição mineral

das espécies vegetais, a exemplo da braquiária (MELO et al., 2007), arroz (MAUAD et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2007) e eucalipto (CARVALHO et al., 2001).

Estudos demonstram que a adubação orgânica, além de melhorar as características físico-químicas do solo, estimula a comunidade microbiana e seus processos biológicos que sustentam os ecossistemas naturais e cultivados (CASTRO et al., 2004). 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 de água e nutrientes pelas raízes, maior tolerância a fatores bióticos e abióticos e, em troca, o fungo recebe um nicho e carboidratos fotoassimilados pela planta (HERRMAN et al., 2004). A simbiose micorrízica, além de melhorar o estado nutricional, aumenta a tolerância das plantas hospedeiras às doenças radiculares (BORGES et al., 2007), acelera o crescimento e melhora o vigor das mudas na sua fase de formação e de transplantio (LINDERMANN e DAVIES, 2001).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial agrícola de compostos orgânicos produzidos com resíduo de sisal, esterco e farinha de rocha e da inoculação com espécies de fungos micorrízicos arbusculares no crescimento e nutrição de mudas de sisal.

Material e Métodos

Preparo do composto orgânico - resíduos sólidos e frescos, provenientes do desfibramento de folhas de sisal e de esterco de caprinos foram coletados em propriedades rurais localizadas na região sisaleira da Bahia. O resíduo do sisal e o esterco foram misturados com farinha de rocha para preparo dos compostos orgânicos conforme descrito a seguir: composto 1 (C1) - 10% esterco + 10% farinha de rocha + 80% resíduo de sisal e composto 2 (C2) - 30% esterco + 30% farinha de rocha + 40% resíduo de sisal.

As pilhas de compostagem foram dispostas em configuração geométrica cônica. O processo de compostagem foi o de reviramento ou "Windrow", considerado simples e eficiente para a estabilização do material orgânico. Na fase de degradação ativa do material orgânico, o reviramento foi realizado manualmente a cada três dias, durante os primeiros 30 dias, seguindo-se um reviramento a cada seis dias, por mais 30 dias. A temperatura foi monitorada no interior de cada pilha, na base, no centro e no topo, com termômetro digital. A umidade do material foi monitorada

com a retirada de amostras semanais e secagem em estufa a 65 °C, por 48 h, seguida de secagem a 105 °C até massa constante. A umidade do material foi mantida no máximo a 55 dag kg⁻¹.

Na fase de maturação, os compostos permaneceram sem reviramento por 30 dias, estando prontos para uso agrícola após este período. Amostras dos compostos foram coletadas no final do período de compostagem, para caracterização química, conforme apresentada na Tabela 1.

Obtenção de inóculo das espécies de fungos micorrízicos arbusculares - para a obtenção inicial de inóculo dos fungos micorrízicos arbusculares, sementes de *Brachiaria decumbens* foram desinfestadas por imersão em solução de hipoclorito de sódio 1% por 20 segundos, seguido de três lavagens em água destilada esterilizada. Após desinfestadas, as sementes foram semeadas em bandejas contendo areia esterilizada. Uma semana após a germinação, as plântulas foram transplantadas para vasos com capacidade para 3 kg, contendo uma mistura de solo e areia, na proporção de 3:1 (v/v), previamente esterilizada em autoclave, a 120 °C durante uma hora e meia, por três dias alternados.

Na fase de transplantio, cada plântula foi inoculada, utilizando uma pipeta Pasteur, colocando-se junto às raízes, uma suspensão aquosa com 200 esporos de cada espécie fungica, por vaso, anteriormente quantificados em cada mL da suspensão. Os vasos foram mantidos em casa de vegetação por 120 dias,

sendo irrigados diariamente com água destilada.

Instalação do experimento - O experimento foi conduzido em condições de casa de vegetação, em delineamento de blocos ao acaso, com cinco repetições, em arranjo fatorial 2 x 2 + 2, sendo dois compostos orgânicos (C1 e C2) e duas espécies de fungos micorrízicos arbusculares (*Paraglomus occultum* e *Claroideoglosum etunicatum*), além de um tratamento sem adição dos compostos orgânicos e outro sem inoculação com as espécies fúngicas. Foram utilizados como unidades experimentais vasos de plástico com 3 kg de solo esterilizado. O solo utilizado para instalação do experimento foi coletado na camada 0-20 cm de profundidade, em áreas de produção de sisal na região semiárida de Valente, Bahia, seco ao ar, destorroado, peneirado (peneira com malha de 2 mm) e em seguida, esterilizado em autoclave a 120 °C, por uma hora, durante três dias alternados. A dose dos compostos incorporada ao solo foi equivalente a 20 t ha⁻¹ e em seguida, fez-se o transplantio de uma muda de sisal de 10 a 12 cm de altura oriunda de bulbilhos, Por vaso. No momento do transplantio, cada muda foi inoculada, colocando-se junto às raízes com uma pipeta Pasteur, uma suspensão aquosa com 200 esporos das espécies de fungos micorrízicos.

Avaliação do crescimento e do estado nutricional das mudas de sisal - após 120 dias do transplantio das mudas de sisal, fez-se a coleta das plantas, separando-

Tabela 1. Caracterização química dos compostos orgânicos.

Determinações	C1	C2
pH em CaCl ₂ 0,01M	9,1	8,2
Densidade (g/cm ³)	0,50	0,79
M.O. total (%)	22,8	8,73
C orgânico (%)	10,16	3,54
N total (%)	1,15	0,58
P total (%)	2,42	3,01
K (%)	1,84	1,08
Ca total (%)	7,06	3,95
Mg total (%)	1,79	0,90
S total (%)	0,21	0,20
Relação C/N (C total e N total)	11/1	8/1
Cu total (mg/kg)	46	62
Mn total (mg/kg)	496	538
Zn total (mg/kg)	75	71
Fe total (mg/kg)	12672	19367
B total (mg/kg)	10	4
Na total (mg/kg)	2467	1819

-se a parte aérea das raízes. A parte aérea foi colocada em sacos de papel para secagem em estufa de ventilação forçada a 65 °C até atingir peso constante. Esse material foi pesado, moído em moinho tipo Wiley e mineralizado pelo processo de digestão com ácido sulfúrico e peróxido de hidrogênio (THOMAS et al., 1967), para determinação dos teores de N pelo método de Kjeldahl; P por colorimetria e K por fotometria de chama. Em relação às raízes das plantas, após lavagem em água corrente, foram retiradas sub-amostras das raízes finas de cada planta, sendo estas preservadas em álcool etílico diluído em água a 50%, em frascos de vidro com tampa de borracha, para as avaliações da colonização micorrízica. O restante das raízes, para cada planta, foi colocado em sacos de papel, seco em estufa e pesado, conforme descrito acima.

Avaliação da densidade de esporos no solo e da colonização micorrízica das mudas de sisal - as subamostras de raízes finas (< 2mm) de cada planta foram retiradas da solução alcoólica, lavadas em água corrente e diafanizadas com KOH (10%) por 24 horas, em temperatura ambiente. Em seguida fez-se o tratamento dessas raízes com H₂O₂ alcalina (10%), por 45 minutos, e acidificação com HCl (1%) por 3 minutos. Após acidificadas, as raízes foram coradas em solução de azul de Trypan (0,05%) por 24 horas, conforme método proposto por Koske e Gemma (1989). De cada sub-amostra, foram separados 100 segmentos de raízes coradas e espalhados em placas para visualização de estruturas fúngicas (arbúsculos, vesículas e hifas), em microscópio estereoscópico (40x), seguindo o método de intersecção dos quadrantes da placa quadriculada (GIOVANNETTI e MOSSE, 1980).

A densidade de esporos foi determinada em 50 g de solo, obtidos de 10 subamostras de solo retiradas de forma aleatória de cada parcela experimental, ou seja, de cada vaso, no momento da coleta das plantas de sisal. O solo foi preservado na geladeira a 4 °C, por cinco dias para a realização da extração de esporos. Para a quantificação dos esporos, estes foram extraídos das amostras de solo pelo método do peneiramento úmido em malhas de 0,710 mm e 0,053 mm, seguido de centrifugações a 3.000 rpm em água e em sacarose 45%, por três e dois minutos, respectivamente (GERDEMANN e NICOLSON, 1963). Os esporos extraídos foram transferidos para placas canaletadas e quantificados com contador manual e em microscópio estereoscópico com aumento de 40x.

Análise estatística - os dados foram submetidos à

análise de variância e teste de Tukey, a 5% de probabilidade, para a comparação das médias, utilizando o programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2000). Os dados referentes à densidade de esporos e colonização micorrízica foram transformados, respectivamente, por $(x + 0,5)^{1/2}$ e arc sen.

Resultados e Discussões

A inoculação com o fungo *C. etunicatum* proporcionou o aumento de 26,4% na altura das mudas de sisal, em comparação às mudas sem inoculação micorrízica (Tabela 2). Por outro lado, a inoculação com o fungo *P. occultum* não promoveu benefícios para a planta, quando comparado ao tratamento sem inoculação, para a altura das plantas de sisal. Além da inoculação micorrízica, a aplicação dos compostos orgânicos também favoreceu o crescimento das mudas, sendo registrado um aumento de até 46,6% na altura das mudas (C1) em relação aquelas do tratamento controle, sem adição dos compostos orgânicos.

Não foi observado efeito significativo da interação entre o fungo *C. etunicatum* e os compostos orgânicos sobre a altura das mudas. No entanto, mudas inoculadas com o fungo *P. occultum* e adubadas com os compostos orgânicos apresentaram incremento de 29,8% na altura em comparação às mudas apenas inoculadas com este fungo.

A inoculação com as espécies fungicas estimulou a produção de biomassa seca nas plantas de sisal, sendo alcançado um aumento de 97,1% com a inoculação do fungo *C. etunicatum*, em comparação às mudas sem inoculação micorrízica. A aplicação isolada dos compostos orgânicos proporcionou, também, aumento na produção de biomassa seca nas mudas de sisal, com destaque para o C1, com um incremento de 314,9% em relação às mudas do tratamento sem adição dos compostos.

Não foi observada diferença entre a aplicação isolada dos compostos orgânicos e destes juntamente com as espécies fungicas sobre a produção de biomassa nas mudas. Entretanto, as interações *C. etunicatum* x C1 e *P. occultum* x C1, proporcionaram aumento de 114,9% e 220,2%, respectivamente, na produção de biomassa seca nas mudas, em comparação às mudas apenas inoculadas com estas espécies fungicas.

As raízes das plantas de sisal não inoculadas com as espécies fúngicas apresentaram-se isentas de colonização (Tabela 3). Amostras de solo em volta das raízes das plantas não inoculadas também não apresentaram esporos de fungos micorrízicos. Verificou-se que sem a adição de composto orgânico, não houve

Tabela 2. Efeito da adição de compostos orgânicos e inoculação com fungos micorrízicos arbusculares sobre a altura e produção de biomassa em mudas de sisal

Tratamentos	Altura das mudas (cm)			Biomassa seca das mudas (g)		
	Sem adição de composto	C1*	C2*	Sem adição de composto	C1	C2
Sem inoculação	19,3bB	28,3aA	26,2abA	2,07bC	8,59aA	5,30aB
<i>C. etunicatum</i>	24,4aA	22,8bA	22,8bA	4,08aB	8,77aA	5,53aB
<i>P. occultum</i>	21,1bB	27,4aA	27,4aA	2,33aB	7,46aA	6,74aA
CV (%)		8,39			25,58	

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Letras minúsculas comparam na linha o efeito de cada composto orgânico entre as diferentes espécies fúngicas e letras maiúsculas comparam na coluna cada espécie fúngica entre os diferentes compostos orgânicos.

C1 - 10% esterco + 10% farinha de rocha + 80% resíduo de sisal; C2 - 30% esterco + 30% farinha de rocha + 40% resíduo de sisal.

Tabela 3. Efeito da adição de compostos orgânicos sobre a colonização micorrízica de mudas de sisal e densidade de esporos das espécies fungicas.

Tratamentos	Colonização micorrízica (%)			Esporulação (50 g de solo)		
	Sem adição de composto	C1*	C2*	Sem adição de composto	C1	C2
Sem inoculação	0	0	0	0	0	0
<i>C. etunicatum</i>	23,5aB	33,7 aAB	43,2 aA	323,0 aA	245,0 aA	226,7 aA
<i>P. occultum</i>	20,2aA	28,0 aA	28,0 bA	298,0 aA	347,5 aA	286,0 aA
CV (%)		15,91			20,29	

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Letras minúsculas comparam na coluna o efeito de cada composto orgânico entre as diferentes espécies fúngicas e letras maiúsculas comparam na coluna cada espécie fúngica entre os diferentes compostos orgânicos.

C1 - 10% esterco + 10% farinha de rocha + 80% resíduo de sisal; C2 - 30% esterco + 30% farinha de rocha + 40% resíduo de sisal.

-se que sem a adição de composto orgânico, não houve diferença na colonização micorrízica das mudas de sisal inoculadas com *C. etunicatum* ou *P. occultum*. Plantas inoculadas por estes fungos e adubadas com o composto C1, não diferiram entre si quanto à colonização micorrízica. Entretanto, o composto C2 favoreceu a colonização micorrízica nas plantas pelo fungo *C. etunicatum*, sendo observada uma diferença de 64,8% na taxa de colonização, em comparação às mudas inoculadas com *P. occultum*.

Plantas de sisal inoculadas com *P. occultum*, sem adição dos compostos orgânicos, apresentaram taxa de colonização radicular de 20,2%, enquanto que nos tratamentos com os compostos 1 e 2, a colonização micorrízica em ambas as situações foi de 28%, não sendo observada diferença entre os tratamentos. O composto orgânico C2 estimulou a colonização das

raízes pelo fungo *C. etunicatum*, com taxa de colonização de 43,2%, ao passo que as mudas inoculadas com este fungo, sem adição de composto orgânico, apresentaram taxa de colonização de 23,5%. Silva Junior et al. (2012), em estudo com composto orgânico, observaram também aumento da taxa de colonização de raízes de mudas de melão pelos fungos *G. clarum* e *G. intraradices* (50,8%) em comparação com mudas inoculadas com as espécies fungicas e sem a adição do composto orgânico (31,2%). Shiuvo et al. (2010) observaram taxa de colonização radicular de 90% em mudas de pinhão manso inoculadas com o fungo *G. clarum* e adubadas com 120 t ha⁻¹ do composto orgânico Organosuper®

Diversos estudos demonstram que a adubação orgânica favorece a micorrização das plantas (OLIVEIRA et al., 2012; SCHIAVO et al., 2010; SOUSA

et al., 2012), quer seja por melhorar as condições do solo, conseqüentemente, favorecendo o crescimento e multiplicação do fungo, ou pela melhoria do estado nutricional e fitossanitário das plantas hospedeiras. Crecchio et al. (2001) ressaltam o favorecimento da microbiota nativa do solo pela compostagem dos adubos orgânicos. Micro-organismos do solo tem a função de serem solubilizadores e os diazotróficos estimulam a exsudação radicular ou produzem enzimas hidrolíticas (JOHANSSON et al., 2004), favorecendo a germinação de esporos de fungos micorrízicos arbusculares e a colonização radicular das plantas.

Os compostos orgânicos avaliados no presente estudo, não exerceram influência sobre a esporulação das espécies fungicas. Verificou-se, também, que independentemente da adição ou não e do tipo de composto orgânico, não houve diferença significativa entre as espécies fungicas quanto à produção de esporos.

De um modo geral, tanto a inoculação com as espécies fungicas quanto à adição dos compostos orgânicos influenciaram, positivamente, a absorção de nutrientes pelas mudas de sisal (Tabela 4). Nos tratamentos em que as mudas foram inoculadas com as espécies fungicas, foram obtidos incrementos de até 94,9%, 269,5% e 107,8% nos teores de N, P e K, respectivamente, em relação às mudas sem inoculação micorrízica. As mudas de sisal cultivadas em solo adubado com os compostos orgânicos também apresentaram maiores teores de nutrientes em comparação às mudas do tratamento controle (sem

adição dos compostos orgânicos), sendo registrados aumentos de 124,7%; 291,3% e 70,4%, nos teores de N, P e K, respectivamente, proporcionados pelo C1.

Resultados satisfatórios também foram observados nas interações entre as espécies fungicas e os compostos orgânicos. Mudas inoculadas com o fungo *P. occultum* e adubadas com o C2, apresentaram incremento de 84,7% no teor de N na parte aérea, em comparação às mudas somente adubadas com este composto. Foi observado, também, que as mudas inoculadas com o fungo *C. etunicatum* e adubadas com o C1 apresentaram aumento de 29,4% no teor de N na parte aérea em comparação às mudas cultivadas em solo apenas com adição deste composto. Nos tratamentos com adubação e inoculação, os teores de N na parte aérea foram superiores às mudas apenas inoculadas com as espécies fungicas.

Resultados similares foram observados com relação ao teor de P das plantas cultivadas em solo adubado com o C2 e inoculadas com o fungo *C. etunicatum*, com incremento de 34,7%, em comparação às plantas apenas adubadas com este composto. Não foi observada diferença significativa entre as plantas adubadas com C1 e aquelas adubadas com este composto e inoculadas com as espécies fungicas. A interação entre os compostos orgânicos C1 ou C2 e o fungo *C. etunicatum* promoveu aumentos de 31,5% e 38,3%, respectivamente, no teor de P das mudas, em comparação às mudas apenas inoculadas com este fungo.

A interação entre as espécies fúngicas e compostos

Tabela 4. Efeito da adição de compostos orgânicos e inoculação com fungos micorrízicos arbusculares sobre o teor de nutrientes na parte aérea das mudas de sisal.

Tratamentos	Sem adição de composto	N		P		K			
		C1*	C2*	Sem adição de composto	C1	C2	Sem adição de composto	C1	C2
(mmol/g de MS)									
Seminoculação	1,09bC	2,45bA	1,77cB	0,023bC	0,090abA	0,075bB	2,03cB	3,46bA	1,91bB
<i>C. etunicatum</i>	2,12aB	3,17aA	2,83bA	0,073aB	0,096aA	0,101aA	4,22aC	7,23aA	6,02aB
<i>P. occultum</i>	1,80aB	2,90aA	3,27aA	0,085aA	0,075bAB	0,060bB	3,13bB	6,45aA	2,08bC
CV(%)		8,93		11,76		13,42			

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Letras minúsculas comparam na coluna o efeito de cada composto orgânico entre as diferentes espécies fúngicas e letras maiúsculas comparam na coluna cada espécie fúngica entre os diferentes compostos orgânicos.

C1 - 10% esterco + 10% farinha de rocha + 80% resíduo de sisal; C2 - 30% esterco + 30% farinha de rocha + 40% resíduo de sisal.

orgânicos, também, promoveu efeito significativo sobre os teores de K na parte aérea das mudas de sisal. A adição dos compostos orgânicos, juntamente com a inoculação do fungo *C. etunicatum* proporcionou aumento de 108,9% (C1) e 215,2% (C2) no teor de K na parte aérea das mudas, em comparação às mudas apenas adubadas, sem inoculação micorrízica. As plantas que receberam apenas a inoculação micorrízica, também, demonstraram menores teores de K na parte aérea, em comparação àquelas inoculadas e adubadas com os compostos orgânicos, onde foram observados incrementos de 71,3% e 106,1% nas interações *C. etunicatum* x C1 e *P. occultum* x C1, respectivamente.

A simbiose micorrízica promoveu melhoria do crescimento e estado nutricional das plantas de sisal, fator fundamental para o sucesso destas plantas na fase de produção de viveiro e, principalmente no estabelecimento destas em campo. As hifas fungicas possuem alta capacidade e eficiência de absorção de nutrientes, e maior facilidade de acesso aos microporos do solo que as raízes. Além disso, as hifas produzem e exsudam compostos orgânicos que atuam na solubilização de fosfatos, promovendo a disponibilização de P e outros nutrientes para as plantas. Estudos têm demonstrado que a simbiose micorrízica estimula a exsudação radicular, e com isto, cria-se um ambiente na rizosfera das plantas favorável a proliferação de outros micro-organismos benéficos, tais como solubilizadores e diazotróficos, uma vez que os compostos exsudados servem como fonte de C, energia e nutrientes (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

A incorporação dos compostos orgânicos produzidos com resíduo de sisal, esterco e farinha de rocha também promoveu melhorias na nutrição das mudas de sisal, o que demonstra que este adubo apresenta potencial agrícola para adubação de plantios de sisal na região sisaleira. A utilização dos compostos como adubos orgânicos além de ter demonstrado resultados satisfatórios quanto a melhoria nutricional das mudas, apresenta-se como uma alternativa viável, uma vez que é preparado com material de baixo custo e fácil aquisição pelos produtores rurais da região. Adicionalmente, a produção dos compostos possibilita o reaproveitamento do resíduo que é gerado do desfibramento da folha de sisal, evitando que este material seja descartado inadequadamente no ambiente ou utilizado de forma inapropriada para adubação dos plantios.

Conclusões

1. A aplicação isolada do composto C1 com 10%

esterco + 10% farinha de rocha + 80% resíduo de sisal ou com a espécie fungica *C. etunicatum* estimula o crescimento das mudas de sisal;

2. Não ocorre efeito da adição dos compostos orgânicos sobre a esporulação e colonização radicular pelo fungo *P. occultum*;

3. Os compostos orgânicos favorecem a colonização das raízes de plantas de sisal pelo fungo *C. etunicatum*, contudo, não apresentam efeito sobre a esporulação desta espécie fungica;

4. A aplicação isolada ou em combinação das espécies fungicas *C. etunicatum* e *P. occultum* e dos compostos orgânicos favorece a absorção de N, P e K em mudas de sisal.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Capes pela concessão da bolsa de Pós-doutorado PNPd à Dra. Carla da Silva Sousa; ao CNPq pela concessão das bolsas de produtividade à Dra. Ana Cristina Fermino Soares, bolsa de iniciação científica à graduanda em Ciências Biológicas Ilana Paulo Maciel Mamédio e pela bolsa de Pós-doutorado Júnior ao Dr. Francisco de Sousa Lima. Os autores agradecem ao Dr. Tácio Oliveira Silva (*in memoriam*) pela elaboração do projeto.

Referências Bibliográficas

- 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. CD-ROM.
- BORGES, A. J. S. et al. Reduction of fusarium wilt of "banana-maçã" by inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.01, p.35-41, 2007.
- CARVALHO, R. et al. Interações silício-fósforo em solos cultivados com eucalipto em casa de vegetação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.3, p.557-565, 2001.
- CASTRO, C.M. et al. Adubação verde como fonte de nitrogênio para a cultura da berinjela em sistema orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.8, p.779-785, 2004.
- CRECCHIO, C. et al. Short-term effects of municipal solid waste compost amendments on soil carbon and nitrogen content, some enzyme activities and genetic diversity. **Biology and Fertility of Soils**, v.34, n.5, p.311-318, 2001.
- FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO

- ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.
- 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.344 46, n.2, p.235-244, 1963.
- GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques to measure vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytology**, v.84, n.3, p.484-500, 1980.
- HERRMANN, S. et al. 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**, v.161, n.5, p. 509-351 517, 2004.
- JOHANSSON, J. et al. Microbial interactions in the mycorrhizosphere and their significance for sustainable agriculture. **FEMS Microbiology Ecology**, v.48, n.1, p.1-13, 2004.
- KOSKE, R.E.; GEMMA, J.N. A modified procedure for staining roots to detect mycorrhiza. **Mycological Research**, v.92, n.4, p.486-488, 1989.
- LIDERMANN, R. G.; DAVIES, A. Comparative response of selected grapevine rootstocks and cultivars to inoculation with different mycorrhizal fungi. **American Journal Ecology Viticulture**, v.52, n.01, p.1-9, 2001.
- MAUAD, M. et al. Nitrogen and silicon fertilization of upland Rice. **Scientia Agricola**, v.60, n.4, p.761-765, 2003.
- MELO, S.P. et al. Silicate and phosphate combinations for marandu palisade Grass growing on na oxisol. **Scientia Agricola**, v.6, n.3, 364 p.275-281, 2007.
- MIYAZAWA, M. et al. **Neutralização da acidez do perfil do solo por resíduos vegetais**. Piracicaba: Potafos, Informações Agrônomicas. 2000. 8p. Encarte 367 Técnico, 92.
- MOREIRA, F.M.S. SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica de solo**. Lavras: UFLA, 2006, 729p.
- MURALI, S. MORCHHALE, R. K. Sisal (*Agave sisalana*) fibre extraction for sustainable employment generation in India. **Technologies for Sustainable Rural Development: Having Potential of Socio-Economic Upliftment (TSRD-2014)**, v. 1, p. 184.
- NASCIMENTO, J. T. et al. Efeito de leguminosas nas características químicas e matéria orgânica de um solo degradado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.3. p.457-462, 2003.
- OLIVEIRA, L. A. et al. Acumulação de silício em arroz em diferentes condições de pH da rizosfera. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n.4, p.685-690, 2007.
- OLIVEIRA, L.C. et al. Influência de adubações e manejo de adubo verde nos atributos biológicos de solo cultivado com alface (*Lactuca sativa* L.) em sistema de cultivo orgânico. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.79, n.4, p.557-565, 2012.
- SALCEDO, I. H. Fertilidade do solo e agricultura de subsistência: Desafios para o Semi-árido 379 Nordeste. In: Fertibio, 2004, Lages. **Anais...** Lages: UDESC, 2004. CD-ROM.
- SCHIAVO, J.A. et al. Composto orgânico e inoculação micorrízica na produção de mudas de pinhão manso. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.40, n.3, p.322-329, 2010.
- SCHÜBLER A. et al. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. **Mycological Research**, v.105, n.2, 385 p.1413-1421, 2001.
- SHIAVO, C.A. et al. Composto orgânico e inoculação micorrízica na produção de mudas de pinhão manso. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.40, n.3, p. 322-329, 2010.
- SINDIFIBRAS. **O projeto sisal-apex traz resultados positivos para as exportações baianas de sisal no primeiro trimestre do ano, que cresceram quase 40%**. Disponível em: <www.braziliansisal.com> Acesso em: 08 jun 2014.
- SILVA JUNIOR, J.M.T. et al. Efeito da esterilização do substrato sobre o crescimento de mudas de meloeiro em presença de fungos micorrízicos arbusculares e compostos orgânico. **Revista Caatinga**, v.25, n.1, p.98-103, 2012.
- SILVA, T.O. et al. Adubação orgânica da batata com esterco e/ou *Crotalaria juncea*. I. Produtividade vegetal e estoque de nutrientes no solo em longo prazo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n.1, p.39-49, 2007.
- SOUSA, C.S. et al. Occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi after organic fertilization in maize, cowpea and cotton intercropping systems. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.34, n.2, p.149-400 156, 2012.
- THOMAS, R. L. et al Comparison of conventional and automated procedure for nitrogen, phosphorus and potassium analysis of plant material using single digest. **Agronomy Journal**, v.59, n.1, p.240-243, 1967.
- TIESSEN, H. et al. The role of soil organic matter in sustaining soil fertility. **Nature**, v.371, p.783-785, 1994.