



UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

JORGE MESSIAS LEAL DO NASCIMENTO

**CRESCIMENTO E QUALIDADE NUTRICIONAL DE
PLANTAS DE *Manihot* ADUBADAS E INOCULADAS COM
FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES**

PETROLINA - PE

2012

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL**

JORGE MESSIAS LEAL DO NASCIMENTO

**CRESCIMENTO E QUALIDADE NUTRICIONAL DE
PLANTAS DE *Manihot* ADUBADAS E INOCULADAS COM
FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES**

Trabalho apresentado à Universidade Federal do Vale do São Francisco – Univasf, *Campus* Ciências Agrárias, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Ciência Animal, área de concentração: Forragicultura e Pastagens.

**Orientadora: Prof^a. Dr^a. Adriana Mayumi Yano-Melo
Coorientador: Prof. Dr. Mário Adriano Ávila Queiroz**

PETROLINA - PE

2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

JORGE MESSIAS LEAL DO NASCIMENTO

CRESCIMENTO E QUALIDADE NUTRICIONAL DE
PLANTAS DE *Manihot* ADUBADAS E INOCULADAS COM
FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência Animal, pela Universidade Federal do Vale do São Francisco.

Prof^a. Dr^a. Adriana Mayumi Yano-Melo
Orientadora – (Univasf)

Dr. Aldo Vilar Trindade
(Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical)

Prof^a. Dr^a. Leonor Costa Maia
Departamento de Micologia – CCB (UFPE)

Petrolina, de

2012

Nascimento, Jorge Messias Leal do

N244c Crescimento e qualidade nutricional de plantas de *Manihot* adubadas e inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares / Jorge Messias Leal do Nascimento. -- Petrolina, PE, 2012.

89f. : il.

Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) -
Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus
de Ciências Agrárias, PE, 2012.

Orientadora: Profa. Dra. Adriana Mayumi Yano-Melo
Co-orientador: Prof. Dr. Mário Adriano Ávila Queiroz.

1. Mandioca 2. Fungos na Agricultura. 3. Fungos
Micorrízicos Arbusculares (FMA). I. Título. II. Universidade
Federal do Vale do São Francisco.

CDD 633.682

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Biblioteca

SIBI/UNIVASF

Bibliotecário: Lucídio Lopes de Alencar

DEDICATÓRIA

Dedico à minha esposa (**Lílian Leal**), minha irmã (**Débora Leal**)
e em especial aos meus pais (**Jorge Leal e Rosemeire Messias Leal**).

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a **DEUS**, pela oportunidade ímpar que me concede. Louvo o nome do senhor **JESUS CRISTO** pela dádiva da vida. Obrigado meu senhor pela minha saúde, família, esposa, amigos, enfim, por tudo e principalmente pela inestimável possibilidade de realização de mais um sonho.

Não poderia deixar de mencionar os meus sinceros agradecimentos à minha família, pelo apoio oferecido em mais uma etapa da minha caminhada rumo à minha formação, pois sem a participação dos mesmos nada teria conseguido.

Agradeço à minha irmã **Débora Maira Messias Leal do Nascimento**, minha mãe **Rosemeire Messias da Silva Leal** e ao meu pai **Jorge Leal do Nascimento**, pela atenção, amor, carinho, compreensão e constante incentivo.

Em especial agradeço à minha esposa **Lílian F. L. dos Santos Leal**, pelo companheirismo, cumplicidade, amor, paciência e dedicação oferecidos em cada segundo na construção desta história.

À Professora **Dr^a. Adriana Mayumi Yano de Melo**, pela orientação excepcional concedida, pelos ensinamentos, sugestões e apoio em todas as etapas da construção dessa dissertação. Agradeço pelas conversas e principalmente pela confiança debitada em minha pessoa. Obrigado mais uma vez pela oportunidade de trabalharmos juntos, pela dedicação e participação na minha formação.

Ao Professor **Dr. Mateus Matiuzzi da Costa**, que de alguma forma colaborou em mais um degrau na minha formação.

Ao meu coorientador e Professor **Dr. Mario Adriano Ávila Queiroz**, pela participação em todas as fases da construção dessa dissertação, pelo apoio e também confiança e credibilidade depositadas em minha pessoa, além das

orientações concedidas nas análises químico-bromatológicas, características morfogênicas e estruturais das plantas de mandioca. Agradeço também pelas conversas e conselhos.

Agradeço o apoio oferecido pela Embrapa Semiárido, em especial aos pesquisadores **Dr. Nataniel Franklin de Melo** e **Msc. Alineaurea Florentino Silva**, além dos técnicos **Paulo Souza** e **Djane Oliveira**.

À **Universidade Federal do Vale do São Francisco** pelo uso de suas instalações.

À **Facepe** pela concessão da bolsa de pós-graduação e financiamento do projeto.

Aos amigos do Laboratório de Microbiologia do *Campus* Ciências Agrárias/Univasf: **Aline Passos, Angélica Ricarte, Michelline Lins, Vera Lúcia Pereira, Karen Mirella Menezes, Thaís Teixeira, Eliene Matos, Artenia Almeida, Maylane Brito, Flávia Coutinho, Amando Vieira, Percivaldo Resende, João Ricardo Oliveira, Tomás Azevedo...**enfim, a todos, inclusive aos que eu possa ter esquecido de mencionar aqui nestas poucas linhas.

A todos aqueles que colaboraram durante este período, em especial ao **Dr. Bruno Tomio Goto** (UFRN) e a doutoranda **Danielle Karla Alves da Silva** (PPGBF, UFPE), pela identificação e confirmação dos táxons de fungos micorrízicos arbusculares.

Um agradecimento a todos os professores do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal que contribuíram para minha formação.

A todos que direta ou indiretamente colaboraram para a finalização desta etapa tão importante na minha vida.

MUITO OBRIGADO!!!

*Confia no Senhor de todo o teu coração,
e não te estribes no teu próprio entendimento.*

Reconhece-o em todos os teus caminhos,

e Ele endireitará as tuas veredas.

Ps. 3. 5-6

Bíblia Sagrada

RESUMO GERAL

Objetivou-se avaliar a influência de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e da adubação com superfosfato simples ou com bagaço de cana-de-açúcar enriquecido com torta de filtro sobre o desenvolvimento vegetativo e a composição químico-bromatológica de plantas de mandioca variedade 'Engana ladrão' e de pornuncia. No primeiro experimento aplicou-se superfosfato simples e inóculos de FMA em plantas de mandioca var. 'Engana ladrão', sendo constatado que plantas inoculadas com *Claroideoglomus etunicatum* apresentavam maior desenvolvimento, porém sem diferir do controle. Por outro lado, plantas inoculadas com *Gigaspora albida* tinham maiores teores de S, Mg e Zn na parte aérea do que plantas não micorrizadas. Nas condições deste estudo, não se constatou responsividade da variedade engana ladrão à adubação fosfatada. Para verificar se a resposta das plantas era dependente da quantidade de inóculo de FMA, realizou-se um segundo experimento com doses crescentes de glomerosporos (0, 100, 200 e 400). Neste experimento foi confirmado que a variedade de mandioca testada não é responsiva à micorrização, embora seja amplamente conhecido que os FMA afetam positivamente o desenvolvimento de plantas de *Manihot esculenta*. No terceiro experimento testou-se a viabilidade do uso de bagaço de cana-de-açúcar enriquecido com torta de filtro sobre a micorrização e o desenvolvimento de plantas de mandioca variedade 'Engana ladrão'. Constatou-se que a adubação com bagaço de cana-de-açúcar a partir da dose de 10 % incrementa o desenvolvimento vegetativo e a composição químico-bromatológica de plantas de mandioca da variedade 'Engana ladrão', além de não afetar a colonização micorrízica. No quarto experimento foi avaliado pela primeira vez o efeito da adubação fosfata e da inoculação com FMA sobre o desenvolvimento de plantas de pornuncia, híbrido de *M. glaziovii* e *M. esculenta*. Constatou-se que estas plantas são responsivas à micorrização em termos de melhoria no desenvolvimento vegetativo e composição químico-bromatológica. Conclui-se que a utilização de inoculação micorrízica em plantas de *Manihot esculenta* deve ser feita com cautela, pois nem toda variedade responde à micorrização. A variedade 'Engana ladrão' também não responde à adubação fosfatada, mas pode ter seu desenvolvimento incrementado com adição de 10% de bagaço de cana-de-açúcar enriquecido. Por outro lado, a inoculação com FMA em plantas do híbrido pornuncia incrementa o acúmulo de biomassa e contribui para o teor de proteína bruta.

PALAVRAS-CHAVE: Fósforo. Mandioca. Matéria orgânica. Micorriza. Pornuncia.

ABSTRACT

The aim of this work was to evaluate the influence of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and addition of simple superphosphate or sugarcane bagasse enriched with filter cake in chemical composition and vegetative development of cassava plants variety 'Engana ladrão' and hybrid pornuncia. In the first experiment, phosphate fertilization and AMF inoculation were applied in cassava plants of the 'Engana ladrão' variety, being verified that the plant inoculated with *Claroideoglosum etunicatum* had increased in the development, although not differing from the control plants. On the other hand, plants inoculated with *Gigaspora albida* had higher S, Mg and Zn concentrations in shoots than the control. In this study, the 'Engana ladrão' variety showed no responsiveness to applied phosphorus. In order to verify if the responsiveness of the plant was dependent on density of AMF inoculum, a second experiment was made utilizing different numbers of glomerospores (0, 100, 200 and 400). Although it's widely known that AMF positively affects the development of *Manihot esculenta* plants, this experiment confirmed that the variety of cassava tested is not responsive to mycorrhizas. In the third experiment, the viability of using sugarcane bagasse enriched with filter cake in the development of plants variety 'Engana ladrão' and on mycorrhizal parameters was tested. It was verified that the 10% of sugarcane bagasse with filter cake improves the vegetative development and the chemical composition of plants variety 'Engana ladrão', as well as not affecting the mycorrhizal colonization. In the fourth experiment it was assessed, for the first time, the effect of phosphate fertilization and inoculation with AMF in the development of plants of pornuncia, a hybrid of *M. glaziovii* and *M. esculenta*. The results show that these plants are responsive to mycorrhizas for improvement of vegetative development and chemical composition. In conclusion, the use of AMF inoculation in plants of *Manihot esculenta* should be managed with caution because not every variety was responsive to mycorrhizas. The variety 'Engana Ladrão' was not responsive to applied phosphorus, but its development can be increased with the addition of 10% of sugarcane bagasse enriched with filter cake. On the other hand, inoculation with AMF in plants of hybrid pornuncia increases the accumulation of biomass and contributes to the proportion of crude protein.

KEY WORDS: Phosphorus. Cassava. Organic matter. Mycorrhizae. Pornuncia.

LISTA DE TABELAS

	Pág.
ARTIGO 01	
Tabela 1. Variáveis de crescimento de plantas de mandioca variedade ‘ <i>Engana ladrão</i> ’ inoculadas ou não (NI) com <i>Claroideoglossum etunicatum</i> (CE) e <i>Gigaspora albida</i> (GA), após 90 dias em casa de vegetação.	47
Tabela 2. Variáveis micorrízica e conteúdo de nutrientes na parte aérea de plantas de mandioca variedade ‘ <i>Engana ladrão</i> ’ inoculadas ou não (NI) com <i>Claroideoglossum etunicatum</i> (CE) e <i>Gigaspora albida</i> (GA), após 90 dias em casa de vegetação.	47
Tabela 3. Variáveis de crescimento e micorrízico em plantas de mandioca variedade ‘ <i>Engana ladrão</i> ’, inoculadas com diferentes doses de glomerosporos de <i>Claroideoglossum etunicatum</i> , após 90 dias em casa de vegetação.	47
Tabela 4. Análise químico-bromatológica de plantas de mandioca variedade ‘ <i>Engana ladrão</i> ’ inoculadas com diferentes doses de glomerosporos de <i>Claroideoglossum etunicatum</i> , após 90 dias em casa de vegetação.	48
ARTIGO 02	
Tabela 1. Caracterização química do Neossolo quartzarênico (NEO) e do bagaço de cana-de-açúcar enriquecida com torta de filtro (BCE) utilizados em experimento com plantas de mandioca variedade ‘ <i>Engana ladrão</i> ’ em casa de vegetação.	59
Tabela 2. Variáveis de crescimento e micorrízicos em plantas de mandioca variedade ‘ <i>Engana ladrão</i> ’ cultivadas com diferentes tratamentos (0, 5, 10, e 15 %) de adubação com bagaço de cana-de-açúcar enriquecida com torta de filtro, após 90 dias de cultivo em casa de vegetação.	59
Tabela 3. Análise químico-bromatológica de plantas de mandioca variedade ‘ <i>Engana ladrão</i> ’ cultivadas com diferentes tratamentos (0, 5, 10 e 15 %) de adubação com bagaço de cana-de-açúcar enriquecida com torta de filtro, após 90 dias em casa de vegetação.	59
ARTIGO 03	
Tabela 1. Variáveis de crescimento vegetativo e micorrízico em plantas de pornuncia inoculadas ou não (NI) com <i>Claroideoglossum etunicatum</i> (CE) e <i>Gigaspora albida</i> (GA), após 90 dias em casa de vegetação.	74
Tabela 2. Composição químico-bromatológica de plantas de pornuncia inoculadas ou não (NI) com <i>Claroideoglossum etunicatum</i> (CE) e <i>Gigaspora albida</i> (GA), após 90 dias em casa de vegetação.	74

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
ARTIGO 01	
Figura 1. Teor de cálcio (Ca), cobre (Cu), sódio (Na) e ferro (Fe) na parte aérea de plantas de mandioca variedade 'Engana ladrão' inoculadas ou não (NI) com <i>Claroideoglossum etunicatum</i> (CE) e <i>Gigaspora albida</i> (GA) e adubadas ou não com doses crescentes de superfosfato simples (5,14 mg/dm ³ , 49,3 mg/dm ³ , 98,6 mg/dm ³ , 197,2 mg/dm ³), após 90 dias em casa de vegetação.	48
ARTIGO 03	
Figura 1. Efeito da adubação com superfosfato simples sobre o percentual de colonização micorrízica (CM) e teor de fibra em detergente neutro (FDN) em plantas de pornuncia, após 90 dias em casa de vegetação. Médias seguidas pela mesma letra dentro do tratamento não diferem significativamente (P>0,07).	74

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Kg	Quilograma
g	Gramma
mg	Miligrama
ha	Hectare
ml	Mililitro
dm³	Decímetro cúbico
cm	Centímetro
Log	Logaritmo
h	Hora
ton	Tonelada
°C	Graus Celsius
h.ano⁻¹	Hora/ano
mm.h.ano⁻¹	Milímetro.hora.ano
%	Porcentagem

SUMÁRIO

	Pág.
RESUMO.....	9
ABSTRACT.....	10
LISTA DE TABELAS.....	11
LISTA DE FÍGURAS.....	12
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	13
1. INTRODUÇÃO.....	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
2.1 Recursos e potencial forrageiro do bioma Caatinga, com ênfase em plantas de <i>Manihot</i>	19
2.2 Adubação fosfatada e orgânica em plantas do gênero <i>Manihot</i> ..	22
2.3 Fungos micorrízicos arbusculares – FMA.....	25
2.4 Simbiose e responsividade micorrízica em plantas do gênero <i>Manihot</i>	27
3. ARTIGO 1 – Aplicação de fungos micorrízicos arbusculares e superfosfato simples em plantas de mandioca.....	30
Resumo.....	31
Introdução.....	32
Material e Métodos.....	33
Resultados e Discussão.....	36
Conclusões.....	41
Agradecimentos.....	42
Referências Bibliográficas.....	42
4. ARTIGO 2 – Desenvolvimento vegetativo e associação	49

micorrízica em plantas de mandioca adubadas com resíduo agroindustrial.....	
Resumo.....	51
Introdução.....	52
Material e Métodos.....	53
Resultados e Discussão.....	54
Conclusões.....	56
Agradecimentos.....	56
Referências Bibliográficas.....	56
5. ARTIGO 3 – Fungos micorrízicos arbusculares em plantas de	61
Pornuncia.....	
Resumo.....	62
Introdução.....	63
Material e Métodos.....	64
Resultados e Discussão.....	66
Conclusões.....	69
Agradecimentos.....	69
Referências Bibliográficas.....	70
6. CONCLUSÕES GERAIS.....	75
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS GERAIS.....	76

1. INTRODUÇÃO

A região semiárida do Brasil compreende uma área de aproximadamente 969.589,4 km², sendo caracterizada por médias térmicas elevadas, alta taxa de evapotranspiração e baixa precipitação pluviométrica (Ministério da Integração Nacional, 2004). Ab'Saber (1990) e Maia (2004) ressaltam a existência de dois períodos climáticos (chuvoso e seco), o primeiro ocorre de três a cinco meses, de forma irregular e mal distribuída e o segundo de ocorrência mais prolongada, de sete a nove meses.

O submédio Vale do São Francisco localizado no semiárido brasileiro destaca-se economicamente em nível nacional e internacional, devido ao sucesso e expansão da fruticultura irrigada. Por outro lado, a pecuária nessa região, baseada na caprinovinocultura, vem se expandindo, em virtude da adaptação destes animais às condições climáticas desta região. Segundo o censo agropecuário realizado pelo IBGE (2006), a região Nordeste do Brasil é detentora de um efetivo animal da ordem de 6.470.893 e 7.790.624 animais, para caprino e ovino, respectivamente.

Apesar de esse número ser expressivo, a pecuária nessa região apresenta alguns entraves para a sua expansão, como os baixos índices zootécnicos, decorrentes da prática da pecuária extensiva e da baixa produção das plantas forrageiras, principalmente durante os períodos de seca, resultando no efeito sazonal de oferta de forragem para os animais ruminantes (Oliveira, 2010). Assim, no período seco do ano acentua-se o “déficit nutricional” nos animais devido à ausência de plantas forrageiras com alto teor de proteína bruta e alta digestibilidade, comprometendo o desempenho produtivo dos animais criados no semiárido brasileiro (Ferreira et al., 2009).

Estudo realizado por Silva et al. (2009) destaca o potencial bromatológico de diversas espécies vegetais nativas ou cultivadas encontradas no bioma Caatinga. Dentre essas, encontram-se as do gênero *Manihot*, a exemplo da mandioca, que podem ser direcionadas tanto para a alimentação humana como para a composição de dieta alimentar dos animais fato relacionada ao elevado teor de carboidratos nas suas raízes e proteína bruta na parte aérea (Almeida et al., 1987; Parry et al., 2005).

Ressalta-se ainda que incrementos na produtividade dessas plantas podem ser alcançados por meio da aplicação de fertilizantes fosfatados e adição de matéria

orgânica ao solo, suprindo assim a exigência nutricional das plantas, principalmente para o fósforo, visto que a maioria dos solos tropicais possui baixa disponibilidade deste nutriente (Prado, 2008). Fidalski (1999) reportou que plantas de *Manihot esculenta* Crantz (mandioca) adubadas com 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ apresentaram 5 % de incremento na produção de raízes quando comparada a plantas mantidas sem adição de P₂O₅.

O fósforo é um recurso natural não renovável e o Brasil é dependente de sua importação, o que onera os custos de produção, em especial para os pequenos produtores da região semiárida do Brasil. O uso de matéria orgânica pode contribuir para aumentar o desenvolvimento de plantas de mandioca. Vasconcelos et al. (2010) demonstraram que a aplicação de esterco bovino e resíduo da digestão de bovinos no cultivo de mandioca resultou em maior produção de biomassa fresca e seca aérea e acúmulo de nitrogênio na parte aérea das plantas quando comparado ao tratamento com fertilizantes químicos.

Entre as alternativas que visam à redução de aplicação e maior eficiência na utilização dos elementos minerais do solo está a inoculação com fungos micorrízicos arbusculares (FMA), os quais formam associação simbiótica mutualística obrigatória com a maioria das espécies vegetais terrestres (Brundrett, 2002). Esses fungos atuam como uma extensão do sistema radicular das plantas hospedeiras, potencializando o desenvolvimento e produzindo aumento do crescimento, fato atribuído ao incremento na absorção de nutrientes do solo, principalmente os de baixa mobilidade, como o fósforo (Moreira et al., 2010). Além disso, possibilitam melhorias no estado fisiológico das plantas, devido ao aumento da absorção de água por meio do micélio fúngico, principalmente em condições de estresse hídrico (Smith & Read, 2008).

Efeitos benéficos da micorrização em plantas de mandioca têm sido registrados por vários pesquisadores (Kang et al., 1980; Howeler & Sieverding, 1983; Sieverding, 1991), sendo observado entre outros, aumento da produção de biomassa (Liasu et al., 2005; Okon et al., 2010).

Estudos para selecionar as melhores combinações de FMA x adubação fosfatada e/ou orgânica devem ser realizados, para gerar tecnologias que favoreçam o desenvolvimento de plantas com maior vigor e elevado conteúdo nutricional do gênero *Manihot*. O presente estudo objetivou avaliar o efeito da inoculação

micorrízica, adubação fosfatada e orgânica no crescimento inicial, composição químico-bromatológica e associação micorrízica em plantas do gênero *Manihot* sp..

2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

2.1 Recursos e potencial forrageiro do bioma Caatinga com ênfase em plantas do gênero *Manihot*

O bioma Caatinga, principal vegetação da região semiárida do Brasil, apresenta-se heterogêneo no tocante aos seus recursos vegetais, com destaque para espécies que apresentam potencial de utilização forrageira, podendo constituir parte de a dieta alimentar dos animais (Moraes & Vasconcelos, 2007). Segundo Peter (1992), aproximadamente 70 % da composição botânica da Caatinga apresenta expressiva participação na composição da dieta alimentar de caprinos e ovinos. Tal fato é relevante, considerando que a região Nordeste do Brasil detém 6.470.893 cabeças de caprinos e 7.790.624 cabeças de ovinos, ocupando o primeiro lugar em efetivo para estes rebanhos, comparada às demais regiões do país (IBGE, 2006).

Visto que muitas espécies vegetais nativas da Caatinga possuem como principal característica a resistência à seca (Cunha & Ferreira, 2003 e Maia, 2004), estudos relacionados à seleção de espécies nativas ou cultivadas na Caatinga capazes de produzir forragem em quantidade e qualidade sem restrição à estação climática são desejáveis, logo constituem parte da dieta alimentar dos pequenos ruminantes. Avaliando diversas espécies vegetais, (Oliveira & Silva, 1988) constataram que plantas de *Bauhinia cheilanta* (Bong.) Steud., apresentavam maior produção de matéria seca/ha/ano (3.182,0 Kg), porém plantas de *Cajanus cajan* (L.) Huth acumulavam mais proteína bruta (24,63 %) e de *Clitoria ternatea* L. mais fósforo (0,18 %).

Araújo Filho & Crispim (2002) mencionam que a produção total de biomassa foliar das espécies lenhosas e herbáceas da Caatinga pode alcançar valores médios de 4,0 ton/ha/ano, ressaltando que dentre as famílias mais representativas na região semiárida a Euphorbiaceae destaca-se com as espécies do gênero *Manihot* (Filho & Bakke, 2010; Bakke et al., 2010)

Espécies de *Manihot* constituem um dos grupos com potencial forrageiro mais importante para a região semiárida do Brasil (Moraes & Vasconcelos, 2007). Plantas de *Manihot esculenta* Cranz. (mandioca), por exemplo, apresentam em sua composição químico-bromatológica, carboidratos, proteínas, vitaminas e minerais, podendo seu fornecimento ser *in natura* ou como forragem conservada, seja na forma de feno ou silagem (Souza & Fialho, 2003).

A mandioca, originária do continente americano, provavelmente do Brasil Central (Otsubo et al., 2002), é um arbusto que pode alcançar até cinco metros de altura, são glabras (com ausência de pelos nas folhas), com folhas caducas e frutos capsulados globosos e rugosos (Teixeira, 1987). A mandioca é cultivada em extensa área do globo terrestre, concentrados na faixa de 30° de latitude de norte a sul, principalmente em solos arenosos, onde problemas de erosão são mais acentuados (Santos et al., 2009).

Segundo a FAO (2003), a cultura da mandioca é responsável por uma produção média de 185 milhões de ton/ano de raízes, representando a sexta cultura em termos de produção mundial. A produção total de mandioca no Brasil supera 26 ton/MS/ha, porém o rendimento dessa produção alcança aproximadamente 14 ton/MS/ha (IBGE, 2009 e 2011). Neste contexto, a região Nordeste é detentora de maior parte da produção nacional, representada por 42 %, enquanto que as demais regiões produzem 29,3 % (Norte), 24,5 % (Sul), 9,6 % (Sudeste) e 4,9 % (Centro-oeste).

A mandioca tem ampla diversidade de utilização, haja vista a sua aplicação na alimentação humana e na constituição da dieta alimentar de animais, ruminantes ou não ruminantes (Ferreira et al., 2009).

Plantas de mandioca podem ter produção de raízes frescas e de parte aérea variando, respectivamente, de 25 a 40 ton/ha/ano e de 5 a 10 ton/ha/ano, elevado potencial de produtividade, alto valor nutritivo, resistência à seca e baixa exigência em termos de fertilidade do solo (Almeida & Filho, 2005). Embora as plantas de mandioca não tenham exigência de solos muito férteis, a produção de raízes pode ser incrementada com a adição de adubação (NPK) (Fidalski, 1999). Souza & Fialho (2003) sugerem que plantas de mandioca sejam cultivadas em solos profundos e friáveis, arenosos ou de textura média, que possuem maior drenagem, de forma a facilitar a colheita, possibilitar o crescimento das raízes e melhorar assim a formação de tubérculos.

O uso de adubação orgânica também pode favorecer o desenvolvimento de plantas de mandioca. Incorporando adubos verdes ao solo Amabile et al. (1994) obtiveram produção de aproximadamente 344.000 Kg/ha de raízes em 18 meses de cultivo. A produtividade pode ser aumentada para 350.000 Kg/ha/ano de raízes *in natura* com a aplicação de manipueira (Ferreira et al., 2001). Em sistema de plantio direto, Filho et al. (2003) obtiveram valores médios de 46 kg/ha de raízes em plantas de mandioca cultivadas por 17 meses.

Avaliando diferentes cultivares de mandioca, Ceni et al. (2009) constataram que em 100 g de biomassa seca da parte aérea é possível obter médias de 32 g de sólidos totais, 916 mg de cinzas e 31 g de amido, além de acúmulo de Ca, Na, Mg, K, Fe e Cu. Parry et al. (2005) observaram incrementos nos teores de N, P, K, Ca, S, Mg, B, Fe, Mn e Zn em folhas e ramos de mandioca, sendo os acúmulos variáveis e dependentes da adubação aplicada ao solo.

Dentre as diversas formas de utilização da mandioca na alimentação animal, têm-se o feno das folhagens e dos ramos, processo que resulta no aumento do teor de vitaminas A, C e do complexo B e minerais como Ca e Fe, e possibilita redução no teor de ácido cianídrico, diminuindo assim os problemas de toxicidade nos animais pelo consumo da planta *in natura* (Parry et al., 2005; Silva & Filho, 2007). Além disso, a partir da parte aérea pode ser produzida silagem, que pode substituir a silagem do milho em até 60 % (Modesto et al., 2009).

Em relação à composição químico-bromatológica em plantas de mandioca, Costa et al. (2010) avaliaram a raspa integral de diferentes variedades e constataram teor de proteína bruta variando entre 1,97 a 2,05 % e digestibilidade *in vitro* da matéria seca acima de 77 %.

Dentre as diferentes variedades de mandioca destaca-se a 'Engana ladrão' (TSA01/BGM1269) que segundo Silva et al. (2009), apresenta excelente crescimento vegetativo e retenção foliar, constituindo variedade com potencial forrageiro, fato atribuído à maior produção de biomassa aérea (Silva & Santana, 2005). Além disso, essa variedade apresenta tolerância ao déficit hídrico, principal problemática da região semiárida (Fiuza, 2010).

Além da mandioca, a pornuncia (*Manihot* sp.), considerada híbrido natural entre a mandioca e a maniçoba (*Manihot glaziovii* Muell. Arg.) tem importância potencial para a região semiárida do Brasil, visto que apresenta características intermediárias

das espécies progenitoras, sendo tolerante a estresse hídrico intenso e produtora de grandes quantidades de folhas (Dantas et al., 2006).

Silva et al. (2009) sugerem que plantas de pornuncia podem constituir novo recurso forrageiro para alimentação de ruminantes no semiárido brasileiro, seja na forma *in natura*, feno ou silagem da parte aérea. Ferreira et al. (2009) acrescentaram que plantas de pornuncia apresentam maior crescimento (124,88 cm), produção de matéria fresca e seca aérea (1629,47 e 468,31 kg/ha) e proteína bruta (27,58 %) em relação à plantas de mandioca e maniçoba, confirmando o potencial forrageiro da pornuncia na alimentação dos animais na região semiárida do Brasil.

2.2 Adubação fosfatada e orgânica em plantas do gênero *Manihot*

Os elementos que constituem a nutrição das plantas são carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo), níquel (Ni) e zinco (Zn), sendo que os nove primeiros elementos participam na formação dos tecidos vegetais e representam aproximadamente 99 % da biomassa das plantas (Dechen & Nachtigall, 2007).

Esses elementos são encontrados normalmente no solo, considerado a principal fonte de nutrientes para as plantas. O fósforo apresenta-se como um dos macronutrientes mais exigidos para a nutrição vegetal, sendo componente essencial de todo organismo vivo, além de ser considerado o segundo nutriente mais abundante na matéria orgânica do solo (Novaes et al., 2007). No entanto, os solos tropicais apresentam baixa quantidade de fósforo disponível, fato atribuído à sua alta capacidade de adsorção às partículas do solo (Novaes, 1999).

Nesse contexto, o elemento fósforo é considerado fator limitante em todos os agroecossistemas e sua adição ao solo resulta em incrementos na produtividade vegetal (Gomes et al., 2008). Porém a utilização das fontes de fósforo deve ser racionalizada, visto que este elemento constitui recurso natural não renovável (Moreira & Siqueira, 2006). Salieta-se também que plantas e solo competem por este elemento e o potencial hidrogeniônico do solo irá influenciar a sua

disponibilidade, quando elevado pode resultar na sua precipitação, transformando-o em formas de baixa mobilidade e comprometendo a produção agrícola (Novaes et al., 2007).

A importância do fósforo está relacionada ao seu papel na nutrição vegetal, visto que está envolvido em processos relacionados à fotossíntese, respiração celular, armazenamento e transferência de energia (trifosfato de adenosina), divisão e crescimento celular, sendo componente de muitas proteínas, coenzimas, ácidos nucleicos e substâncias metabólicas. O fósforo proporciona rápida formação e crescimento do sistema radicular das plantas, com melhorias na qualidade dos frutos, hortaliças e grãos, e é vital na formação de sementes (Dechen & Nachtigall, 2007).

A deficiência de fósforo nas plantas pode resultar em reduções nas taxas de respiração e fotossíntese, ocorrendo maior acúmulo de carboidratos e resulta na coloração verde escura nas folhas, além disso, pode induzir ao acúmulo de compostos nitrogenados solúveis no tecido vegetal, provocando retardo ou paralisia do crescimento celular, redução do crescimento vegetativo e da produção de biomassa aérea e sementes (Grant et al., 2001).

Os teores de fósforo nas plantas podem variar entre 0,5 a 3,0 g/kg na matéria seca, porém valores superiores a 3,0 g/kg de fósforo nas folhas poderão causar toxicidade (Dechen & Nachtigall, 2007). Assim, para apresentar crescimento normal, é desejável que as plantas tenham valores médios de 1,0 a 1,5 g/kg de fósforo na matéria seca.

Fatores como genótipo, teor de fósforo no solo e associação das plantas com micro-organismos do solo podem influenciar a absorção do fósforo (Bolan, 1991). Alguns micro-organismos pode favorecer a aquisição de P, sendo os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) os mais conhecidos nesse aspecto. O micélio dos FMA estende-se no solo e absorvem a fração mais prontamente disponível de fósforo (ortofosfato) para o consumo biológico, translocando-o às raízes das plantas e incrementando o desenvolvimento (Moreira & Siqueira, 2006), além disto, os FMA apresentam a capacidade de utilização de formas de fósforo aparentemente insolúveis na solução do solo (Smith & Read, 2008).

A responsividade de plantas que apresentam potencial forrageiro a adubação fosfatada é dependente de fatores como genética, manejo agrícola e disponibilidade de fósforo no solo (Araújo et al., 2010). Em plantas de mandioca, Pellet & Sharkany

(1993a) observaram que a produção da parte aérea e radicular, o índice de área foliar, a produção de flores e de frutos é incrementada quando se aplica 100 kg ha⁻¹ de superfosfato simples ao solo, sendo registrado também maior acúmulo de fósforo (Pellet & Sharkany, 1993b). Da mesma forma, Fidalsk (1999) constatou incrementos na produção de raízes em plantas de mandioca adubadas com 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Resultados semelhantes foram verificados em plantas de mandioca por Parry et al. (2005) utilizando superfosfato triplo (28 kg ha⁻¹), sendo obtido maior acúmulo de fósforo nas folhas (2,9 g/kg), ramos (1,2 g/kg) e raízes (0,8 g/kg). Posteriormente, Silva & Filho (2007) obtiveram maior produção de biomassa verde (ton ha⁻¹) em diferentes variedades de mandioca a partir da aplicação de 150 kg há⁻¹ de P₂O₅.

Comparando o efeito da adição de superfosfato simples (20% de P₂O₅) e de esterco ovino (10 ton ha⁻¹), Silva et al., (2010) constataram que a aplicação de fertilizante químico foi mais eficiente na produção total de matéria seca (2516,98 kg ha⁻¹) e altura (185,33 cm) do que a adubação orgânica. Pellet & Sharkany (1993a) ressaltam que à responsividade a aplicação de fósforo em plantas de mandioca depende do equilíbrio entre o crescimento da parte aérea e o armazenamento deste nutriente no sistema radicular, logo, a deficiência deste elemento pode limitar mais intensamente o crescimento da parte aérea do que o desenvolvimento radicular.

Verifica-se que a importância da aplicação de fósforo em plantas de mandioca é atribuída aos incrementos na produtividade dessas plantas, n entanto a aplicação de fósforo de forma intensiva pode ocasionar impactos negativos nos agroecossistemas, pois os fertilizantes fosfatados são considerados agentes eutrofizantes (Gomes et al., 2008).

Nesse contexto, buscam-se alternativas visando à redução parcial ou substituição da aplicação desses fertilizantes na agricultura. Como exemplo tem-se a utilização da matéria orgânica como fonte de nutrientes para as plantas, visto que os resíduos agrícolas (restos de culturas, resíduo de beneficiamento, adubos verdes e esterco) quando adicionados ao solo, disponibilizam parte dos macro e micronutrientes necessários ao desenvolvimento vegetal; promovendo aumento na estabilidade estrutural e constituindo fonte de energia para os micro-organismos presentes no solo (Chaves & Oba, 2004).

Amabile et al. (1994) mencionaram que plantas de mandioca apresentaram incrementos na produção de raízes e no teor de amido com a adição de adubação verde. Ferreira et al. (2001) relataram que a aplicação de manipueira (resíduo

oriundo da agroindústria da mandioca) proporcionou produção média de 35 ton de raízes de mandioca, sendo essa produção superior a média das plantas cultivadas na ausência de adubação orgânica. A adubação de 4 ton/ha de húmus de minhoca em plantas de mandioca, resultou em incrementos de até quatro vezes na produção de raízes em relação ao tratamento sem adição do resíduo (Miranda et al., 2004). Enquanto que a adição de esterco bovino, ovino e caprino em plantas de maniçoba proporcionou maior produção de folhas na matéria natural e seca (Beltrão et al., 2008).

A adubação com esterco bovino proporcionou maior produção de matéria verde e comprimento dos galhos, enquanto a adição de resíduo da digestão de bovinos incrementou, além da produção de matéria verde e seca aérea, a proteína bruta e o número de folhas em plantas de *Manihot* spp (Vasconcelos et al., 2010). De forma similar, Ferreira et al. (2010) encontraram maior número de raízes, brotações e biomassa seca radicular em plantas de maniçoba adubadas com esterco bovino.

Desta forma, verifica-se o potencial da adição de matéria orgânica ao cultivo de plantas de *Manihot* spp., visando redução ou substituição dos fertilizantes fosfatados e diminuição dos custos de produção agrícola, principalmente para os pequenos produtores da região semiárida do Brasil.

2.3 Fungos micorrízicos arbusculares – FMA

Dentre os componentes da comunidade microbiana do solo, os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) pertencentes à divisão Glomeromycota (Schüßler et al., 2001), estão amplamente distribuídos nos ecossistemas terrestres, desde florestais a desérticos, sendo particularmente importantes para as regiões tropicais e representando a mais ampla associação entre plantas e fungos encontrada na natureza (Saggin-Júnior & Siqueira 1996).

Os FMA coevoluíram com as plantas terrestres, sendo esta associação considerada regra e não exceção na natureza (Moreira & Siqueira, 2006), visto que mais de 90 % das representantes de famílias das angiospermas, gimnospermas, pteridófitas e briófitas formam simbiose com os FMA incluindo as de interesse

agronômico, florestal e forrageiro, fato atribuído à ausência de especificidade entre os FMA e as plantas (Smith & Read, 2008).

Nesta associação, as plantas, por meio da fotossíntese, fornecem fotoassimilados (carboidratos) para a sobrevivência e multiplicação dos FMA, enquanto os fungos aumentam a absorção de nutrientes e água do solo, transferindo-os para as raízes das plantas, estabelecendo-se assim a simbiose mutualística (Smith & Read, 2008). Devido à expansão do sistema radicular e consequente aumento na absorção de nutrientes e água, a micorriza potencializa o desenvolvimento das plantas, melhorando o estado nutricional e fisiológico (Moreira et al., 2010).

Os FMA produzem estruturas denominadas arbúsculos, formados pela intensa ramificação de hifas intracelulares e são responsáveis pela troca de nutrientes entre os simbiossiontes. Dependendo do gênero podem apresentar vesículas, estruturas globosas ou alongadas contendo grânulos de glicogênio e lipídios, consideradas estruturas de estocagem e são formadas entre as células do córtex da raiz das plantas. Os FMA apresentam ainda hifas intra e extrarradiculares e glomerosporos, são estruturas de resistência responsáveis pela disseminação e sobrevivência desses fungos (Siqueira et al., 2002)

Os FMA proporcionam às plantas incrementos na absorção de nutrientes de baixa mobilidade, como fósforo, zinco e cobre, redução do estresse provocado por ataque de patógenos e nematóides (Berbara et al., 2005), maior vigor e sanidade (Alarcón & Ferrera-Cerrato 1999), maior taxa de sobrevivência e crescimento após o transplante (Saggin-junior & Siqueira 1996), contribuindo para a restauração ecológica, preservação e manutenção de espécies vegetais em extinção (Matos et al., 1999).

Os FMA podem ser utilizados como biofertilizantes, promovendo maior absorção e utilização de nutrientes do solo; como biorreguladores, no tocante à produção e acúmulo de substâncias reguladoras do crescimento, como biocontroladores, minimizando os estresses abióticos e promovendo maior agregação das partículas do solo por meio da produção e liberação de uma glicoproteína denominada glomalina (Smith & Read, 2008). Os FMA apresentam importância para regiões áridas e semiáridas, devido ao incremento na nutrição mineral, principalmente em solos pobres em fósforo e nitrogênio (Montaño et al., 2007).

Estudos relacionados à condição micorrízica e inoculação com propágulos de FMA em espécies vegetais forrageiras nativas e/ou cultivadas da Caatinga são importantes visando à utilização desses fungos na melhoria da produtividade vegetal e redução nos insumos externos para produtores desta região, considerando o potencial biotecnológico que apresentam.

A utilização de FMA pode reduzir os custos de produção agrícola pela diminuição da aplicação de fertilizantes fosfatados e maior eficiência no uso da água. Diniz (2006) afirma que a inoculação com FMA em mudas de espécies nativas ou cultivadas da Caatinga constitui alternativa promissora para ampliar a possibilidade de sucesso de agrossistemas na região semiárida do Brasil. Assim, a produção de mudas de espécies vegetais com potencial forrageiro micorrizadas poderá contribuir de forma significativa para o sucesso e expansão da atividade agropecuária na região mencionada.

2.4 Simbiose e responsividade micorrízica em plantas do gênero *Manihot*

Plantas de mandioca apresentam sistema radicular grosso, formando tubérculos com poucos pêlos absorventes, resultando em menor superfície específica para absorção de água e nutrientes do solo (Colozzi-Filho & Nogueira, 2007). Esta característica possibilita que os FMA tenham grande importância para esta cultura (Balota et al., 1997), visto que podem auxiliar no estabelecimento e manutenção das plantas no campo (Sieverding, 1991).

Estudos sobre a condição micorrízica em plantas de mandioca foram realizados por Souza et al. (1999), que registraram a ocorrência de táxons de FMA pertencentes aos gêneros *Acaulospora*, *Gigaspora*, *Glomus* e *Scutellospora* na rizosfera de plantas de mandioca, ressaltando ainda os efeitos benéficos do pré-cultivo com leguminosas e gramíneas para aumentar o potencial infectivo de FMA na rizosfera de mandioca.

Balota et al. (1999) citaram ainda as espécies *Entrophospora colombiana* Spain & N.C. Schenck; *Acaulospora scrobiculata* Trappe; *Acaulospora appendicula*

(=Ambispor appendicula) (Spain, Sieverding & N.C. Schenck) Walker; *Scutellospora pellucida* (T.H. Nicolson & N.C. Schenck) C. Walker & F.E. Sanders e *Scutellospora heterogama* (T.H. Nicol & Gerd.) C. Walker & F.E. Sanders em solos cultivados com plantas de mandioca nos estados do Rio de Janeiro (RJ), Paraná (PR) e São Paulo (SP).

Straker et al. (2010) verificaram a presença de *Glomus rubiforme* (Gerd. & Trappe) Almeida & N.C. Schenck; *G. etunicatum* (= *Claroideoglomus etunicatum*) (W.N. Becker & Gerdemann) C. Walker & A. Schubler; *Gigaspora* sp., *Scutellospora* sp., *A. scrobiculata*, *A. mellea* Spain & N.C. Schenck e *A. tuberculata* Janos & Trappe em solos cultivados na África, ressaltando a diversidade e riqueza de FMA na rizosfera de plantas de mandioca.

A composição de FMA na rizosfera pode ser responsável pela variação na colonização radicular em plantas de mandioca. Os percentuais de colonização micorrízica em plantas de mandioca podem variar de 0 a 45 % (Kang et al., 1980; Howeler et al., 1981 e Balota et al., 1995) 70 até 100 % (Sieverding & Toro, 1989; Balota et al., 1999; Mergulhão, 2001; Oyetunji et al., 2003).

A adição de adubos químicos ao solo cultivado com plantas de mandioca pode ocasionar redução nos percentuais de colonização micorrízica Omoruse & Ayanru (2011). Ruiz et al. (2010) verificaram aumento no percentual de colonização micorrízica em plantas de mandioca com a aplicação de adubação convencional. Da mesma forma, Okon et al. (2010), constataram incrementos na colonização radicular quando se adicionava matéria orgânica ao solo cultivado com mandioca.

Balota et al. (1999) registraram número de glomerosporos na rizosfera de plantas de mandioca variável de 10 a 384/100 mL de solo (Balota et al., 1999); Miranda et al. (2005) observaram número médio de glomerosporos variando de 25 a 183 em 50 g de solo rizosférico de plantas de mandioca cultivados no Cerrado; Mergulhão (2001) utilizou plantas de mandioca para multiplicação de esporos de *E. colombiana* em sistema aeropônico e obteve produção de 3.500 glomerosporos g⁻¹ planta.

A ampla variação nos percentuais de colonização micorrízica e no número de glomerosporos na rizosfera de plantas de mandioca é atribuída às condições específicas de cada estudo.

A eficiência de FMA exóticos e/ou autóctones em promover o desenvolvimento de plantas de mandioca também é bastante variável. Howeler & Sieverding (1983)

constatarem que a inoculação com FMA autóctones proporcionou maior vigor, produção e rendimentos da parte aérea em plantas de mandioca, enquanto Fagbola et al. (1998) verificaram maiores percentuais de colonização micorrízica em plantas de mandioca inoculadas com FMA exótico.

Em geral, a inoculação com FMA em plantas de mandioca resulta em melhorias na absorção de água e nutrientes do solo, proporcionando incremento no vigor das plantas (Howeler et al., 1982), produção de biomassa seca aérea (Howeler et al., 1981; Sieverding & Toro; 1989; Miranda et al., 2005; Okon et al., 2010), biomassa fresca aérea e radicular (Balota et al., 1997; Mergulhão, 2001; Salami et al., 2005; Liasu et al., 2005), número de folhas e gemas (Fagbola et al., 1998 e Liasu et al., 2006), produção de raízes tuberosas (Kang et al., 1980; Azcón-Aguilar et al., 1997; Salami & Omosubi, 2003 e Oyetunji et al., 2003), comprimento e diâmetro do caule (Carretero et al., 2008 e Carretero et al., 2009). Esses parâmetros também podem ser maximizados quando se aplica fertilizantes convencionais ou orgânicos, como verificado por Sieverding (1991).

Plantas de mandioca micorrizadas apresentaram acúmulo de nutrientes na parte aérea e radicular, de P, K, S e Zn nos tecidos vegetais (Zaag et al., 1979; Howeler et al., 1981; Balota et al., 1997 e Okon et al., 2010), de N (Balota et al., 1997; Carretero et al., 2008; Carretero et al., 2009 e Okon et al., 2010) e de Cu e Ca (Carretero et al., 2009) na parte aérea.

Além dos efeitos benéficos proporcionados pela simbiose micorrízica no tocante aos incrementos na produção de matéria seca aérea e radicular e maior acúmulo de nutrientes em plantas de mandioca, Oyetunji et al. (2007) referiram que a inoculação com FMA proporcionou redução do estresse hídrico e incrementou as taxas de fotossíntese. Carretero et al. (2008) relataram que plantas de mandioca micorrizadas submetidas a condições de estresse salino apresentaram maior taxa de sobrevivência.

Desta forma, a inoculação com FMA e aplicação de fósforo e ou matéria orgânica em plantas de mandioca var. 'Engana ladrão' e de pornuncia pode proporcionar melhoria no desenvolvimento vegetativo, incrementando a produção de biomassa aérea e radicular e tolerância dessas plantas às condições adversas de clima e solo, além de maximizar a produção de tubérculos. Entretanto, a responsividade de plantas de *Manihot* à micorrização e aplicação de P pode ser dependente do genótipo das plantas e do fungo.

ARTIGO 01

**APLICAÇÃO DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES E SUPERFOSFATO
SIMPLES EM PLANTAS DE MANDIOCA**

Ciência Rural

(Qualis B2 – Zootecnia/Recursos pesqueiros)

Aplicação de fungos micorrízicos arbusculares e superfosfato simples em plantas de mandioca

RESUMO

Plantas de mandioca têm seu crescimento e nutrição mineral incrementado pela inoculação micorrízica e adubação fosfatada, porém, os benefícios da micorrização podem ser influenciados pela combinação com a variedade estudada. Visto que a variedade de mandioca ‘Engana ladrão’ tem potencial forrageiro e que a aplicação de fungos micorrízicos arbusculares pode incrementar seu desenvolvimento e qualidade bromatológica, este estudo teve como objetivo verificar se a adubação com superfosfato simples e a inoculação com diferentes isolados de FMA e ainda, se o número de glomerosporos pode afetar o desenvolvimento vegetativo, a composição químico-bromatológica e a associação micorrízica em plantas de *Manihot esculenta* variedade ‘Engana ladrão’. Realizaram-se dois experimentos em delineamento inteiramente casualizado, o primeiro com quatro doses de superfosfato simples (**P1** - 5,14 mg/dm³, **P2** - 49,3 mg/dm³, **P3** - 98,6 mg/dm³, **P4** - 197,2 mg/dm³) e 100 glomerosporos de FMA (**CE** - *Claroideoglomus etunicatum*, **GA** - *Gigaspora albida* e **NI** - Não inoculado), em 05 repetições; e o segundo com diferentes número de glomerosporos do isolado *C. etunicatum* (**C1** – 0, **C2** – 100, **C3** – 200, **C4** - 400), em 07 repetições. A micorrização proporcionou melhorias na estrutura e acúmulo de Mn, Zn e S na parte aérea de plantas da variedade ‘Engana ladrão’. A aplicação de superfosfato simples a partir da dose P3 proporcionou aumento nos teores de Cu e Na em plantas micorrizadas por CE, por outro lado, as plantas micorrizada por GA tiveram redução nos teores de Cu e Ca a partir da adição da dose P2 no solo. Plantas de mandioca da variedade ‘Engana ladrão’ não apresentam responsividade à micorrização e à adubação fosfatada para o crescimento vegetativo, no entanto a inoculação com GA aumenta o teor de nutrientes na parte aérea. Visto que o a inoculação com número superior a 200 glomerosporos de *C. etunicatum* possibilita acúmulo de biomassa fresca da raiz e acúmulo de proteína bruta em plantas da variedade

‘Engana ladrão’, a resposta nula obtida no 1º experimento pode estar relacionada à quantidade de inóculo aplicada.

Palavras chaves: bromatologia, eficiência micorrízica, forragicultura, *Manihot esculenta*, glomerosporos.

INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), planta da família Euphorbiaceae constitui fonte de carboidrato e vitamina C (CARRETERO et al., 2008), apresentando elevado teor de minerais (6,93 %), de proteína bruta (26,19 %), de fibra em detergente neutro (37,97 %) e alta digestibilidade *in vitro* da matéria seca (46,96 %), sendo considerada de grande potencial forrageiro (FERREIRA et al., 2009). Além disto, essas plantas podem ser manejadas em solos com baixa fertilidade natural (NASSAR & ORTIZ, 2006) fato que, segundo HOWELER et al. (1982), está relacionado à simbiose com fungos micorrízicos arbusculares (FMA). Esses fungos atuam como complemento do sistema radicular das plantas hospedeiras, incrementando assim a absorção de água e nutrientes do solo, principalmente o fósforo, demonstrando grande potencial para aplicação na agricultura (COLOZZI FILHO & CARDOSO, 2000).

ZAAG et al. (1979) constataram maior produção de raízes e acúmulo de P na parte aérea de plantas de mandioca micorrizadas e cultivadas em solos com baixo teor de P em comparação com plantas não inoculadas. SIEVERDING & TORO (1989) acrescentaram que aumento na produção de biomassa seca aérea em plantas de mandioca micorrizadas pode ser obtida com menor aplicação de P. HABTE & BYAPPANAHALLI (1994) verificaram que a micorrização e adubação com P atuam na melhoria do desenvolvimento vegetativo de plantas de mandioca.

Os resultados advindos da inoculação de plantas com FMA podem variar a depender das espécies de FMA e do número de glomerosporos presentes no inóculo. SIQUEIRA et al. (1994) obtiveram maior altura e produção de biomassa aérea em plantas de *Coffea arabica* L. a partir da

inoculação com apenas 100 glomerosporos de *Gigaspora margarita* W.N. Becker & I.R. Hall. Igual número de glomerosporos de um isolado de *Gigaspora albida* N.C. Schenck & G.S. Smith também foi suficiente para incrementar a produção de biomassa seca aérea, altura, área foliar e diâmetro do caule em plantas de *Hancornia speciosa* Gomes (COSTA et al., 2003). Em outras espécies, como *Passiflora alata* Curtis, SILVA et al. (2009) verificaram maior crescimento vegetativo e percentual de colonização micorrízica quando se inoculou 200 glomerosporos de *Gigaspora albida* Schenck & Smith.

Esses resultados demonstram a necessidade de se verificar se o número de glomerosporos pode afetar a respostas das plantas à micorrização, bem como estabelecer a dose ideal de inoculante micorrízico para obter o máximo desenvolvimento e melhoria no estado nutricional das plantas. Diante do exposto e visando o melhor uso dos recursos microbianos com redução dos impactos ocasionados pelos fertilizantes fosfatados em agrossistemas, o presente estudo objetivou verificar se a adubação com superfosfato simples e a inoculação com diferentes isolados de FMA e ainda, se o número de glomerosporos pode afetar o desenvolvimento vegetativo, a composição químico-bromatológica e a associação micorrízica em plantas de *Manihot esculenta* variedade 'Engana ladrão'.

MATERIAL E MÉTODOS

Experimento 1- Efeito de SFS e FMA

Foi realizado um experimento em casa de vegetação, em delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial com aplicação de quatro doses de adubação com superfosfato simples (SFS) (**P1** - natural do solo com 5,14 mg/dm³, **P2** - 49,3 mg/dm³, **P3** - com 98,6 mg/dm³ (recomendada), **P4** - 197,2 mg/dm³) e três tratamentos de inoculação (**CE** - *Claroideoglobus etunicatum* "Univasf 06", **GA** - *Gigaspora albida* "Univasf 31", **NI** - Não inoculado), em cinco repetições.

Utilizou-se solo do tipo Neossolo Quartzarênico, seco ao ar, destorroado, homogeneizado, peneirado em malhas de 2 mm, esterilizado em autoclave a 120 °C por 1 hora, por dois períodos consecutivos e apresentando as seguintes características: 4,76 g/kg de M.O.; pH 5,7; C.E. 0,1 dS/m;

5,14 mg/dm³ de P; 0,25 cmol_c/dm³ de K; 1,7 cmol_c/dm³ de Ca; 0,6 cmol_c/dm³ de Mg; 0,1 cmol_c/dm³ de Na e 0,05 cmol_c/dm³ de Al.

Os isolados de FMA utilizados foram provenientes do Banco de Inóculos de FMA do Laboratório de Microbiologia, CCA/Univasf, onde são mantidos sob refrigeração a ± 4 °C. Os isolados foram multiplicados por 90 dias em substratos constituídos de solo (Neossolo Quartzarênico) e areia (1:1 v/v), previamente esterilizado a 120 °C por 1h em dois períodos consecutivos, tendo como hospedeiros *Clitoria ternatea* L. e *Sorghum vulgare* Pers. A inoculação com FMA foi feita no momento do transplântio das plântulas para os vasos com os respectivos tratamentos de adubação, aplicando-se suspensão de 100 glomerosporos em cada vaso (2 kg de solo), nos respectivos tratamentos.

Para obtenção de mudas de mandioca variedade Engana ladrão (TSA-1/BGM-1269), oriundas do Banco Ativo de Germoplasma de *Manihot* da Embrapa Semiárido, foram utilizadas manivas com 6,0 a 8,0 cm de comprimento e diâmetro de 10,9 mm para o tratamento CE, 11,55 mm para o tratamento GA e 12,32 mm para o controle, que permaneceram por aproximadamente trinta dias em bandejas com areia autoclavada para o enraizamento e em seguida foram transplantadas para os vasos com os respectivos tratamentos de FMA e doses de superfosfato simples.

As plantas foram irrigadas diariamente e após 90 dias eram avaliadas quanto a: altura (ALT) medindo a distância entre o nível do solo e a inserção do broto terminal na haste principal, número de folhas (NF), diâmetro do ramo principal à altura do colo da planta (DR) medido a cinco centímetros acima do colo das plantas com auxílio de paquímetro digital. Após avaliação das biomassas fresca aérea e radicular (BFA e BFR) o material foi seco em estufa de circulação de ar forçada a 65 °C por 72 horas para: (a) determinação das biomassas seca aérea e radicular (BSA e BSR) (SILVA & QUEIROZ, 2002), (b) conteúdo de nutrientes da parte aérea com base na metodologia de MILLER (1997), (c) avaliação do número de glomerosporos (NG), após extração do solo pelo método de peneiramento úmido (GERDEMANN & NICOLSON, 1963) e centrifugação do solo em água e sacarose 40 % (JENKINS, 1964), (d) colonização micorrízica (CM) pelo método de interseção dos

quadrantes (GIOVANETTI & MOSSE, 1980), após processamento das raízes pela técnica de PHILLIPS & HAYMAN (1970).

Os dados de CM foram transformados em raiz quadrada de $x/100$ e os de NG em Log de $x+1$ e analisados juntamente com as demais variáveis pelo procedimento GLM do programa estatístico SAS (2003). O grau de ajuste dos modelos foi avaliado pelo coeficiente de determinação e pela significância dos coeficientes de regressão linear e quadrático, testada pelo teste t corrigido com base nos resíduos da análise de variância. As médias de cada tratamento foram obtidas pelo comando LSMEANS. Para as variáveis que foram significativas a 5 % ($p \leq 0,05$) utilizou-se o procedimento REG do programa estatístico SAS (2003).

Experimento 2 – Diferentes quantidades de número de glomerosporos de *C. etunicatum* em plantas de mandioca

Visando determinar se o número de glomerosporos pode ter afetado a resposta do 1º experimento, realizou-se um experimento em casa de vegetação adotando-se delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos de doses de inoculantes de *Claroideoglossum etunicatum* (CE) – Univasf 06 (**C1** – 0 glomerosporos; **C2** – 100 glomerosporos; **C3** – 200 glomerosporos; **C4** – 400 glomerosporos), em sete repetições. Utilizou-se o mesmo solo (Neossolo quartzarênico) adotado no experimento 1. A inoculação com *C. etunicatum* foi realizada no momento do transplante das plântulas pela aplicação de suspensão de glomerosporos nos vasos (2 kg de solo), nos tratamentos correspondentes. As mudas de mandioca variedade Engana ladrão (TSA-1/BGM-1269) foram obtidas conforme descrito no Experimento 1.

Após 90 dias foram avaliadas a: altura (ALT), número de folhas (NF), diâmetro do ramo principal à altura do colo da planta (DR), biomassa fresca aérea e radicular (BFA e BFR), biomassa seca aérea e radicular (BSA e BSR), composição químico-bromatológica das amostras vegetais, em termos de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB),

fibra em detergente neutro e ácido (FDN e FDA), segundo as metodologias descritas por SILVA & QUEIROZ (2002), número de glomerosporos (NG) e colonização micorrízica (CM).

Os dados de CM foram transformados em raiz quadrada de $x/100$ e os de NG em Log de $x+1$ e analisados juntamente com as demais variáveis pelo procedimento GLM do programa estatístico SAS (2003). As médias de cada tratamento foram obtidas pelo comando LSMEANS. Diferenças significativas foram consideradas a 5% ($P < 0,05$). Para as variáveis que foram significativas utilizou-se o teste para polinômios ortogonais lineares e quadráticos do programa estatístico SAS (2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento 1 – Efeito de SPS e FMA

Verificou-se efeito significativo dos tratamentos de inoculação com FMA para as variáveis de crescimento (BFA, BSA, BSR e DR) (Tabela 1), colonização micorrízica, número de glomerosporos e teores de enxofre (S), manganês (Mn) e zinco (Zn) na parte aérea (Tabela 2) de plantas de mandioca variedade ‘Engana ladrão’. Não houve efeito significativo da adubação fosfatada no crescimento das plantas. Constatou-se efeito interativo da adubação fosfatada e inoculação com FMA para os teores de cálcio (Ca), cobre (Cu), ferro (Fe) e sódio (Na) na parte aérea da variedade de mandioca avaliada. (Figura 1).

A variedade de mandioca “Engana ladrão não apresentou responsividade à micorrização e adubação fosfatada para as variáveis de crescimento avaliadas, sugerindo que o genótipo da planta pode ter interferido neste resultado e modulado a simbiose micorrízica. Tal fato também foi constatado por CARRETERO et al. (2009), que verificaram que a responsividade das plantas de mandioca à micorrização variava entre os genótipos estudados. Além disso, é possível que a ausência de resposta verificada neste estudo, esteja relacionada à reserva orgânica presente nas manivas, visto que as plantas inoculadas com FMA possuíam menor diâmetro médio do que as plantas do tratamento não

inoculado. HABTE & BYAPPANHALLI (1994) constataram que a reserva orgânica das manivas, juntamente com o teor de P nas plantas, podem reduzir a necessidade de fósforo para o crescimento inicial de plantas de mandioca.

A inoculação com o isolado *C. etunicatum* em plantas de mandioca var. ‘Engana ladrão’ proporcionou maior DR em relação aos demais tratamentos (Tabela 1), conferindo a essas plantas melhoria na sua estrutura. Plantas micorrizadas com este isolado de FMA tinham 3,25 % mais BSA do que as não micorrizadas e menor relação raiz/parte aérea (Tabela 1), característica desejável para plantas forrageiras. Benefícios da inoculação micorrízica em plantas de mandioca foram obtidos por FAGBOLA et al. (1998), com incrementos de 112 % para BSA e 66,7 % para BSR, demonstrando assim o potencial da inoculação com FMA em favorecer o desenvolvimento e produção de biomassa em plantas de mandioca. Embora SIEVERDING & TORO (1989), BALOTA et al. (1997) e CARRETERO et al. (2009) tenham obtidos incrementos na produção de biomassa em plantas de mandioca devido a inoculação com FMA, em nosso estudo isto não foi observado, fato que pode ser decorrente da variedade estudada e dos isolados de FMA testados.

A inoculação com *G. albida* promoveu maior percentual de colonização radicular do que com *C. etunicatum* (Tabela 2), estas diferenças entre os isolados de FMA também são relatadas por AZCÓN-AGUILAR et al. (1997) que constataram maior percentual de CM em plantas micorrizadas por *G. clarum* (> 60 %) em relação à *G. fasciculatum* (~30 %), confirmando haver relações preferenciais ente hospedeiros vegetais e FMA. Outros trabalhos reportam que a CM pode variar em virtude do isolado de FMA e das condições edáficas, sendo verificado percentuais de 0 a 45 % (KANG et al., 1980; HOWELER et al., 1981; BALOTA et al., 1995) e de 70 – 100 % (SIEVERDING & TORO, 1989; BALOTA et al., 1999; MERGULHÃO, 2001; OYETUNJI et al., 2003).

Foi constatado também que a inoculação com *G. albida* proporcionou maior teor de S, Mn e Zn na parte aérea de plantas de mandioca variedade ‘Engana ladrão’ em relação às plantas não micorrizadas (Tabela 2). O aumento desses nutrientes na parte aérea dessas plantas pode estar relacionado à aplicação de superfosfato simples no solo, resultando em maior disponibilidade de

nutrientes às plantas. Além disso, sugere-se que esse incremento pode ser advindo do maior percentual de CM obtidos nessas plantas com a inoculação com GA, o que pode ter levado a maior absorção de nutrientes no solo por meio do micélio extrarradicular, possibilitando maior área de exploração do solo, como verificado por SABOYA et al. (2012) em plantas de *Jatropha curcas* L. micorrizadas.

Ressalta-se que os teores de S, Mn e Zn na parte aérea das plantas micorrizadas por *G. albida* estão dentro da faixa considerada ideal para o crescimento adequado, conferindo maior desenvolvimento do sistema radicular, vigor e robustez (DECHEN & NACHTIGALL, 2007). Resultados semelhantes foram constatados por SIEVERDING & TORO (1989) em plantas de mandioca micorrizadas e por CARRETERO et al. (2009), que verificaram menor teor de Mn (143,0-174,0 %) e maior teor de Zn (111,0-164,0 %) na parte aérea de diferentes variedades de mandioca inoculadas com *G. intraradices*. Por outro lado, os FMA podem imobilizar temporariamente estes nutrientes nas hifas ou na planta sem que haja crescimento vegetal (MOREIRA & SIQUEIRA 2002), fato que pode ter ocorrido em nosso estudo, visto que as plantas micorrizadas não tiveram desenvolvimento destacado até os 90 dias.

O aumento nas doses de P no solo resultou em respostas distintas dos tratamentos de inoculação para os teores de Ca, Cu, Fe e Na na parte aérea de plantas de mandioca variedade 'Engana ladrão'. Em relação ao Ca, apenas o tratamento com *G. albida* reduziu o teor com o aumento das doses de P, enquanto que nos demais tratamentos não houve variação. Plantas micorrizadas por *C. etunicatum* e as não micorrizadas tiveram aumento no teor acumulando de Cu a partir da dose P3 (recomendada), porém plantas micorrizadas por *G. albida* reduziram o teor deste elemento na dose mencionada. Para o Fe e Na, houve aumento no teor destes nutrientes em plantas micorrizadas por *C. etunicatum* a partir da dose P3 (recomendada), porém em plantas não micorrizadas houve redução a partir da dose P2 (Figura 1). Segundo DECHEN & NACHTIGALL (2007), os teores médios de Ca, Cu, Na e Fe obtidos da parte aérea das plantas de mandioca variedade 'Engana ladrão' encontram-se dentro da faixa considerada ideal para o desenvolvimento das plantas, ressaltando que Ca e Na são essenciais ao desenvolvimento dos meristemas e crescimento dos ápices radiculares, melhorando assim o aporte de nutrientes para sustentar o crescimento das raízes. Além disso, os resultados obtidos

neste estudo para Ca, Fe e Na são superiores aos referidos por CENI et al. (2009), que verificaram valor máximo de 0,06 mg/g (Ca), 0,04 mg/g (Cu), 0,05 mg/g (Fe) e 0,49 mg/g (Na) na parte aérea de diferentes variedade de mandioca.

Experimento 2: Diferentes doses de glomerosporos de *C. etunicatum* em plantas de mandioca

Verificou-se efeito significativo das diferentes doses de inóculo de *C. etunicatum* para a BSA e BSR (Tabela 3) e teor de FDN (Tabela 4) na parte aérea das plantas de mandioca variedade ‘Engana ladrão’.

Embora a inoculação com 100 glomerosporos sejam suficientes para aumentar a biomassa seca aérea em plantas de *C. arabica* (Siqueira et al., 1994) e *H. speciosa* (COSTA et al., 2003) inoculadas, respectivamente, com *G. margarita* e *G. albida*, nossos resultados indicam que a BSA de plantas de mandioca apresentam comportamento linear decrescente, em virtude das doses de inoculante aplicadas (Tabela 3). Desta forma, confirma-se que a inoculação micorrízica com o isolado de FMA utilizado nesse estudo não seja necessário para a variedade de mandioca (Engana ladrão).

Por outro lado, a inoculação com 400 glomerosporos resultou em maior produção de BFR quando comparado aos demais tratamentos de inoculação, tendo esta variável apresentado comportamento quadrático, ressaltando-se que neste tratamento houve a formação inicial de tubérculos em apenas 90 dias de cultivo, o que normalmente em condições de campo ocorre após os 120 dias de cultivo (Tabela 3). Em *C. arabica*, SIQUEIRA et al. (1994) obtiveram incremento na produção de raízes a partir da inoculação com 200 glomerosporos de *G. margarita*.

A dose de inoculante de *C. etunicatum* não influenciou a CM e o NG na rizosfera de plantas de mandioca, porém numericamente o tratamento C2 proporcionou maior percentual de CM e NG (Tabela 3). Da mesma forma, SIQUEIRA et al. (1994) não encontraram influência da densidade de esporos sobre a colonização micorrízica e o número de glomerosporos na rizosfera de plantas de *C. arabica*. Porém, SILVA et al. (2009) obtiveram colonização micorrízica superior a 100 % em plantas de *P. alata* a partir da inoculação com 300 glomerosporos de *G. albida*. Esses resultados sugerem que nas condições do presente estudo e para a variedade de mandioca avaliada, a inoculação superior a 100

glomerosporos é desnecessária para a obtenção de plantas com maiores percentuais de CM e maior NG do isolado *C. etunicatum*.

Em relação à composição químico-bromatológica da variedade de mandioca avaliada, não foi constatado efeito significativo das diferentes doses de glomerosporos para o teor de PB na parte aérea, no entanto a inoculação com 200 glomerosporos proporcionou maior valor médio. Outro aspecto que deve ser ressaltado é que a inoculação com 200 e 400 glomerosporos de *C. etunicatum* promoveu redução na porcentagem de FDN, sendo essa redução uma característica importante para a qualidade da forragem (Tabela 4). FERREIRA et al. (2009) encontrou valor médio de 39,97 % de FDN em plantas de mandioca, sendo esse valor semelhante ao obtido no presente estudo a partir da inoculação com *C. etunicatum*. Os resultados demonstram que a micorrização pode não trazer os benefícios esperados para a variedade de mandioca estudada, porém algumas características nutricionais podem ser melhoradas. Diferindo deste resultado, SIQUEIRA et al. (1994) obtiveram maior teor de N na parte aérea de plantas de *C. arabica* não micorrizadas em relação às plantas inoculadas com 50 a 800 glomerosporos de *G. margarita*.

CONCLUSÕES

Embora plantas de mandioca sejam consideradas dependentes da micorrização, não há influência da inoculação com *C. etunicatum* e *G. albida* e da quantidade de inóculo micorrízico no crescimento da variedade ‘Engana ladrão’, confirmando o papel do genótipo na interação simbiótica.

A micorrização aumenta os teores de Mn, Zn e S da parte aérea de plantas de mandioca variedade ‘Engana ladrão’, principalmente utilizando o isolado *G. albida*.

A inoculação com número superior a 200 glomerosporos de *C. etunicatum* possibilita melhoria no acúmulo de biomassa fresca da raiz e no teor de fibra em plantas da variedade ‘Engana ladrão’.

AGRADECIMENTOS

À FACEPE pela concessão de bolsa de mestrado (J.M.L. Nascimento) e auxílio financeiro (APQ – 1265-2.03/10), ao CNPq pela bolsa PQ (A.M.Yano-Melo) e auxílio financeiro (Proc. 562637/2010-9 e Proc. 559248/2009-1), à Univasf pelo uso das instalações e à Embrapa Semiárido pelo auxílio no desenvolvimento dos trabalhos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALOTA, E.L.; LOPES, E.S.; HUNGRIA, M.; DÖBEREINER, J. Ocorrência de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares na cultura da mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n. 7, p. 1265-1276, 1999.

BALOTA, E.L.; LOPES, E.S.; HUNGRIA, M.; DOBEREINER, J. Inoculação de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares na cultura da mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 6, p. 627-639, 1997.

BALOTA, E.L.; LOPES, E.S.; HUNGRIA, M.; DOBEREINER, J. Interações e efeitos fisiológicos de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares na mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n. 11, p. 1335-1345, 1995.

CARRETERO, L.C.; CANTOS, M.; GARCIA, J.L.; AZCÓN.R.; TRONCOSO, A. Growth responses of micropropagated cassava clones as affected by *Glomus intraradices* colonization. **Journal of Plant Nutrition**, v.3 2, p. 261-273, 2009.

CARRETERO, L.C.; CANTOS, M.; GARCIA, J.L.; AZCÓN. R.; TRONCOSO, A. Arbuscular mycorrhizal contributes to alleviation of salt damage in cassava clones. **Journal of Plant Nutrition**, v. 31, p. 959-979, 2008.

COLOZZI FILHO, A.; CARDOSO, E.J.B.N. Detecção de fungos micorrízicos arbusculares em raízes de cafeeiro e de crotalária cultivada na entrelinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 35, n. 10, p. 2033-2042, 2000.

COSTA, C.M.C.; CAVALCANTE, U.M.T.; LIMA JR, M.R.; MAIA, L.C. Inoculum density of arbuscular mycorrhizal fungi needed to promote growth of *Hancornia speciosa* seedlings. **Fruits**, v. 58, n. 5, 2003.

DECKER, A.R.; NACHTIGALL, G.R. **Elementos requeridos à nutrição de plantas**. 2007, In: Fertilidade do solo. Roberto Ferreira Novaes, Vitor Hugo Alvarez V., Nairan Felix de Barros, Renildes Lúcio F. Fontes, Reinaldo Bertola Cantarutil, Julio César Lima Neves. Viçosa – MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, 1017 p.

FAGBOLA, O.; OSONUBI, O.; MULONGOY, K. Contribution of arbuscular mycorrhizal (AM) fungi and hedgerow trees to the yield and nutrient uptake of cassava in an alley-cropping system. **Journal of Agricultural Science, Cambridge**, v. 131, p. 79-85, 1998.

FERREIRA, A.L.; SILVA, A.F.; PEREIRA, L.G.R.; BRAGA, L.G.T.; MORAES, S.A.; ARAUJO, G.G.L. Produção e valor nutritivo da parte aérea da mandioca, maniçoba e pornunça. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 10, n. 1, p. 129-136, 2009.

CERDEMANN, 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.

GIOVANETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, v. 84, n. 3, p. 489-500, 1980.

HABTE, M.; BAYAPPANAHALLI, M.N. Dependency of cassava (*Manihot esculenta* Cranz.) on vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **Mycorrhiza**, v. 4, p. 241-245, 1994.

HOWELER, R.H.; CADAVID, L.F.; BURCKHARDT, E. Response of cassava to VA mycorrhizal inoculation and phosphorus application in greenhouse and field experiments. **Plant and Soil**, v. 69, n. 3, p. 327-339, 1982.

HOWELER, R.H.; EDWARDS, D.G.; ASHER, D.J. Application of the flowing solution culture techniques to studies involving mycorrhizas. **Plant and Soil**, v. 59, p. 179-183, 1981.

JENKINS, W.R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Report**, v. 48, p. 692, 1964.

KANG, B.T.; ISLAM, R.; SANDERS, F.E.; AYANABA, A. Effect of phosphate fertilization and inoculation with VA-mycorrhizal fungi on performance of cassava (*Manihot esculenta* Cranz.) grown on an alfisol. **Field Crop Research**. v. 3, p. 83-94, 1980.

LIASU, M.O.; ATAYESE, M.O.; OSONUBI, O. Effect of mycorrhiza and pruning regimes on seasonality of hedgerow tree mulch contribution to alley-cropped cassava in Ibadan, Nigeria. **African Journal of Biotechnology**, v.5, n.14, p.1341-1349, 2006.

LIASU, M. O.; ATAYESE, M. O.; OSONUBI, O. O. Mycorrhizal inoculation effects on continuous hedgerow-biomass production and nutrient contribution to alley-cropped cassava in Ibadan, Nigeria. **Agroforestry Systems**, v. 64, p.61-71, 2005.

MERGULHÃO, A. C. E. S. Efeito da inoculação pelo fungo micorrízico arbuscular (*Entrophospora colombiana*) em mudas micropropagadas de mandioca através do sistema aeropônico. **Revista Ecosistema**, v. 26, n. 2, dezembro, 2001.

MILLER, R.O. 1997. Nitric-Perchloric Acid Wet Digestion in an Open Vessel. In: **Handbook of reference methods for plant analysis**, eds. Kalra, P. Y., CRC Press, Boca Raton, Washington DC, USA. 1997. pp. 57-61.

OKON, I.E.; SOLOMON, M.G.; OSONUBI, O. The Effects of Arbuscular Mycorrhizal Fungal Inoculation and Mulch of Contrasting Chemical Composition on the Yield of Cassava under Humid Tropical Conditions. **The Scientific World Journal**, v. 10, p. 505–511, 2010.

OYENTUJI, O.J.; OSONUBI, O.; EKANAIAKE, I.J. Contributions of an alley cropping system and arbuscular mycorrhizal fungi to maize productivity under cassava intercrop in the derived savannah zone. **Journal of Agricultural Science**, v. 140, p. 311–316, 2003.

PHILLIPS, J.M.; HAYMAN, D.S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **Trans. Brit. Mycol. Soc.**, v. 55, p. 158-161, 1970.

RUIZ, L.A.; SIMÓ, J. RIVERA, R. Nuevo método para la inoculation micorrízica del cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Cranz.). **Cultivos Tropicais**, v.31, n.3, setembro, 2010.

SABOYA, R.C.C.; CHAGAS JR, A.F.; MONTEIRO, F.P.R.; SANTOS, G.R.; ERASMO, E.A.L.; CHAGAS, L.F.B. Fungos micorrízicos arbusculares afetando a produção de mudas de pinhão manso na região sul do estado de Tocantins, Brasil. **Revista Ceres**, v.59, n. 1, 2012

SIEVERDING, E.; TORO, S. Effect of mixing VAM inoculums with fertilizers on cassava nutrition and VAM fungal association. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. v. 29, p. 397-401, 1989.

SILVA, T.F.B.; SANTOS, A.B.S.; ROZAS, C.E.O.; SANTOS, A.C.; PAIVA, L.M. Influência da densidade de fungos micorrízicos arbusculares na produção de maracujazeiro-doce (*Passiflora alata* Curtis). **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 4, p. 1-6, out-dez, 2009.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3ed. Viçosa: UFV, 2002, 235p,

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, jun, 1994.

ZAAG, P.V.; FOX, R.L.; DE LA PENA, R.S.; YOST, R.S.P nutrition of cassava, including mycorrhizal effects on P, K, S, Zn and Ca uptake. **Field crops research**, v. 2, p. 253-263, 1979.

Tabela 1. Variáveis de crescimento de plantas de mandioca variedade ‘Engana ladrão’ inoculadas ou não (NI) com *Claroideoglopus etunicatum* (CE) e *Gigaspora albida* (GA), após 90 dias em casa de vegetação.

FMA	BFA	BSA	BFR	BSR	r/pa	AF	ALT	DR	NF
	g					cm ²	Cm	mm	
CE	4,58 a	1,27 a	6,62 a	3,58 b	2,81	230,26a	22,17a	7,3a	2,37a
GA	3,43 b	0,87 b	6,43 a	4,25 ab	4,88	149,31a	19,22a	5,66b	2,22a
NI	4,71 a	1,23 a	8,99 a	6,72 a	5,46	147,37a	19,0a	5,61b	2,22a

Biomassa fresca e seca aérea (BFA e BSA) e radicular (BFR e BSR), relação raiz parte aérea (r/PA), área foliar (AF), altura (ALT), diâmetro do ramo (DR) e número de folhas (NF). Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente ($P>0,05$).

Tabela 2. Colonização micorrízica (CM), número de glomerosporos (NG) e conteúdo de nutrientes na parte aérea de plantas de mandioca variedade ‘Engana ladrão’ inoculadas ou não (NI) com *Claroideoglopus etunicatum* (CE) e *Gigaspora albida* (GA), após 90 dias em casa de vegetação.

FMA	CM	NG	S	Mn	Zn
	%	g ⁻¹ solo	g Kg ⁻¹	mg Kg ⁻¹	
CE	27,90 b	1,14 a	1,15 a	385,35 ab	38,57ab
GA	38,75 a	0,85 a	1,27 a	430,17 a	43,33 a
NI	6,05 c	0,07 b	0,52 b	348,39 b	33,16 b

Teor de enxofre (S), manganês (Mn) e zinco (Zn) na parte aérea de plantas de mandioca. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente ($P>0,05$).

Tabela 3. Variáveis de crescimento, colonização micorrízica e número de glomerosporos em plantas de mandioca variedade ‘Engana ladrão’, inoculadas com diferentes doses de glomerosporos de *Claroideioglopus etunicatum*, após 90 dias em casa de vegetação.

PARÂMETROS	Nº de glomerosporos				P ¹		REGRESSÃO	CV	R ²
	0	100	200	400	L	Q			
BFA (g)	11,04	10,05	8,85	9,20	ns	ns	Y = 9,78	-	-
BSA (g)	3,61	3,21	2,66	2,65	*	ns	Y = -0,39x + 3,93	21,79	0,30
BFR (g)	4,98	3,13	8,40	11,60	ns	ns	Y = 1,96	-	-

BSR (g)	2,46	1,57	1,82	2,00	ns	*	$Y = 0,46x^2 - 3,03x + 6,17$	42,56	0,57
AF (CM²)	473,5	286,4	355,1	307,5	ns	ns	$Y = 355,6$	-	-
CM (%)	2,43	10,51	7,45	9,00	ns	ns	$Y = 7,34$	-	-
NG (g⁻¹ de solo)	4,57	41,57	23,85	12,00	ns	ns	$Y = 20,49$	-	-
ALT (cm)	32,85	34,28	33,14	32,78	ns	ns	$Y = 33,26$	-	-
NF	10,14	8,71	9,0	7,71	ns	ns	$Y = 8,89$	-	-
DR (mm)	5,34	5,18	5,14	5,15	ns	ns	$Y = 5,20$	-	-

Biomassa fresca e seca aérea (BFA e BSA) e radicular (BFR e BSR), área foliar (AF), colonização micorrízica (CM), número de glomerosporos (NG), altura (ALT), número de folhas (NF) e diâmetro do ramo (DR). ¹ Valor de P para o teste de polinômio ortogonal, resposta linear (L) ou quadrática (Q). *(P<0,05) e ns (não significativo)

Tabela 4. Análise químico-bromatológica de plantas de mandioca variedade 'Engana ladrão' inoculadas com diferentes doses de glomerosporos de *Claroideioglomus etunicatum*, após 90 dias em casa de vegetação.

PARÂMETROS	Nº de glomerosporos				P ¹		REGRESSÃO	CV	R ²
	0	100	200	400	L	Q			
MS (%)	30,12	30,71	29,34	26,66	ns	*	$Y = -0,81x^2 + 2,92x + 28,05$	5,09	0,57
MM (%)	6,43	6,0	7,08	6,70	ns	ns		$Y = 6,55$	-
MO (%)	93,57	93,99	92,91	93,30	ns	ns	$Y = 93,44$	-	-
PB (%)	8,69	8,58	10,58	8,82	ns	ns	$Y = 9,16$	-	-
FDA (%)	38,76	38,93	36,05	34,05	ns	ns	$Y = 36,94$	-	-
FDN (%)	45,02	45,43	38,00	38,22	*	ns	$Y = -2,77x + 49,15$	6,64	0,72
Hemicelulose (%)	7,19	8,59	2,59	4,18	ns	ns	$Y = 5,63$	-	-

Matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente ácido e neutro (FDA e FDN). ¹ Valor de P para o teste de polinômio ortogonal, resposta linear (L) ou quadrática (Q). *(P<0,05); ns (não significativo) e (-) dados não apresentados.

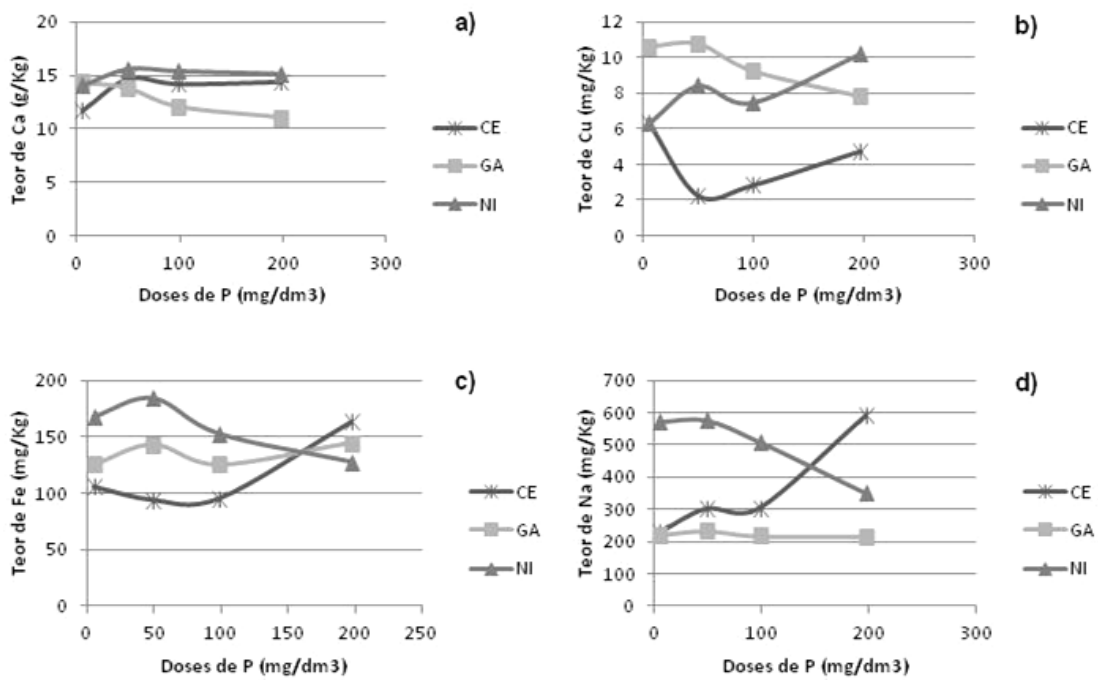


Figura 1. Teor de nutrientes a) cálcio (Ca), b) cobre (Cu), c) ferro (Fe) e d) sódio (Na) na parte aérea de plantas de mandioca variedade ‘Engana ladrão’ inoculadas ou não (NI) com *Claroideoglomus etunicatum* (CE) e *Gigaspora albida* (GA) e adubadas ou não com doses crescentes de superfosfato simples (5,14 mg/dm³, 49,3 mg/dm³, 98,6 mg/dm³, 197,2 mg/dm³), após 90 dias em casa de vegetação.

ARTIGO 02

DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO E ASSOCIAÇÃO MICORRÍZICA EM PLANTAS DE MANDIOCA ADUBADAS COM RESÍDUO AGROINDUSTRIAL

Revista Semina: Ciências Agrárias

(Qualis B2– Zootecnia/Recursos pesqueiros)

**Desenvolvimento vegetativo e associação micorrízica em plantas de
mandioca adubadas com resíduo agroindustrial¹**

**Development of cassava plants and its mycorrhizal association in soil
supplemented with sugarcane agroindustrial residue**

Jorge Messias Leal do Nascimento², Maylane Rayane dos Santos Brito³, Mario Adriano Ávila
Queiroz⁴, Adriana Mayumi Yano-Melo⁴

¹Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor

²Pós-graduação em Ciência Animal/Universidade Federal do Vale do São Francisco - Univasf, Petrolina-PE,
Brasil; jorge_messias@ymail.com

³Graduanda em Zootecnia/Univasf, Petrolina-PE, Brasil; may_15_lane@hotmail.com

⁴Docentes, CZOO, *Campus* de Ciências Agrárias, Univasf, CEP 56300-990, Petrolina-PE, Brasil;
Adriana.melo@univasf.edu.br ; Mario.queiroz@univasf.edu.br

Resumo

A aplicação de resíduos orgânicos oriundo da agroindústria na agricultura pode ser uma alternativa para incrementar o crescimento e composição químico-bromatológica das plantas, reduzindo os custos com fertilizantes químicos e os impactos que podem ser gerados pelo uso excessivo destes. O resíduo agroindustrial de cana-de-açúcar é gerado em grandes quantidades na região semiárida brasileira, podendo ser aplicado à cultura da mandioca a fim de melhorar seu crescimento. Nesse sentido, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito da aplicação de resíduo agroindustrial no desenvolvimento vegetativo, características químico-bromatológica e associação micorrízica de plantas de mandioca (*Manihot esculenta* variedade 'Engana ladrão'). Foi realizado um experimento em casa de vegetação em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (0, 5, 10 e 15 %) de adição de resíduo de bagaço de cana-de-açúcar enriquecido com torta de filtro, em nove repetições. De modo geral, a adição de resíduo de cana-de-açúcar enriquecido promoveu aumento na biomassa fresca e seca radicular, área foliar, proteína bruta e matéria mineral, além de não afetar negativamente a colonização micorrízica e o número de glomerosporos. Este tipo de resíduo pode ser uma alternativa para melhorar o valor nutritivo da forragem.

Palavras-chave: bagaço de cana, bromatologia, forragem, *Manihot esculenta*, matéria orgânica, micorriza

Abstract

Application of organic agroindustrial residues on agriculture can be one way to improve the development and chemical composition of plants, reducing the cost with chemical fertilizers and impacts generated by the excessive use of them. Sugarcane agroindustrial residue has been generated in high quantity in Brazilian semiarid region and can be applied to cassava crop to improve its growth. The aim of this work was to evaluate the effect of application of sugarcane agroindustrial residue on the vegetative development, chemical composition and mycorrhizal association of cassava plants (*Manihot esculenta* var. 'Engana ladrão'). It was performed an experiment in greenhouse with completely randomized design with four treatments of addition of sugarcane agroindustrial residue (0, 5, 10 and 15 %) with nine replications. In general, the addition of sugarcane agroindustrial residue increased fresh dry root biomass, leaf area, crude protein and mineral matter, without reducing the mycorrhizal colonization and glomerospores number. This type of residue can be one alternative to improve the nutritional value of these fodder.

Key words: sugarcane agroindustrial residue, chemical composition, fodder, *Manihot esculenta*, organic matter, mycorrhizae

Introdução

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz.) planta da família Euphorbiaceae, é utilizada na alimentação humana e animal (BURGOS et al., 2010), devido à composição químico-bromatológica, que apresenta 26,2 % de proteína bruta, 37,9 % de fibra em detergente neutro e 43 % de digestibilidade *in vitro* da matéria seca da parte aérea (FERREIRA et al., 2009). Além disso, esta espécie pode ser cultivada em solos ácidos e com baixa fertilidade natural (NASSAR; ORTIZ, 2006). Ressalta-se ainda que, plantas de mandioca apresentam resistência a períodos de estiagem e capacidade de utilização eficiente da água do solo, o que possibilita o seu cultivo em regiões de secas prolongadas (SILVA et al., 2009).

O sistema radicular da mandioca é composto por raízes grossas e pouco abundantes, com poucos pelos absorventes, resultando em menor superfície específica disponível para absorção de água e nutrientes do solo (COLOZZI-FILHO; NOGUEIRA, 2007). Tais características podem explicar a importância da associação com fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em plantas do gênero *Manihot*, visto que esses fungos podem auxiliar o estabelecimento e manutenção das plantas no campo, devido à melhoria na nutrição mineral, principalmente em solos considerados pouco férteis (BALOTA et al., 1997).

Os FMA realizam simbiose mutualística obrigatória com a maioria das espécies vegetais, expandindo a área de atuação das raízes e potencializando o seu desenvolvimento com incrementos na absorção de nutrientes e água do solo, melhorando assim o estado fisiológico das plantas (SMITH; READ, 2008). Segundo Omorusi e Ayanru (2011), plantas de mandioca apresentam capacidade de extrair grandes quantidades de nutrientes em solos com baixa fertilidade natural, desde que associadas a FMA.

Além da associação com FMA, as plantas de mandioca podem aumentar o desenvolvimento a partir da adubação com matéria orgânica, logo este melhora os atributos químicos, físicos e biológicos do solo. Resíduos vegetais para melhoria das propriedades do solo têm sido utilizados em plantas de mandioca, Amabile et al. (1994) observaram incremento na produção de biomassa radicular com adição de adubo verde provindo de plantas de *Crotalaria juncea* L. Similarmente, Otsubo et al. (2008) obtiveram aumentos na produção de biomassa seca aérea em plantas de mandioca cultivadas com adição de resíduos de *Pennisetum glaucum* L. R. Br..

Outras fontes de matéria orgânica foram testadas visando melhorias no desenvolvimento de plantas de mandioca, dentre estas, a adição de esterco bovino, que proporcionou maior biomassa seca aérea (BELTRÃO et al., 2008) e maior número de folhas (FERREIRA et al., 2010). Vasconcelos et al. (2010) acrescentam ainda que a adubação com esterco bovino incrementou a biomassa fresca e seca aérea, altura e diâmetro do caule, além de ter proporcionado maior acúmulo de minerais e proteína

bruta na parte aérea de plantas de mandioca. Em sistema orgânico de produção de mandioca, Devidé et al. (2009) observaram aumento na produção de biomassa fresca aérea e radicular.

Okon et al. (2010) demonstraram aumento na colonização micorrízica em raízes de plantas de mandioca colonizadas por *Glomus deserticola* Trappe, Bloss & J.A. Menge com o uso de cobertura morta. De forma similar, Schiavo et al. (2010) verificaram aumento no percentual de colonização micorrízica em plantas de *Jatropha curcas* L. micorrizadas por *G. clarum* T.H. Nicol. & N.C. Schenck e adubadas com composto orgânico (Organosuper®). Entretanto, o tipo e a dose de matéria orgânica aplicada ao solo podem resultar em efeitos distintos sobre a colonização micorrízica e quantidade de propágulos de FMA. Recentemente, Nakatani et al. (2011) constataram redução na densidade de glomerosporos e diversidade de FMA em solos cultivados com *Zea mays* L. e adubados com lodo de curtume.

No Brasil, a cultura da cana-de-açúcar ocupa área de aproximadamente 8.977,45 ha sendo a produção máxima de 651,392 ton/ha e o estado da Bahia apresenta produção média de 6.542,843 ton/ha, ocupando o terceiro lugar em relação aos demais estados da região Nordeste. A atividade sucroalcooleira gera quantidade significativa de resíduos que podem ser utilizados como fontes de nutrientes para as plantas, melhorando a produtividade vegetal. Assim, Miranda et al. (2011) constataram que a adubação orgânica com torta de filtro de cana de açúcar aumentou o diâmetro do colmo, altura e número de perfilhos em plantas de *Saccharum officinarum* L., demonstrando o potencial de uso deste resíduo em incrementar a produção agrícola. Por outro lado, Calgaro et al. (2008), mencionam que a adição de bagaço de cana-de-açúcar na rizosfera de plantas de *Stryphnodendron polyphyllum* Mart. promoveu aumento nos percentuais de colonização micorrízica por FMA autóctone.

Embora se conheça os benefícios da adubação com resíduos da agroindústria da cana-de-açúcar em incrementar o desenvolvimento vegetativo e associação micorrízica em algumas espécies vegetais, não há estudos sobre os efeitos, as doses a serem recomendadas e o possível impacto deste resíduo na associação micorrízica em rizosfera de plantas de mandioca. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação do resíduo agroindustrial composto de bagaço de cana-de-açúcar enriquecido com torta de filtro, no desenvolvimento inicial, na composição químico-bromatológica e associação micorrízica de plantas de mandioca variedade 'Engana ladrão'.

Material e Métodos

Foi realizado experimento em casa de vegetação, adotando-se delineamento inteiramente casualizado com quatro doses de resíduo de bagaço de cana-de-açúcar enriquecido com torta de filtro (T1 – 0 %, T2 – 5 %, T3 – 10 %, T4 – 15 %), em nove repetições. Utilizou-se solo do tipo Neossolo

Quartzarênico, coletado até a profundidade de 20 cm, seco ao ar, destorroado, homogeneizado, tamisado em peneiras com malhas de 2 mm e analisado quimicamente (Tabela 1). Como fonte de matéria orgânica, foi utilizado resíduo agroindustrial oriundo da atividade sucroalcooleira, bagaço de cana-de-açúcar enriquecido com torta de filtro – BCE, fornecido pela empresa Agrovale (Juazeiro – BA), o qual foi analisado quimicamente (Tabela 1).

As mudas de mandioca variedade ‘Engana ladrão’ (TSA-1/BGM1269) foram obtidas a partir de manivas com 6 a 8 cm de comprimento, que permaneceram por aproximadamente 30 dias em bandejas, com areia autoclavada para o enraizamento, sendo posteriormente transplantadas para vasos com capacidade de 3000 ml de solo nos respectivos tratamentos de adubação orgânica.

O experimento foi conduzido por 90 dias, sendo as plantas irrigadas diariamente. Ao final desse período foi avaliada a altura – ALT (medida da distância entre o nível do solo e a inserção do broto terminal da haste principal), número de folhas – NF, diâmetro do ramo – DR (medido a cinco centímetros da base do solo). Para aferição do DR das plantas de mandioca utilizou-se um paquímetro digital (mm) e para a ALT foi utilizado uma trena com extensão em centímetros. Foram avaliados também a área foliar - AF com auxílio do programa computacional Quant. (VALE et al. 2003), as biomassas frescas aérea e radicular – BFA e BFR e, em seguida procedeu-se a secagem do material em estufa de circulação de ar forçada a 65 °C por 72 horas para posterior determinação das biomassas seca aérea e radicular – BSA e BSR (SILVA; QUEIROZ, 2002). A partir da secagem da BFA, realizou-se a caracterização químico-bromatológica das amostras vegetais, em termos de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro e ácido (FDN e FDA), segundo as metodologias descritas por Silva e Queiroz (2002).

Foi avaliado o número de glomerosporos no solo (NG) (GERDEMANN; NICOLSON, 1963; JENKINS, 1964) e a colonização micorrízica (CM) pela técnica de interseção dos quadrantes (GIOVANETTI; MOSSE, 1980), após a diafanização e coloração das raízes (PHILLIPS; HAYMAN, 1970).

Após a avaliação das variáveis, os dados de colonização micorrízica foram transformados em raiz quadrada de $x/100$ e os de número de glomerosporos em $\text{Log de } x+1$, em seguida foram analisados juntamente com os demais parâmetros pelo procedimento GLM. As médias de cada tratamento foram obtidas pelo comando LSMEANS. Diferenças significativas foram consideradas a 5% de probabilidade ($P < 0,05$). Para as variáveis que obtiveram respostas significativas utilizou-se o teste para polinômios ortogonais lineares e quadráticos do programa estatístico SAS (2003).

Resultados e Discussão

Houve efeito significativo da adição das doses de bagaço de cana-de-açúcar enriquecido com torta de filtro para BFA, BSA, AF, ALT, DR, MO, PB e MM de plantas de mandioca variedade 'Engana ladrão' (Tabela 2 e 3).

Em geral, maior incremento nos parâmetros vegetativos foi obtido com a adição de até 10% de bagaço de cana-de-açúcar enriquecido, exceto para a AF e MM, nos quais maiores médias foram observadas com 15 % de adição do resíduo orgânico, sendo observado para MM linearidade crescente, enquanto que a AF apresentou comportamento quadrático (Tabela 2 e 3). Beltrão et al. (2008) obtiveram incremento de 54,4 % na BSA de plantas de *Manihot pseudoglaziovii* Muell. Arg. com a aplicação de 1,8 kg/ha de esterco bovino em relação ao tratamento controle. Da mesma forma, Ferreira et al. (2010) e Vasconcelos et al. (2010) verificaram aumento na produção de biomassa fresca e seca de plantas de *M. pseudoglaziovii* e *Manihot* sp. (pornuncia) com a adição de esterco e resíduo oriundo da digestão de bovinos ao substrato de cultivo. Outras fontes de matéria orgânica parecem promissoras para a produção de biomassa de mandioca, como resíduo de *P. glaucum* (OTSUBO et al., 2008), reforçando os benefícios do cultivo de plantas de mandioca em sistema orgânico, como sugerido por Devide et al. (2009).

Os resultados deste estudo indicam que o bagaço de cana-de-açúcar enriquecido com torta de filtro apresenta potencial para ser utilizado como fonte de nutrientes para o crescimento de plantas de mandioca, visto que a adição de 10 % proporcionou melhorias no desenvolvimento e valor químico-bromatológica das plantas testadas.

A adição de 10 % bagaço de cana-de-açúcar enriquecido proporcionou incremento na BSA e PB de plantas de mandioca quando comparado aos valores médios obtidos em plantas mantidas sem adição deste resíduo, como também essas variáveis apresentaram comportamento quadrático (Tabela 2 e 3), demonstrado assim o potencial de aplicação deste resíduo agroindustrial no cultivo de plantas de mandioca. Apesar de não ter ocorrido efeito significativo linear ou quadrático para BFR e BSR, a adição de 10 % de bagaço de cana-de-açúcar enriquecido possibilitou a formação inicial de tubérculos no período de 90 dias de cultivo, melhorando assim o desenvolvimento radicular destas plantas, visto que esse fenômeno é verificado em condições de campo a parti de 120 dias de cultivo (dados não publicados).

Resultados similares utilizando outras fontes de resíduo vegetal foram obtidos por Amabile et al. (1994) com restos de cultura de plantas de *C. juncea* na produção de BFR de plantas de mandioca e Otsubo et al. (2008) aplicando resíduos de *P. glaucum*. Okon et al. (2010) demonstraram ainda que maior peso fresco dos tubérculos em plantas de mandioca pode ser obtido com a adição de resíduo

orgânico e inoculação com *G. deserticola*, demonstrando assim o sinergismo da adubação orgânica juntamente com a inoculação micorrízica em incrementar a produtividade de plantas de mandioca.

Não houve efeito significativo da adição de bagaço de cana de açúcar enriquecido na CM e NG em plantas de mandioca (Tabela 2). Numericamente houve favorecimento da esporulação dos FMA autóctones a partir da adição de 5 % de bagaço de cana-de-açúcar enriquecido, enquanto que a dose a partir de 10 % resultou em redução da CM. Os trabalhos de Okon et al. (2010) e Schiavo et al. (2010) demonstram aumento na colonização micorrízica em solo suplementado com 5 ton/ha de resíduo de *Gliricidia sepium* L. e *Senna siameae* Lam. e 120 ton/ha de composto orgânico (Organosuper®), respectivamente, enquanto que Silva et al. (2006) e Tristão et al. (2006) constataram redução significativa da colonização radicular nas plantas cultivadas em solos com adição de resíduo orgânico e afirmam que a dose e fonte de resíduo aplicada, além do tipo de solo, podem ser os responsáveis por essa redução.

Embora o número de glomerosporos possa ser reduzido pela adição de matéria orgânica ao solo, a exemplo do ocorrido quando se aplicou lodo de curtume por Nakatani et al. (2011), o bagaço de cana-de-açúcar enriquecido não afetou a esporulação dos FMA autóctones. Tal fato sugere que a composição química do solo não foi alterada drasticamente, como ocorre com a adição de lodo de curtume, com aumento nos teores de chumbo (9,3 mg/kg), cromo (580 mg/kg) e níquel (7,3 mg/kg) ou que a comunidade autóctone pode apresentar maior tolerância às mudanças que podem ser provocadas pela adição deste tipo de resíduo.

Verificou-se ainda que plantas de mandioca cultivadas com 15 % bagaço de cana-de-açúcar enriquecido apresentavam maior valor médio para MM na parte aérea em relação às cultivadas sem de adição do resíduo (Tabela 3). Os benefícios advindos da adição de outras fontes de matéria orgânica neste parâmetro foi demonstrado por Vasconcelos et al. (2010).

A adição de resíduo a partir de 5 % reduziu os teores de MO, resultando em comportamento quadrático, enquanto para o teor de PB, houve incremento com adição de bagaço de cana-de-açúcar enriquecido até a dose de 10 % de resíduo (Tabela 3). A aplicação de 10% de esterco bovino também promoveu aumento no teor de nitrogênio de plantas de mamoeiro (TRINDADE et al., 2000), reduzindo posteriormente de acordo com aumento nas doses aplicadas. Isso confirma a influência da dose aplicada sobre a promoção no teor de nutrientes.

Visto que os solos do semiárido, em geral, apresentam baixos teores de matéria orgânica (PRIMO et al., 2011), a utilização de bagaço de cana-de-açúcar enriquecido com torta de filtro pode ser alternativa para suprir esta carência e reduzir o impacto ambiental que pode ser gerado com o descarte deste tipo de resíduo. Desta forma, sugere-se a utilização do bagaço de cana-de-açúcar enriquecido com torta de filtro para o desenvolvimento de plantas de mandioca na região semiárida.

Conclusão

A adição de 10% de resíduo de bagaço de cana-de-açúcar enriquecido melhora o desenvolvimento inicial, a matéria mineral e o teor de proteína bruta, sem alterar a associação micorrízica de plantas de mandioca variedade ‘Engana ladrão’, podendo ser alternativa de matéria orgânica para aumentar o valor nutritivo da forragem.

Agradecimentos

À FACEPE pela concessão de bolsa de mestrado (J.M.L. Nascimento) e apoio financeiro (APQ – 1265-2.03/10), ao CNPq pela bolsa PQ (A.M. Yano-Melo) e auxílio financeiro (Proc. 562637/2010-9 e Proc. 559248/2009-1), à Univasf pelo uso das instalações e à Embrapa Semiárido (Alineaurea Florentino Silva) pelo auxílio no desenvolvimento dos trabalhos.

Referências Bibliográficas

- AMABILE, R. F.; CORREIA, J. R.; FREITAS, P. L. de; BLANCANEUX, P.; GAMALIEL, J. Efeito do manejo de adubos verdes na produção de mandioca (*Manihot esculenta* CRANTZ). *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 29, n.8, p.1193-1199, 1994.
- BALOTA, E. L.; LOPES, E. S.; HUNGRIA, M.; DOBEREINER, J. Inoculação de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares na cultura da mandioca. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 32, n 6, p. 627-639, 1997.
- BELTRÃO, F. A. S.; FILHO, E. C. P. PAES, R. A.; SOLTO, J. S.; MADALENA, J. A. S. Comportamento da maniçoba (*Manihot pseudoglaziovii* Muell. Arg.) sob diferentes espaçamentos e adubações. *Caatinga*, v. 21, n. 4, p.163-166, 2008.
- BURGOS, A. M.; AVANZA, M. M.; BALBI, C. N.; PRAUSE, J.; ARGUELLO, J.A. Modelos para La estimación no destructiva del área foliar de dos cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz.) em La Argentina. *Agriscientia*, v. XXVII, p. 55-61, 2010.
- CALGARO, H. F.; FILHO, W. V. V.; AQUINO, S. S.; MALTONI, K. L.; CASSIOLATO, A. M. R. Adubação química e orgânica na recuperação fertilidade de subsolo degradação e na micorrização do *Stryphnodendron polyphyllum*. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, n. 3, p. 1337-1347, 2008.

COLOZZI-FILHO, A.; NOGUEIRA, M. A. Micorrizas arbusculares em plantas tropicais: Café, Mandioca e Cana-De-Açúcar. 2007. In: *Microbiota do solo e qualidade ambiental* / Adriana Parada Dias da Silveira; Sueli dos Santos Freitas. Campinas: Instituto agrônomo, 2007, p. 312.

DEVIDE, A. C. P.; RIBEIRO, R. L. D.; VALLE, T. L.; ALMEIDA, D. L., CASTRO, C. M.; FELTRAN, J. C. Produtividade de raízes de mandioca consorciada com milho e caupí em sistema orgânico. *Bragantia*, v. 68, n.1, p. 145-153, 2009.

FERREIRA, A. L.; SILVA, A. F.; PEREIRA, L.G.R.; BRAGA, L.G.T.; MORAES, S. A.; ARAUJO, G.G.L. Produção e valor nutritivo da parte aérea da mandioca, maniçoba e pornunça. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v. 10, n. 1, p.129-136, 2009.

FERREIRA, L. E.; ANDRADE, L. A. de; GONÇALVES, G. S.; SOUZA, E. P. de; FERREIRA H. V. Diâmetro de estacas e substratos na propagação vegetativa de maniçoba, *Manihot glaziovii* Muell. Arg. *Revista Ciência Agronômica*, v. 41, n. 3, p. 393-402, 2010.

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.

GIOVANETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist*, v. 84, n. 3, p. 489-500, 1980.

JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Report*, v. 48, p. 692, 1964.

MIRANDA, J. M.; RIGONE, M. V.; SILVEIRA, F. T. Associação da Crotalaria com adubação orgânica e mineral na produtividade da cana-de-açúcar. *Bioscience Journal*, v. 27, n. 6, p. 948-953, 2011.

NAKATANI, A. S.; MESCOLOTTI, D. L. C.; NOGUEIRA, M. A.; MARTINES, A. M.; MIYAUCHI, M. Y. H.; STURMER, S. L.; CARDOSO, E. J. B. N. Dosage-dependent shift in the spore community of arbuscular mycorrhizal fungi following application of tannery sludge. *Mycorrhiza*, v. 21, p. 515–522, 2011.

NASSAR, N. M. A; ORTIZ, R. Cassava improvement: challenges and impacts. *Journal of Agricultural Science*, v. 145, p. 163–171, 2006.

PHILLIPS, J. M.; HAYMAN, D. S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society*, v. 55, p. 158-161, 1970.

- OMORUSI, V.I. AND D.K.G. AYANRU, Effect of NPK fertilizer on diseases, pests and mycorrhizal symbiosis in cassava. *International Journal of Agriculture and Biology*, v. 13, p.391–395, 2011.
- OKON, I. E.; SOLRGES, C.OMON, M. G.; OSONUBI, O. The Effects of Arbuscular Mycorrhizal Fungal Inoculation and Mulch of Contrasting Chemical Composition on the Yield of Cassava under Humid Tropical Conditions. *The Scientific World Journal*, v.10, p. 505–511, 2010.
- OTSUBO, A. A.; MERCANTE, F. M.; SILVA, R. F.; BORGES, C. D. Sistemas de preparo do solo, plantas de cobertura e produtividade da cultura da mandioca. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 43, n.3, p.327-332, 2008.
- PRIMO, D. C.; MENEZES, R. S. C.; SILVA, T. O. Substâncias húmicas da matéria orgânica do solo: uma revisão de técnicas analíticas e estudos no nordeste brasileiro. *Scientia Plena*, v.7, n. 11, 2011.
- SANTOS, D. H.; TIRITAN, C. S.; FOLONI, J. S. S.; FABRIS, L. B. Produtividade de cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 40, n. 4, p. 454-461, 2010.
- SCHIAVO, J. A.; SILVA, C. A.; ROSSET, J. S.; SECRETTI, M. L.; SOUZA, R. A. C.; CAPPI, N. Composto orgânico e inoculação micorrízica na produção de mudas de pinhão manso. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 40, n. 3, p. 322-329, 2010.
- SILVA, R.L.N.V.; ARAÚJO, G.G.L.; SOCORRO, E.P.; OLIVEIRA, R.L.; GARCEZ NETO, A.F.; BAGALDO, A.R. Níveis de farelo de melancia forrageira em dietas para ovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 38, n. 6, p.1142-1148, 2009.
- SILVA, M. A.; SILVA, F. S. B.; YANO-MELO, A. M.; MELO, N. F.; MAIA, L. C. Fungos micorrízicos arbusculares e vermicomposto na aclimação de *Alpinia purpurata* (Viell.) Schum e *Zingiber spectabile* Griff. (Zingiberaceae). *Acta Botanica Brasílica*, v.20, n. 2, p. 249-256, 2006.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3ed. Viçosa: UFV, 2002, 235p.
- SMITH, S. E.; READ, D. J. The symbionts forming arbuscular mycorrhizas . In: SMITH, S. E.; READ, D. J. (2º Eds.) *Mycorrhizal symbiosis*. London: Academic Press, 2008. p. 11-145.
- TRINDADE, A. V.; FARIA, N. G.; ALMEIDA, F. P. Uso de esterco no desenvolvimento de mudas de mamoeiro colonizadas com fungos micorrízicos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.35, n.7, p.1389-1394, 2000.
- TRISTÃO, F. S. M.; ANDRADE, S. A. L.; SILVEIRA, A. P. D. Fungos micorrízicos arbusculares na formação de mudas de cafeeiro, em substratos orgânicos comerciais. *Bragantia*, v.65, n.4, p.649-658, 2006.

VALE, F. X. R.; FILHO, E. I. F.; LIBERATO, J. R. *Quant versão 1.0.1*, abril, 2003.

VASCONCELOS, W. A. de; SANTOS, E. M.; EDVAN, R. L.; SILVA, T. C. da; MEDEIROS, G. R. de; FILHO, L. T. S. Morfometria, produção e composição bromatológica da maniçoba e pornuncia, em diferentes fontes de adubação. *Revista trópica – Ciências Agrárias e Biológicas*, v. 4, n. 2, p. 37, 2010.

Lista de Tabelas

Tabela 1.

SUBSTRATOS	M.O. g/kg	pH*	C.E. dS/m	P mg/dm ³	CTC	K	Ca	Mg	Na	Al
NEO	11,40	6,40	0,66	21,38	9,30	0,51	3,40	2,20	0,06	0,05
BCE	61,00	8,00	1,86	1.477,50	18,20	1,06	12,60	2,50	0,37	0,00

M.O.= matéria orgânica; C.E.= condutividade elétrica; pH*=H₂O - 1:2:5; CTC- capacidade de troca catiônica;

Tabela 2.

VARIÁVEIS	Bagaço de cana-de-açúcar (%)				P ¹		REGRESSÃO	CV	R ²
	0	5	10	15	L	Q			
BFA (g)	20,59	20,30	19,75	11,51	ns	*	Y= -0,12X ² + 1,30X + 18,90	18,26	0,72
BSA (g)	5,45	5,64	6,04	2,74	ns	*	Y= -0,04X ² + 0,59X + 4,69	18,38	0,76
BFR (g)	10,57	10,67	14,99	11,98	ns	ns	Y = 12,05	-	-
BSR (g)	2,32	2,58	3,71	2,54	ns	ns	Y= 2,78	-	-
AF (cm ³)	67,34	53,16	124,40	151,50	ns	*	Y= 2,35X ² -23,69X + 89,49	34,81	0,84
ALT (cm)	46,61	45,11	44,05	29,55	ns	*	Y= -0,13X ² + 0,90X +45,91	14,13	0,58
DR (mm)	6,55	6,32	5,86	5,07	*	ns	Y= -0,10X + 6,75	10,37	0,48
NF	13,33	13,55	15,55	13,00	ns	ns	Y = 13,85	-	-
CM (%)	81,66	84,44	84,77	78,00	ns	ns	Y = 82,21	-	-
NG (g ⁻¹ de solo)	0,37	0,66	0,71	0,73	ns	ns	Y = 0,61	-	-

Biomassa fresca e seca aérea (BFA e BSA) e radicular (BFR e BSR), área foliar (AF), altura (ALT), diâmetro do ramo

(DR), número de folhas (NF), colonização micorrízica (CM) e número de glomerosporos (NG). ¹Valor de P para o

teste de polinômio ortogonal, resposta linear (L) ou quadrática (Q). *(P<0,05).

Tabela 3.

VARIÁVEIS (%)	Bagaço de cana-de-açúcar				P ¹		REGRESSÃO	CV	R ²
	(%)				L	Q			
	0	5	10	15					
MS	23,85	26,14	28,63	20,83	ns	ns	Y = 24,86	-	-
MM	7,73	9,35	10,58	11,28	ns	*	Y = -0,01x ² + 0,42x + 7,56	4,30	0,92
MO	92,27	90,75	89,12	88,72	ns	*	Y = 0,01x ² - 0,42x + 92,44	0,46	0,93
PB	11,97	12,77	16,86	13,99	ns	*	Y = -0,03x ² + 0,74x + 11,37	12,62	0,85
FDN	41,28	42,85	36,86	38,45	ns	ns	Y = 39,86	-	-
FDA	37,68	38,17	31,84	32,69	ns	ns	Y = 35,09	-	-
Hemicelulose	4,40	4,68	5,02	5,30	ns	ns	Y = 4,85	-	-

Matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA). ¹Valor de P para o teste de polinômio ortogonal, resposta linear (L) ou quadrática (Q). *(p<0,05).

Lista de legendas das tabelas

Tabela 1. Caracterização química do Neossolo quartzarênico (NEO) e do bagaço de cana-de-açúcar enriquecida com torta de filtro (BCE) utilizada em experimento com plantas de mandioca variedade ‘Engana ladrão’ em casa de vegetação.

Tabela 2. Variáveis de crescimento e micorrízicos em plantas de mandioca variedade ‘Engana ladrão’ cultivado com diferentes tratamentos (0, 5, 10, e 15 %) de adubação com bagaço de cana-de-açúcar enriquecida com torta de filtro, após 90 dias de cultivo em casa de vegetação.

Tabela 3. Variáveis químico-bromatológica de plantas de mandioca variedade ‘Engana ladrão’ cultivado com diferentes tratamentos (0, 5, 10 e 15 %) de adubação com bagaço de cana-de-açúcar enriquecida com torta de filtro, após 90 dias em casa de vegetação.

ARTIGO 03

**FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES E FÓSFORO EM
PLANTAS DE PORNUNCIA**

Revista Ciência Agronômica

(Qualis B3 – Zootecnia/Recursos pesqueiros)

Fungos micorrízicos arbusculares e fósforo em plantas de pornuncia

Resumo: Plantas de pornuncia constituem em nova alternativa de forragem para a região semiárida e podem ter seu desenvolvimento e composição químico-bromatológica incrementados pela inoculação micorrízica e adubação fosfatada. Embora plantas de *M. esculenta* apresente responsividade à micorrização e adubação fosfatada, não há estudos que mencionem o efeito destes no desenvolvimento de plantas de pornuncia. Desta forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar a influência da adubação fosfatada e da inoculação com fungos micorrízicos arbusculares sobre o desenvolvimento vegetativo, a composição químico-bromatológica e associação micorrízica de plantas de pornuncia (híbrido entre plantas de *M. esculenta* x *M. glaziovii*). Foi realizado um experimento em casa de vegetação em delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial com 3 doses crescentes de superfosfato simples (**P1** - 5,14 mg/dm³, **P2** - 49,3 mg/dm³ e **P3** - 98,6 mg/dm³) e 3 tratamentos de inoculação (controle – não inoculado - **NI**, inoculado com *Claroideoglossum etunicatum* – **CE** ou com **GA** - *Gigaspora albida*), em 03 repetições, durante 90 dias. A inoculação com FMA promoveu aumento na biomassa fresca e seca radicular, sendo a área foliar maior em plantas micorrizadas por *C. etunicatum* o percentual de colonização radicular e no número de glomerosporos mais abundante em plantas micorrizadas por *G. albida*. Por outro lado, constata-se que plantas de pornuncia tiveram redução na colonização micorrízica com a adição de adubação fosfatada. Embora a adubação fosfatada não influencie o desenvolvimento de plantas de pornuncia, a dose de 49,3 mg/dm³ de superfosfato simples traz aumento no teor de fibra em detergente neutro, sendo esta uma característica importante para a estrutura da planta. Visto que a inoculação micorrízica em plantas de pornuncia proporciona aumento no acúmulo de biomassa e melhora o teor de proteína bruta, a aplicação de isolados de FMA pode contribuir para o desenvolvimento desta planta forrageira.

Palavras chaves: Bromatologia. Fósforo. Glomeromycota. Forragicultura. *Manihot*

Introdução

A pornuncia (*Manihot* sp. - Euphorbiaceae) é considerada um híbrido natural de plantas de *Manihot esculenta* Crantz. e *Manihot glaziovii* Muell. Arg. (VASCONCELOS et al., 2010). Ferreira et al. (2009) sugerem que plantas de pornuncia podem ser utilizadas em jardinagem e produção de farinhas, Vasconcelos et al. (2010) indicam esta planta como opção de forragem para a região Nordeste do Brasil, devido a alta produção de matéria verde aérea (1.433,35 kg/ha) e ao elevado teor de proteína bruta na parte aérea (13,91 % por matéria seca). Estes valores podem atingir 1.629,47 kg/ha de matéria verde aérea e 27,58 % de proteína bruta na parte aérea, superando os valores médios alcançados em plantas de *M. esculenta* e *M. glaziovii* (FERREIRA et al., 2009).

A adubação fosfatada pode melhorar ainda mais a produção destas plantas, visto que o P é elemento essencial para o crescimento e reprodução das plantas (LÓPEZ-BUCIO et al., 2002). Além disso, os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) podem atuar como extensões do sistema radicular, aumentando a aquisição de água e nutrientes, demonstrando grande potencial para aplicação na agricultura (SMITH; READ, 2008).

Plantas de *M. esculenta* formam associação com FMA (HOWELER et al., 1982), permitindo o manejo em solos com baixa fertilidade natural (NASSAR; ORTIZ, 2006) e desenvolvimento satisfatório (COLOZZI-FILHO; NOGUEIRA, 2007).

Estudos relacionados aos efeitos da adubação fosfatada e da inoculação micorrízica em plantas do gênero *Manihot* foram conduzidos por Zaag et al. (1979), que verificaram incremento no teor de fósforo da parte aérea e na produção de raízes em plantas de *M. esculenta*. Howeler et al. (1982) constataram maior vigor em plantas de *M. esculenta* micorrizadas, principalmente em solos com menor aplicação de P. A inoculação micorrízica em plantas de *M. esculenta* possibilitou incremento na produção de biomassa aérea e na eficiência da utilização de fósforo da solução do solo (HOWELER; SIEVERDING, 1983). Sieverding; Toro (1989) acrescentaram que a inoculação com mistura de isolados de FMA e aplicação de NPK na rizosfera de plantas de *M. esculenta* aumentava a produção de matéria seca total e teor de potássio na parte aérea.

Embora os trabalhos tenham demonstrado as vantagens da aplicação de FMA em plantas de *Manihot* para melhoria do crescimento e teor nutricional, não há estudo de responsividade à micorrização e à adubação fosfatada com o híbrido natural pornuncia, que possui características desejáveis em plantas forrageiras. Nesse sentido, este trabalho objetivou avaliar a influencia da adubação fosfatada e da inoculação com fungos micorrízicos arbusculares sobre o desenvolvimento vegetativo, a composição químico-bromatológica e associação micorrízica de plantas de pornuncia.

Material e Métodos

Foi realizado um experimento em casa de vegetação, adotando-se delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial com três doses de superfosfato simples (**P1** - natural do solo com 5,14 mg/dm³, **P2** - intermediária 1 com 49,3 mg/dm³ e **P3** - recomendada com 98,6 mg/dm³) x três tratamentos de inoculação com isolados de FMA (*Claroideoglossum etunicatum* – **CE** “Univasf 06”, *Gigaspora albida* – **GA** “Univasf 31”, Não inoculado - **NI**), em três repetições.

Utilizou-se solo do tipo Neossolo Quartzarênico, o qual foi coletado até a profundidade de 20 cm, seco ao ar, destorroado, homogeneizado, peneirado em malhas de 2 mm, esterilizado em autoclave a 120 °C por 1h, por dois períodos consecutivos e analisado quimicamente, apresentando as seguintes características: 4,76 g/Kg de M.O.; pH 5,7; 0,1 dS/m de C.E.; 5,14 mg/dm³ de P; 0,25 cmol_c/dm³, 1,7 cmol_c/dm³, 0,6 cmol_c/dm³, 0,1 cmol_c/dm³ e 0,05 cmol_c/dm³, respectivamente de K, Ca, Mg, Na e Al.

Os isolados de FMA utilizados foram fornecidos pelo Banco de Inóculos de FMA do Laboratório de Microbiologia, CCA/Univasf, os quais estavam conservados sob refrigeração a temperatura de ±4 °C. Os isolados de FMA foram multiplicados em substrato constituído de solo (Neossolo Quartzarênico) e areia (1:1 v/v) esterilizados, tendo *Sorghum vulgare* Pers. como planta hospedeira. A inoculação micorrízica foi feita no momento do transplante das plântulas pela aplicação de suspensão de 100 glomerosporos em cada planta/vaso (2 kg de solo) nos respectivos tratamentos.

As mudas de pornuncia, oriundas do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa semiárido, foram obtidas a partir de manivas com 6 a 8 cm de comprimento, que permaneceram por aproximadamente 30 dias em copos de 500 mL contendo vermiculita para o enraizamento.

As plantas foram irrigadas diariamente e após 90 dias foram avaliadas a altura – ALT (medida da distância entre o nível do solo e a inserção do broto terminal na haste principal - cm), número de folhas – NF, diâmetro do ramo principal da planta – DR (medido a cinco centímetros da base do solo - mm), área foliar (AF) pela captura de imagem em câmara digital e leitura em programa Quant v.1.0.1 (VALE et al., 2003), biomassas fresca aérea e radicular – BFA e BFR. Em seguida procedeu-se a secagem do material em estufa de circulação de ar forçada a 65 °C por 72 horas para determinação das biomassas seca aérea e radicular – BSA e BSR (SILVA; QUEIROZ, 2002) e composição químico-bromatológica, em termos de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), segundo as metodologias descritas por Silva e Queiroz (2002).

O número de glomerosporos do solo – NG foi obtido após sua extração do solo pelo método de peneiramento úmido (GERDEMANN; NICOLSON, 1963) e centrifugação em água e sacarose 40 % (JENKINS, 1964). O percentual de colonização micorrízica - CM foi avaliado pelo método de interseção dos quadrantes (GIOVANETTI; MOSSE, 1980), após a clarificação e coloração das raízes (PHILLIPS; HAYMAN, 1970).

Após avaliação das variáveis, os dados de CM foram transformados em raiz quadrada de $x/100$ e os de NG em Log de $x+1$, em seguida foram analisados juntamente com os demais parâmetros pelo procedimento GLM do programa estatístico SAS (2003). Inicialmente, todas as análises estatísticas foram realizadas ao nível de até 10% de probabilidade de ocorrência do erro tipo I, em razão da inerente e natural instabilidade das variáveis de crescimento vegetativo obtidas em estudos com plantas tropicais. As médias de cada tratamento foram obtidas pelo comando LSMEANS. Diferenças significativas foram consideradas a 7 % de probabilidade ($P < 0,07$), devido à ausência de significância verificada ao nível de 1 % e 5 % de probabilidade.

Resultados e Discussão

Verificou-se efeito significativo dos tratamentos de inoculação sobre os parâmetros de crescimento vegetativo (BFR, BSR e AF), micorrízicos (CM e NG) (Tabela 1) e composição químico-bromatológica (PB) (Tabela 2) em plantas de pornuncia. Foram constatadas diferenças estatísticas para a CM e FDN devido à adubação fosfatada (Figura 1).

A inoculação micorrízica proporcionou maior desenvolvimento do sistema radicular das plantas, aumentando a BFR e BSR e diferindo significativamente de plantas não inoculadas (NI) (Tabela 1). Respostas similares foram obtidas por Zaag et al. (1979) em plantas de *M. esculenta* inoculadas com FMA nativos do Hawaii (USA); por Sieverding (1991) inoculando *Entrophospora colombiana* Spain & N. C. Schenck em plantas de *M. esculenta*, assim como por Habte e Byappanhalli (1994) utilizando o isolado *Glomus aggregatum* Schenck & Smith na inoculação em plantas de *M. esculenta*. Nesse sentido, sugere-se a inoculação com os isolados de FMA testados para promover incrementos no desenvolvimento do sistema radicular em plantas de pornuncia.

A inoculação com o isolado GA também proporcionou maiores percentuais de CM e NG, sendo significativamente superiores aos demais tratamentos de inoculação (Tabela 1). Diversos trabalhos reportam ampla variação na colonização micorrízica em plantas do gênero *Manihot*. Sieverding e Toro (1989) observaram 94 % de CM em plantas de *M. esculenta* inoculadas com *G. manihotis* Howeler, Sieverding & Schenck; e Habte e Byappanhalli (1994) registraram 60 % de CM em plantas da mesma espécie inoculadas com *Glomus aggregatum* Schenck & Smith. Esses resultados são muito superiores aos obtidos no presente estudo com a inoculação com GA e CE, sendo a CM entre os isolados diferentes reforçando a ideia de que há combinações preferenciais entre isolados de FMA e planta hospedeira (CAVALCANTE et al., 2009). Além disto, o fato de a pornuncia ser um híbrido provindo do cruzamento natural entre *M. esculenta* e *M. glaziovii*, pode contribuir para gerar esta amplitude no percentual de colonização micorrízica, visto que genótipos diferentes podem responder de forma distinta a este parâmetro, como observado por Costa et al. (2001) em diferentes genótipos de aceroleira.

Embora alguns trabalhos reportem redução no NG de FMA devido à aplicação de fósforo ao solo na rizosfera de plantas de *M. esculenta* adubadas com NPK (OMORUSI; AYANRU, 2011), no presente estudo não foi verificado este efeito na esporulação de FMA associados às plantas de pornuncia. Entretanto, o NG de isolados de GA e CE foram superiores aos verificados por Omorusi e Ayanru (2011), provavelmente estas diferenças estejam relacionadas tanto aos isolados de FMA quanto a fonte (NPK) e as doses mais elevadas de P aplicadas por estes autores.

A inoculação de plantas de pornuncia com o isolado de CE proporcionou maior AF e teor de PB na parte aérea diferindo significativamente dos valores obtidos em plantas não inoculadas (NI) (Tabela 1 e 2), além de menor relação raiz / parte aérea, demonstrando assim, benefícios da micorrização por esse isolado de FMA no desenvolvimento da parte aérea e melhoria na composição químico-bromatológica de plantas de pornuncia. Expansão na AF devido à inoculação com FMA foi obtido por Schiavo et al. (2010) em plantas de *Jatropha curcas* L. inoculadas com *G. clarum* cultivadas em solos sem adição de composto orgânico. Para a PB, Carvalho (2008) verificou que plantas de *J. curcas* micorrizadas acumulavam maior teor de nitrogênio na parte aérea e Saboya et al. (2012) obtiveram o mesmo resultado quando as plantas eram micorrizadas por *Gigaspora margarita* Becker & Hall e *Acaulospora morrowiae* Spain. & Schenck.

A adubação com superfosfato simples em plantas de pornuncia resultou em redução significativa da CM nas plantas, sendo constatado maior valor médio na dose P1, natural do solo, e menor valor na dose P3, dose recomendada para a cultura de *M. esculenta* para a condição semiárida brasileira (Figura 1). Kang et al. (1980) demonstraram que plantas de *M. esculenta* tinham os percentuais de colonização micorrízica reduzidos com a adição de 0,012 µg de P/ml em solos cultivados com *M. esculenta*, na Nigéria. Esta redução na colonização radicular por FMA em plantas de *M. esculenta* foi observada também com a utilização de fertilizantes químicos aplicados ao solo (SIEVERDING; TORO, 1989). Embora Habte e Byappanahalli (1994) tenham verificado redução na CM de plantas de *M. esculenta* com aumento na dose de P, os percentuais de colonização micorrízica eram superiores a 60 %, sendo estes valores bem superiores aos obtidos no presente estudo (Figura 1). Segundo Omorusi e Ayanru (2011), a redução da colonização micorrízica em plantas de *M. esculenta*

com a aplicação de NPK está relacionada à maior disponibilidade de fósforo na solução do solo, atuando na regulação da simbiose micorrízica.

Houve aumento no percentual de FDN nas plantas de pornuncia até a dose de 49,3 mg/dm³ (P2) (Figura 1), indicando que a aplicação de superfosfato simples abaixo da recomendada para a cultura de mandioca em plantas de pornuncia é suficiente para promover aumentos nas frações de FDN. Resultados similares foram obtidos por Vasconcelos et al. (2010) que constataram que a aplicação de superfosfato simples proporcionou pequena elevação nos percentuais de FDN em plantas de *Manihot* sp. em relação às plantas cultivadas sem aplicação de fertilizantes químicos. Além disso, verificou-se que os percentuais encontrados no presente estudo são superiores aos de *M. glaziovii* (58,6 % de FDN) (BARROS et al., 1990) e Ferreira et al. (2009) que encontraram 36,5% de FDN em plantas de pornuncia com 21 meses de cultivo em condições naturais de solo. Considerando que a FDN representa em plantas forrageiras a fração fibrosa de maior digestibilidade, a aplicação de doses de P que possam incrementar este parâmetro é desejável, visto que o consumo de matéria seca pelos animais está diretamente relacionado à proporção de FDN nas forragens (SILVA; QUEIROZ, 2002).

Conclusões

A adubação fosfatada não influencia o desenvolvimento de plantas de pornuncia, porém a dose de 49,3 mg/dm³ de superfosfato simples traz aumento no teor de fibra em detergente neutro, sendo esta uma característica importante para a estrutura da planta.

A inoculação micorrízica em plantas de pornuncia proporciona aumento no acúmulo de biomassa e melhora o teor de proteína bruta, podendo contribuir para o desenvolvimento desta planta forrageira.

Agradecimentos

À FACEPE pela concessão de bolsa de mestrado (J.M.L. Nascimento) e apoio financeiro (APQ – 1265-2.03/10), ao CNPq pela bolsa PQ (A.M.Yano-Melo) e auxílio financeiro (Proc 562637/2010-9

e Proc. 559248/2009-1), à Univasf pelo uso das instalações e à Embrapa Semiárido pelo auxílio no desenvolvimento dos trabalhos.

Referências Bibliográficas

BALOTA, E. L.; LOPES, E. S.; HUNGRIA, M.; DOBEREINER, J. Inoculação de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares na cultura da mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 6, p. 627-639, 1997.

BARROS, N. N.; SALVIANO, L. M. C.; KAWAS, J. R. Valor nutritivo da maniçoba para caprinos e ovinos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.25, n.3, p. 387-392, 1990.

CARCALHO, A. M. X. **Fungos micorrízicos arbusculares no desenvolvimento de mudas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.)**. Dissertação (mestrado) Universidade Federal de Viçosa – MG, 2008.

CAVALCANTE, U. M. T.; GOTO, B. T.; MAIA, L. C. Aspecto da simbiose micorrízica arbuscular. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, Recife, v. 5 e 6, p.180-208, 2008-2009.

COLOZZI FILHO, A.; NOGUEIRA, M. A. Micorrizas arbusculares em plantas tropicais: café, mandioca e cana-de-açúcar. In: Silveira, A.P.D. & Freitas, S.S. (Ed.), *Microbiota do Solo e Qualidade Ambiental*. Campinas, **Instituto Agronômico**, p. 39-56, 2007.

COSTA, C. M. C.; MAIA, L. C.; CAVALCANTE, U. M. T.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Influência de fungos micorrízicos arbusculares sobre o crescimento de dois genótipos de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 6, p.893-901, jun. 2001.

FERREIRA, L. E.; ANDRADE, L. A. de; GONÇALVES, G. S.; SOUZA, E. P. de; FERREIRA H. V. Diâmetro de estacas e substratos na propagação vegetativa de maniçoba, *Manihot glaziovii* Muell. Arg. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 3, p. 393-402, 2010.

FERREIRA, A. L.; SILVA, A. F.; PEREIRA, L. G. R.; BRAGA, L. G. T.; MORAES, S. A.; ARAUJO, G. G. L. Produção e valor nutritivo da parte aérea da mandioca, maniçoba e pornunça. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 10, n. 1, p. 129-136, 2009.

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.

GIOVANETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, v. 84, n. 3, p. 489-500, 1980.

HABTE, M.; BAYAPPANAHALLI, M. N. Dependency of cassava (*Manihot esculenta* Cranz.) on vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **Mycorrhiza**, v. 4, p. 241-245, 1994.

HOWELER, R. H.; SIEVERDING, E. Potentials and limitations of mycorrhizal inoculation illustrated by experiments with field-grown cassava. **Plant and Soil**, v. 75, p. 245-261 1983.

HOWELER, R. H.; CADAVID, L. F.; BURCKHARDT, E. Response of cassava to VA mycorrhizal inoculation and phosphorus application in greenhouse and field experiments. **Plant and Soil**, v. 69, n. 3, p. 327-339, 1982.

JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Report**, v. 48, p. 692, 1964.

KANG, B. T.; ISLAM, R.; SANDERS, F. E.; AYANABA, A. Effect of phosphate fertilization and inoculation with VA-mycorrhizal fungi on performance of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) grown on an alfisol. **Field Crop Research**. v.3, p.83-94, 1980.

LÓPEZ-BUCIO, J.; HERNÁNDEZ-ABREU, E.; SANCHÉZ-CÁLDERON, L.; NIETO-NACOB, M. F.; SIMPSON, J.; HERRERA-ESTRELA, L. Phosphate Availability Alters Architecture and Causes Changes in Hormone Sensitivity in the Arabidopsis Root System. **Plant Physiology**, v.129, p.244–256, 2002.

OMORUSI, V. I.; AYANRU, D. K. G. Effect of NPK fertilizer on diseases, pests and mycorrhizal symbiosis in cassava. **International Journal Agriculture and Biologic**, v. 13, p. 391–395, 2011.

PHILLIPS, J. M.; HAYMAN, D. S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **Trans. Brit. Mycol. Soc.**, v. 55, p. 158-161, 1970.

SABOYA, R. C. C.; CHAGAS JR, A. F.; MONTEIRO, F. P. R.; SANTOS, G. R.; ERASMO, E. A. L.; CHAGAS, L. F. B. Fungos micorrízicos arbusculares afetando a produção de mudas de pinhão manso na região ul do Estado de Tocantins, Brasil. **Revista Ceres**, v. 59, n. 1, p. 142-146, 2012.

SCHIAVO, J. A.; SILVA, C. A.; ROSSET, J. S.; SECRETTI, M. L.; SOUZA, R. A. C.; CAPPI, N. Composto orgânico e inoculação micorrízica na produção de mudas de pinhão manso. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 3, p. 322-329, 2010.

SIEVERDING, E. **Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems**. Technical Cooperation, Federal Republic of Germany, Eschoborn. [Engl. Ver. By Kathryn Mulhern]. – Friedland: Bremer; Rossdorf: TZ-Verl.-Ges., 1991.

SIEVERDING, E.; T. TORO, S. Effect of mixing VAM inoculums with fertilizers on cassava nutrition and VAM fungal association. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. v. 29, p. 397-401, 1989.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3ed. Viçosa: UFV, 2002, 235p.

SMITH, S. E.; READ, D. J. **Arbuscular mycorrhizas**. In: SMITH, S. E.; READ, D. J. (Third Edition) *Mycorrhizal symbiosis*. London: Academic Press, 2008.

VALE, F. X. R.; FILHO, E. I. F.; LIBERATO, J. R. **Quant versão 1.0.1**, abril, 2003.

VASCONCELOS, W. A.; SANTOS, E. M.; EDVAN, R. L.; SILVA, T. C.; MEDEIROS, G. R.; FILHO, L. T. S. Morfometria, produção e composição bromatológica da maniçoba e pornuncia, em

diferentes fontes de adubação. **Revista trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 4, n. 2, p. 37, 2010.

ZAAG, P. V.; FOX, R. L.; DE LA PENA, R. S.; YOST, R. S. P nutrition of cassava, including mycorrhizal effects on P, K, S, Zn and Ca uptake. **Field crops research**, v. 2, p. 253-263, 1979.

Tabela 1. Variáveis de crescimento vegetativo e micorrízico em plantas de pornuncia inoculadas ou não (NI) com *Claroideoglomus etunicatum* (CE) e *Gigaspora albida* (GA), após 90 dias em casa de vegetação.

FMA	BFA	BFR	BSA	BSR	r/pa	AF	ALT	NF	DR	CM	NG
	g					cm ²	cm		mm	%	g ⁻¹
CE	7,84 a	4,04a	2,05a	1,57a	0,76	325,4a	21,8a	8,3a	4,63a	4,3b	0,40b
GA	7,34 a	4,53a	1,94a	1,65a	0,85	259,8ab	21,3a	7,6a	4,52a	20,0a	1,54a
NI	7,52 a	3,17b	1,86a	1,07b	0,57	239,2b	17,7a	9,1a	4,86a	1,0c	0,16b

Biomassa fresca e seca aérea (BFA e BSA) e radicular (BFR e BSR), relação raiz/parte aérea (r/PA), área foliar (AF), altura (ALT), número de folhas (NF) e diâmetro do caule (DC), colonização micorrízica (CM), número de glomerosporos (NG). Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente (P>0,07).

Tabela 2. Composição químico-bromatológica de plantas de pornuncia inoculadas ou não (NI) com *Claroideoglomus etunicatum* (CE) e *Gigaspora albida* (GA), após 90 dias em casa de vegetação.

FMA	MS	MM	MO	PB	FDN
	%				
CE	24,50a	5,91a	94,08 a	12,01a	61,07 a
GA	24,53a	6,18a	93,47 a	8,43b	62,66 a
NI	23,28a	6,26a	93,71 a	10,01ab	59,35 a

Matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN). Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente (P>0,07).

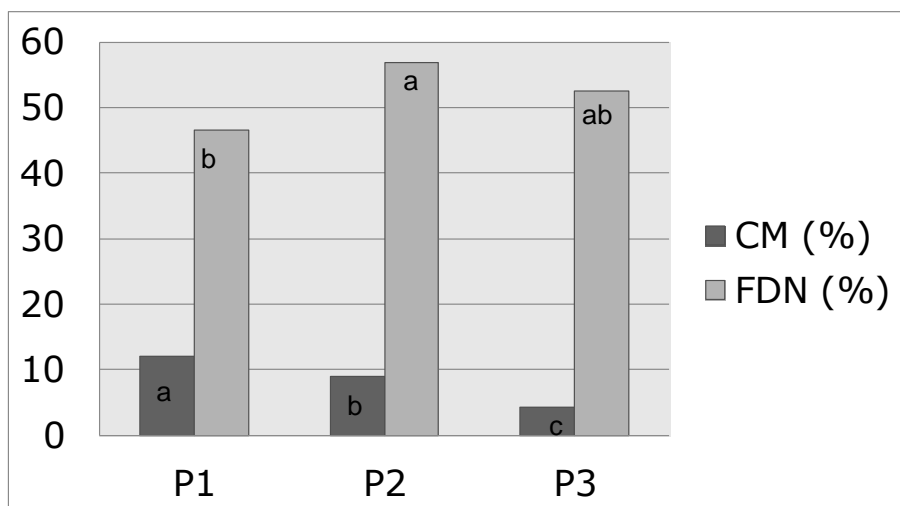


Figura 1. Efeito da adubação com superfosfato simples sobre o percentual de colonização micorrízica (CM) e teor de fibra em detergente neutro (FDN) em plantas de pornuncia, após 90 dias em casa de vegetação. Médias seguidas pela mesma letra dentro do tratamento não diferem significativamente ($P>0,07$).

6. CONCLUSÕES GERAIS

Nas condições do presente estudo, as plantas de mandioca variedade 'Engana ladrão' não apresentaram responsividade à micorrização e adubação com superfosfato simples para o desenvolvimento vegetativo, mas podem ser beneficiadas pela inoculação com *Gigaspora albida*, acumulando maior teor de zinco, manganês e enxofre na parte aérea. O aumento no número de glomerosporos de *Claroideoglossum etunicatum* aplicado, em Neossolo quartzarênico com 5,14 mg/dm³ de P, possibilita maior acúmulo de biomassa radicular e teor de fibra em plantas de mandioca da variedade 'Engana ladrão'. Desta forma, a responsividade de plantas de *M. esculenta* parece ser variável, dependendo da variedade da planta e quantidade de inóculo de FMA utilizado. Este fato foi demonstrado no híbrido pornuncia, que é beneficiado pela inoculação com FMA no acúmulo de biomassa e teor de proteína bruta. Por outro lado, de forma similar a variedade 'Engana ladrão', as plantas de pornuncia não são influenciadas pela adubação fosfatada, apenas o teor de fibra em detergente neutro tem o maior valor na dose de 49,3 mg/dm³ de superfosfato simples, sendo esta uma característica importante para a estrutura da planta.

A aplicação de 10 % de bagaço de cana-de-açúcar enriquecido com torta de filtro em plantas de mandioca variedade 'Engana ladrão', favorece o desenvolvimento inicial, melhora a composição químico-bromatológica e não altera a colonização micorrízica, podendo ser sugerida como fonte de matéria orgânica para incrementar o cultivo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS GERAIS

AB' SABER, A. N.; FLORAM: Nordeste Seco. **Revista Estudos Avançados**, v. 4, p. 149-174, 1990.

ARLARCÓN, A.; FERRERA-CERRATO. Manejo de La micorríza arbuscular em sistema de propagacion de plantas frutícolas. **Terra**, v. 17, n. 3, 1999.

ALMEIDA, J.; FILHO. J. R. F. Mandioca: uma boa alternativa para alimentação animal. **Bahia Agrícola**, v.7. n.1, 2005.

ALMEIDA, R. T.; FREIRE, V. F.; VASCONCELOS, I. Tipos de esporos de fungos micorrizicos VA em solos sob leguminosas arbóreas do estado do Ceará, Brasil. **Ciência Agrônômica**. v. 18, n. 2, p. 41-50, 1987.

AMABILE, R. F.; CORREIA, J. R.; FREITAS, P. L. de; BLANCANEUX, P.; GAMALIEL, J. Efeito do manejo de adubos verdes na produção de mandioca (*Manihot esculenta* CRANTZ). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n.8, p.1193-1199, 1994.

ARAÚJO, M. M.; SANTOS, R. V.; VITAL, A. de F. M.; ARAÚJO, J. L.; FARIAS – JR, J. A. Uso de fósforo em gramíneas e leguminosas cultivadas em neossolo do semiárido. **ACSA – Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 6, n. 1, p. 40-46, 2010.

ARAUJO FILHO, J. A.; CRISPIM, S. M. A. Pastoreio combinado de bovinos, caprinos e ovinos em áreas de caatinga no nordeste do Brasil. I conferencia virtual global sobre produção orgânica de bovinos de corte. 02 de setembro a 15 de outubro de 2002. **Embrapa Pantanal**. Corumbá -MS – Brasil, 2002.

AZCÓN-AGUILAR, C.; CANTOS, M.; TRONCOSO, A.; BAREA, J. M. Beneficial effect of arbuscular mycorrhizas on acclimatization of micropropagated cassava plantlets. **Scientia Horticulturae**, v.72, p.63-71, 1997.

BAKKE, O. A.; FILHO, J. M. P.; BAKKE, I. A.; CORDÃO, M. A. **produção e utilização da forragem de espécies lenhosas da caatinga**. 2010. In: Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga. Edt. Maria Auxiliadora Gariglio, Everaldo Valadares de Sá Barreto Sampaio, Luis Antonio Cestaro, Paulo Yoshio Kageyama. Brasília: serviço Floresta Brasileiro, 2010, 368 p.

BARROS, N. N.; SALVIANO, L. M. C.; KAWAS, J. R. Valor nutritivo da maniçoba para caprinos e ovinos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.25, n.3, p. 387-392, 1990.

BOLAN, N. S., A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. **Plant and Soil**, v. 134, p. 189-207, 1991.

BALOTA, E. L.; LOPES, E. S.; HUNGRIA, M.; DÖBEREINER, J. Ocorrência de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares na cultura da mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n. 7, p. 1265-1276, 1999.

BALOTA, E. L.; LOPES, E. S.; HUNGRIA, M.; DOBEREINER, J. Inoculação de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares na cultura da mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n 6, p. 627-639, 1997.

BALOTA, E. L.; LOPES, E. S.; HUNGRIA, M.; DOBEREINER, J. Interações e efeitos fisiológicos de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares na mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, n.11, p. 1335-1345, 1995.

BARROS, N. N.; SALVIANO, L. M. C.; KAWAS, J. R. Valor nutritivo da maniçoba para caprinos e ovinos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.25, n.3, p. 387-392, 1990.

BELTRÃO, F. A. S.; FILHO, E. C. P. PAES, R. A.; SOLTO, J. S.; MADALENA, J. A. S. Comportamento da maniçoba (*Manihot pseudoglaziovii* Muell. Arg.) sob diferentes espaçamentos e adubações. **Caatinga**, v. 21, n. 4, p.163-166, 2008.

BERBARA, R. L. L.; SOUZA, F. A.; FONSECA, H. M. A. A. Fungos micorrízicos arbusculares: muito além da nutrição. 2006. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa. Nutrição mineral de Plantas**. 2006, p. 432.

BRUNDRETT, M. C. Coevolution of roots and mycorrhizas of land plants. **New Phytologist**, v. 154, p.275-304, 2002.

BURGOS, A. M.; AVANZA, M. M.; BALBI, C. N.; PRAUSE, J.; ARGUELLO, J.A. Modelos para La estimación no destructiva del área foliar de dos cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Cranz.) em La Argentina. **Agriscientia**, v. XXVII, p. 55-61, 2010.

CARRETERO, L. C.; CANTOS, M.; GARCIA, J. L.; AZCÓN. R.; TRONCOSO, A. Growth responses of micropropagated cassava clones as affected by *Glomus intraradices* colonization. **Journal of Plant Nutrition**, v.32, p.261-273, 2009.

CARRETERO, L. C.; CANTOS, M.; GARCIA, J. L.; AZCÓN. R.; TRONCOSO, A. Arbuscular-mycorrhizal contributes to alleviation of salt damage in cassava clones. **Journal of Plant Nutrition**, v.31, p.959-979, 2008.

CARCALHO, A. M. X. **Fungos micorrízicos arbusculares no desenvolvimento de mudas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.)**. Dissertação (mestrado) Universidade Federal de Viçosa – MG, 2008.

CAVALCANTE, U. M. T.; GOTO, B. T.; MAIA, L. C. Aspecto da simbiose micorrízica arbuscular. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, Recife, vols. 5 e 6, p.180-208, 2008-2009.

CENI, G.C.; COLET, R.; PERUZZOLO, M.; WITSCHINSKI, F.; TOMICKI, L.; BARRIQUELO, A.L.; VALDUGA, E. Avaliação de componentes nutricionais de cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Alimentos e Nutrição**, v. 20, n. 1, p.107-111, 2009.

CHAVES, A. P.; OBA, C. A. I. **Coletânea fertilizantes VI: Crítica ao modelo brasileiro de fertilizantes de alta solubilidade**. Documento 63, Rio de Janeiro: CETEM/MCT, p. 25, 2004.

COLOZZI-FILHO, A.; NOGUEIRA, M. A. **Micorrizas arbusculares em plantas tropicais: Café, Mandioca e Cana-De-Açúcar**. 2007. In: Microbiota do solo e qualidade ambiental / Adriana Parada Dias da Silveira; Sueli, dos Santos Freitas. Campinas: Instituto agrônomo, 2007, p. 312.

COLOZZI FILHO, A.; CARDOSO, E. J. B. N. Detecção de fungos micorrízicos arbusculares em raízes de cafeeiro e de crotalária cultivada na entrelinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 35, n. 10, p. 2033-2042, 2000.

COSTA, S. A. P.; MORAES, S. A de; SILVA, A. F.; PEREIRA, L. G. R.; OLIVEIRA, R. G.; OLIVEIRA, A. P. D. de. **Qualidade da raspa de três variedades de mandioca adaptadas a região semiárida**. 2010. IN: Congresso Nordeste de Produção Animal, 6.; Simpósio Nordeste de Alimentação de ruminantes, 7.; Fórum de coordenadores de Pós-graduação em Produção Animal no Nordeste, 1.; Fórum de agroecologia do Rio Grande do Norte, 1.; Mossoró. Anais...Mossoró: Sociedade Nordeste de produção Animal: UFERSA, 2010.

COSTA, C. M. C.; CAVALCANTE, U. M. T.; LIMA JR, M. R.; MAIA, L. C. Inoculum density of arbuscular mycorrhizal fungi needed to promote growth of *Hancornia speciosa* seedlings. **Fruits**, v. 58, n. 5, 2003.

COSTA, C. M. C.; MAIA, L. C.; CAVALCANTE, U. M. T.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Influência de fungos micorrízicos arbusculares sobre o crescimento de dois genótipos de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 6, p.893-901, 2001.

CUNHA, M. C. L.; FERREIRA, R. A. Aspecto morfológico da semente e do desenvolvimento da planta jovem de *Amburana cearensis* (Arr. Cam.) A. C. Smith – cumaru – Leguminosae Papilionoidae. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 25, n. 2, p. 89-96, 2003.

DANTAS, F. R.; ARAÚJO, G. G. L.; BARROSO, D. D.; MEDINA, F. T.; TOSTO, M. S. L.; CHAGAS, E. C. O.; ALVES, M. J.; VASCONCELOS, M. A. X.; SÁ, M. R. A. Qualidade das silagens de maniçoba "*Manihot pseudoglaziovii*" e pornuncia "*Manihot* spp." sob diferentes épocas de aberturas dos silos. 43º **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, João Pessoa – Paraíba, 24 a 27 de julho, 2006.

DECKER, A. R.; NACHTIGALL, G. R. **Elementos requeridos à nutrição de plantas**. 2007, In: Fertilidade do solo. Roberto Ferreira Novaes, Vitor Hugo Alvarez V., Nairan Felix de Barros, Renildes Lúcio F. Fontes, Reinaldo Bertola Cantarutil, Julio César Lima Neves. Viçosa – MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, 1017 p.

DEVIDE, A. C. P.; RIBEIRO, R. L. D.; VALLE, T. L.; ALMEIDA, D. L., CASTRO, C. M.; FELTRAN, J. C. Produtividade de raízes de mandioca consorciada com milho e caupí em sistema orgânico. **Bragantia**, v. 68, n.1, p. 145-153, 2009.
DINIZ, V. M. **Absorção de fósforo e nitrogênio por espécies arbóreas da caatinga nordestina inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares**. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agrossilvipastoris no Semi-Árido) – Universidade Federal de Campina Grande, Patos, PB. 32p, 2006.

FAGBOLA, O.; OSONUBI, O.; MULONGOY, K. Contribution of arbuscular mycorrhizal (AM) fungi and hedgerow trees to the yield and nutrient uptake of cassava in an alley-cropping system. **Journal of Agricultural Science**, v.131, p.79 – 85, 1998.

FERREIRA, L. E.; ANDRADE, L. A. de; GONÇALVES, G. S.; SOUZA, E. P. de; FERREIRA H. V. Diâmetro de estacas e substratos na propagação vegetativa de maniçoba, *Manihot glaziovii* Muell. Arg. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 3, p. 393-402, 2010.

FERREIRA, A. L.; SILVA, A. F.; PEREIRA, L. G. R.; BRAGA, L. G. T.; MORAES, S. A.; ARAUJO, G. G. L. Produção e valor nutritivo da parte aérea da mandioca, maniçoba e pornunça. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 10, n. 1, p. 129-136, 2009.

FERREIRA, W. A.; BOTELHO, S. M.; CARDOSO, E. M. R. **Uso da manipueria (Tucupi) como fonte de nutrientes para o cultivo da mandioca**. Comunicado Técnico, n. 59, p.1-4, 2001.

FIDALSKI, J. Resposta da mandioca à adubação NPK e calagem em solos arenosos do noroeste do Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 8, p.1353-1359, 1999.

FILHO, J. M. P.; BAKKE, O. A.; **Produção de forragem de espécies herbáceas da caatinga**. 2010. In: Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga. Maria Auxiliadora Gariglio, Everaldo Valadares de Sá Barreto Sampaio, Luis Antonio Cestaro, Paulo Yoshio Kageyama, Brasília: Serviço Floresta Brasileiro, 2010, 368 p.

FILHO, A. G.; STROHHAECHER, L.; FEY, E. Profundidade e espaçamento da mandioca no plantio direto na palha. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 3, p.461-467, 2003.

FIUZA, D.da S. **Identificação de características agronômicas e fisiológicas relacionadas com a tolerância a seca em mandioca**. Dissertação (mestrado), Centro de Ciências Agrárias e Biológicas, Universidade federal do recôncavo da Bahia, Cruz das Almas – BA, 2010, 61p.

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.

GIOVANETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, v. 84, n. 3, p. 489-500, 1980.

GOMES, M. A. F.; SOUZA, M. D. de; BOEIRA, R. C.; TOLEDO, L. G. de. **Nutrientes vegetais do meio ambiente: ciclos biquímicos, fertilizantes e corretivos**. 2ª edição rev. e amp. Documento 66, Jaguariúna, Embrapa Meio Ambiente, 2008, 62 p.

GRANT, C.A.; PLATEN, D.N.; TOMAZIEWICZ, D.J. & SHEPPARD, S.C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Inf. Agron.**, v. 1, p.1-5, 2001.

HABTE, M.; BAYAPPANAHALLI, M. N. Dependency of cassava (*Manihot esculenta* Cranz.) on vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **Mycorrhiza**, v. 4, p. 241-245, 1994.

HOWELER, R. H.; SIEVERDING, E. Potentialis and limitations of mycorrhizal inoculation illustrated by experiments with field grown cassava. **Plant and Soil**, v. 75, p. 245-261, 1983.

HOWELER, R. H.; CADAVID, L. F.; BURCKHARDT, E. Response of cassava to VA mycorrhizal inoculation and phosphorus application in greenhouse and field experiments. **Plant and Soil**, v. 69, n. 3, p.327-339, 1982.

HOWELER, R. H.; EDWARDS, D. G.; ASHER, D. J. Application of the flowing solution culture techniques to studies involving mycorrhizas. **Plant and Soil**, v. 59, p. 179-183, 1981.

IBGE, **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2011**. Estatística de produção agrícola.

IBGE, **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2009**. Banco de dados agropecuários. Disponível em www.sidra.ibge.gov.br/bda/pecua.

IBGE, **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2006**. Banco de dados agropecuários. Disponível em www.sidra.ibge.gov.br/bda/pecua.

JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Report**, v. 48, p. 692, 1964.

KANG, B. T.; ISLAM, R.; SANDERS, F. E.; AYANABA, A. Effect of phosphate fertilization and inoculation with VA-mycorrhizal fungi on performance of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) grown on an alfisol. **Field Crop Research**. v. 3, p.83-94, 1980.

LIASU, M. O.; ATAYESE, M. O.; OSONUBI, O. Effect of mycorrhiza and pruning regimes on seasonality of hedgerow tree mulch contribution to alley-cropped

cassava in Ibadan, Nigeria. **African Journal of Biotechnology**, v.5, n.14, p.1341-1349, 2006.

LIASU, M. O.; ATAYESE, M. O.; OSONUBI, O. O. Mycorrhizal inoculation effects on continuous hedgerow-biomass production and nutrient contribution to alley-cropped cassava in Ibadan, Nigeria. **Agroforestry Systems**, v. 64, p.61-71, 2005.

LÓPEZ-BUCIO, J.; HERNÁNDEZ-ABREU, E.; SANCHÉZ-CÁLDERON, L.; NIETO-NACOBÓ, M. F.; SIMPSON, J.; HERRERA-ESTRELA, L. Phosphate Availability Alters Architecture and Causes Changes in Hormone Sensitivity in the Arabidopsis Root System. **Plant Physiology**, v.129, p.244–256, 2002.

MAIA, G. N. **Caatinga: arvores e arbustos e suas utilidades**. São Paulo: D & Z Computação Gráfica e Editora, 2004. 413p.

MATOS, R. M. B.; SILVA, E. M. R. da; LIMA, E. **Fungos micorrízicos e nutrição de plantas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, dezembro. Documento, 98. 36p., 1999.

MERGULHÃO, A. C. E. S. Efeito da inoculação pelo fungo micorrízico arbuscular (*Entrophospora colombiana*) em mudas micropropagadas de mandioca através do sistema aeropônico. **Revista Ecosistema**, v. 26, n. 2, 2001.

MILLER, R. O. 1997. Nitric-Perchloric Acid Wet Digestion in an Open Vessel. In: **Handbook of reference methods for plant analysis**, eds. Kalra, P. Y., CRC Press, Boca Raton, Washington DC, USA. 1997. pp. 57-61.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL - MIN. **Cartilha – Nova Delimitação do Semiárido Brasileiro**. Brasília. 2004.

MIRANDA, J. C. C.; FIALHO, J. F.; MIRANDA, L. N. de. **Importância da micorríza arbuscular para o cultivo da mandioca na região do Cerrado**. Comunicado técnico, 119. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Planaltina – DF, dezembro, 2005.

MIRANDA, L. N. de; FIALHO, J. de F.; CARVALHO, J.L. H. DE; MIRANDA, J. C. C. de. **Utilização do húmus de minhoca como adubo orgânico para a mandioca em solo de Cerrado**. Comunicado Técnico, n. 111, Embrapa Cerrados, Planaltina – DF, março, 2004.

MONTAÑO, N. M.; CAMARGO-RICALDES, S. L.; GARCIA-SANCHEZ, R.

MONROY, A. 2007. **Micorrizas arbusculares: diversidad y funcion**. In: Micorrizas arbusculares em ecossistemas áridos y semiáridos (Arbuscular mycorrhizal in arid

and semiarid ecosystems). Instituto Nacional de Ecologia – SEMARNAT, Mundi – Preuza S A de C V, U A M – Iztapalapa, FES Zaragoza, UNAM, Distrito Federal, México, 2007, p. 460,

MORAES, D. A. E. F.; VASCONCELOS, A. M. de. Alternativas para incrementar a oferta de nutrientes no semiárido. **Revista Verde** (Mossoró – RN – Brasil), v.2, n.1, p. 01-24, 2007.

MOREIRA, F. M. de S.; FARIA, S. M. de; BALEIRO, F. de C; FLORENTINO, L. A. **Bactérias fixadoras de nitrogênio e fungos micorrízicos arbusculares em espécies florestais: avanços e aplicações biotecnológicas.**2010, In: Biotecnologia aplicada a agricultura: textos de apoio e protocolos experimentais. Márcia do Vale Barreto Figueiredo, Hélio Almeida Burity, José de Paula Oliveira, Carolina Etienne de Rosália e Silva Santos, Newton Pereira Stamford, Brasília – DF: Embrapa Informação Tecnológica; Recife – PE: Instituto agrônômico de Pernambuco (IPA), 2010, 761 p.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Microbiologia e Bioquímica do solo. **Universidade Federal de Lavras.** 2º edição, Lavras. 2006, 523 p.

NAKATANI, A. S.; MESCOLOTTI, D. L. C.; NOGUEIRA, M. A.; MARTINES, A. M.; MIYAUCHI, M. Y. H.; STURMER, S. L.; CARDOSO, E. J. B. N. Dosage-dependent shift in the spore community of arbuscular mycorrhizal fungi following application of tannery sludge. **Mycorrhiza**, v. 21, p. 515–522, 2011.

NASSAR, N. M. A; ORTIZ, R. Cassava improvement: challenges and impacts. **Journal of Agricultural Science**, v. 145, p. 163–171, 2006.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F.N. **Fósforo.** 2007, In: Fertilidade do solo. Roberto Ferreira Novaes, Vitor Hugo Alvarez V., Nairan Felix de Barros, Renildes Lúcio F. Fontes, Reinaldo Bertola Cantarutil, Julio César Lima Neves. Viçosa – MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, 1017 p.

NOVAIS, R. F de. **Fósforo e ambiente.** 1999, IN: Fósforo em solo e planta em condições tropicais/ Roberto Ferreira Novais, J. zet Smyth, Viçosa – MG: UFV, DPS, 1999, 399 p.

OKON, I. E.; SOLOMON, M. G.; OSONUBI, O. The Effects of Arbuscular Mycorrhizal Fungal Inoculation and Mulch of Contrasting Chemical Composition on the Yield of Cassava under Humid Tropical Conditions. **The Scientific World Journal**, v.10, p. 505–511, 2010.

OLIVEIRA, F. R. B. **Valor nutricional e consumo de plantas arbóreas, arbustivas e herbáceas nativas da caatinga.** Petrolina - PE. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, 2010. 71p.

OLIVEIRA, M. C. de & SILVA, C.M.M. de S. **Comportamento de algumas leguminosas forrageiras para pastejo direto e produção de feno na região semiárida do Nordeste.** Petrolina – PE: Embrapa – CPATSA, Comunicado Técnico 24, 1988. 6p.

OMORUSI, V.I. AND D.K.G. AYANRU, Effect of NPK fertilizer on diseases, pests and mycorrhizal symbiosis in cassava. **Internationale Journal Agriculture Biology**, v. 13, p. 391–395, 2011.

OTSUBO, A. A.; MERCANTE, F. M.; MARTINS, C. de S. **Aspecto do cultivo da mandioca em Mato Grosso do Sul.** Dourados, Embrapa Agropecuária Oeste, Campo Grande, UNIDERP, 2002, 219 p.

OYENTUJI, O. J.; EKANAYAKE, I. J.; OSONUBI, O. The relationship between water deficit, arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) inoculation and chlorophyll fluorescence in cassava (*Manihot esculenta* Crantz.) **African Crop Science Conference Proceedings**, v.8, p.1187-1196, 2007.

OYENTUJI, O. J.; OSONUBI, O.; EKANAYAKE, I. J. Contributions of an alley cropping system and arbuscular mycorrhizal fungi to maize productivity under cassava intercrop in the derived savannah zone. **Journal of Agricultural Science**, v.140, p.311–316, 2003.

PARRY, M. M.; CARVALHO, J. G. de; KATO, M. do S. A.; VIELHAUER, K. Estado nutricional da mandioca cultivada em diferentes épocas sob cobertura morta e duas adubações. **Revista Ciências Agrárias**, Belém, n.43, p. 91-114, 2005.

PELLET, D.; SHARKAWY, M. A. Cassava varietal response to phosphorus fertilization. II. Phosphorus uptake and use efficiency. **Field Crops Research**, v. 35, p. 13-20, 1993a.

PELLET, D.; SHARKAWY, M. A. Cassava varietal response to phosphorus fertilization. I. Yield, biomass and gass exchange. **Field Crops Research**, v. 35, p. 1-11, 1993b.

PETER, A. M. B. **Composição botânica e química da dieta de bovinos, caprinos e ovinos em pastoreio associado na caatinga nativa do semiárido de Pernambuco.** Dissertação de Mestrado. Departamento de Zootecnia. Universidade Federal Rural de Recife. Recife. 1992, 86p.

PHILLIPS, J. M.; HAYMAN, D. S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **Transactions of the British Mycological Society.**, v. 55, p. 158-161, 1970.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas.** São Paulo: Editora UNESP, 2008.

PRIMO, D. C.; MENEZES, R. S. C.; SILVA, T. O. Substâncias húmicas da matéria orgânica do solo: uma revisão de técnicas analíticas e estudos no nordeste brasileiro. **Scientia Plena**, v.7, n. 11, 2011

RUIZ, L. A.; SIMÓ, J. RIVERA, R. Nuevo método para La inoculation micorrízica Del cultivo de La yuca (*Manihot esculenta* Crantz.). **Cultivos Tropicais**, v.31, n.3, setembro, 2010.

SABOYA, R. C. C.; CHAGAS JR, A. F.; MONTEIRO, F. P. R.; SANTOS, G. R.; ERASMO, E. A. L.; CHAGAS, L. F. B. Fungos micorrízicos arbusculares afetando a produção de mudas de pinhão manso na região ul do Estado de Tocantins, Brasil. **Revista Ceres**, v. 59, n. 1, p. 142-146, jan-fev, 2012.

SAGGIN-JÚNIOR, O. J.; SILVA, E. M. R. **Micorriza arbuscular – Papel, funcionamento e aplicação da simbiose.** In: Processos biológicos nos sistemas solo-planta e ferramentas para uma agricultura sustentável. Adriana Maria de Aquino, Renato Linhares de Assis. Embrapa Agrobiologia, Brasília – DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005, p. 368.

SAGGIN-JÚNIOR, O. J.; SIQUEIRA, J. O. **Micorrizas arbuscular em cafeeiro.** IN: avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas. Lavras: Universidade Federal de Lavras/DCS e DCF, 1996, p.290.

SALAMI, A. O.; ODEBODE, A. C.; OSONUBI, O. The use of arbuscular mycorrhiza (AM) as a source of yield increase in sustainable alley cropping system. **Archives of Agronomy and Soil Science**,v. 51, n.4, p. 385 – 390, 2005.

SALAMI, A. O.; OSONUBI, O. Influence of mycorrhizal inoculation and different pruning regimes on fresh root Yield of alley and sole cropped cassava (*Manihot esculenta* crantz) in Nigeria. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 49, p. 317 – 323, 2003.

SANTOS, V. S.; SOUZA, A. S.; VIANA, A. E. S.; FILHO, J. R. F.; SOUZA, K. A.; MENEZES, M. C. **Multiplicação rápida, método simples e de baixo custo na produção de material propagativo de mandioca. (recurso eletrônico).** Boletim de pesquisa e desenvolvimento/Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical – 2009.

SCHIAVO, J. A.; SILVA, C. A.; ROSSET, J. S.; SECRETTI, M. L.; SOUZA, R. A. C.; CAPPI, N. Composto orgânico e inoculação micorrízica na produção de mudas de pinhão manso. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 3, p. 322-329, 2010.

SCHUSSLER, A.; SCHWARZOTT, D; & WALKER, C. A new fungal phylum Glomeromycota: Phylogeny and evolution. **Mycological Research** , v.105, p. 1413-1421, 2001.

SIEVERDING, E. **Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems.** Technical Cooperation, Federal Republic of Germany, Eschoborn. [Engl. Ver. By Kathryn Mulhern]. – Friedland: Bremer; Rossdorf: TZ-Verl.-Ges., 1991.

SIEVERDING, E.; T. TORO, S. Effect of mixing VAM inoculums with fertilizers on cassava nutrition and VAM fungal association. **Agriculture, Ecosystems and Environment.**, v..29, p. 397-401, 1989.

SILVA, A. P. G.; SILVA, D. S.; SANTOS, E. M.; ANDRADE, A. P.; MARINHO, R. M.; SILVA, T. C. **Avaliação biométrica e produtividade da rebrota de maniçoba (*Manihot pseudoglasiovii*) em função da densidade do plantio e da adubação orgânica e mineral.** 47º Reunião Anual da sociedade Brasileira de Zootecnia. Salvador – BA – UFBA, 27 a 30 de Julho de 2010.

SILVA, T. F. B.; SANTOS, A. B. S.; ROZAS, C. E. O.; SANTOS, A. C.; PAIVA, L. M. Influência da densidade de fungos micorrízicos arbusculares na produção de maracujazeiro-doce (*Passiflora alata* Curtis). **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 4, p. 1-6, 2009.

SILVA, R. L. N. V.; ARAÚJO, G. G. L.; SOCORRO, E. P.; OLIVEIRA, R. L.; GARCEZ NETO, A. F.; BAGALDO, A. R. Níveis de farelo de melancia forrageira em dietas para ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n.6, p. 1142-1148, 2009.

SILVA, A. F.; SANTOS, A. P. G.; OLIVEIRA, A. P. D.; MORAES, S. A.; SANTANA, L. M. Produção de forragem e composição química da pornuncia cultivada sob solo com fertilidade natural em pornuncia-PE. **VI Congresso Brasileiro de Agroecologia. II Congresso Latino Americano de Agroecologia.** Curitiba – Paraná – Brasil. 09 a 12 de Novembro de 2009.

SILVA, J.; FILHO, J.R.F. **Produção de biomassa de mandioca. Mandioca em foco.** Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. n. 34, dezembro. 2007.

SILVA, M. A.; SILVA, F. S. B.; YANO-MELO, A. M.; MELO, N. F.; MAIA, L. C. Fungos micorrízicos arbusculares e vermicomposto na aclimação de *Alpinia purpurata* (Viell.) Schum e *Zingiber spectabile* Griff. (Zingiberaceae). **Acta Botânica Brasílica**, v.20, n. 2, p. 249-256, 2006.

SILVA, A. F.; SANTANA, L. M. **Crescimento de mandioca, maniçoba e pornuncia conduzidas sob podas em épocas distintas na região semiárida.** In: Congresso Brasileiro de Mandioca, 11.; 2005, Campo grande – MS. Anais...Campo Grande: Governo do estado de Mato Grosso do Sul: Embrapa Agropecuária oeste, 2005.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos.** 3ed. Viçosa: UFV, 2002, 235p.

SIQUEIRA, J. O.; LAMBAIS, M. R.; STURMER, S. L. **Fungos micorrízicos arbusculares: características, associação simbiótica e aplicação na agricultura.** Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento, n. 25, março-abril, 2002.

SIQUEIRA, J. O.; KLAUBERG-FILHO, O. **Micorrizas arbusculares: A pesquisa brasileira em perspectiva.** 2000. In: Novaes, r. f.; Alvarez, v. v. h.; Schaefer, C. E. G. R. Tópicos em Ciências do Solo. v. 1, Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2000.

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.

SMITH, S. E.; READ, D. J. **Arbuscular mycorrhizas.** In: SMITH, S. E.; READ, D. J. (Third Edition) Mycorrhizal symbiosis. London: Academic Press, 2008.

SOUTO, S. M.; PAULA, M. A.; FRANCO, A. A. **Micorrizas vesicular-arbusculares em plantas forrageiras – Aspectos agrônômicos e interações microbiológicas.** Seropédica:Embrapa – CNPDS, documento 07, p. 29, 1992.

SOUZA, F. A.; SILVA, I. C. L. BERBARA, R. L. L. **Fungos micorrízicos arbusculares: muito mais diversos do que se imaginava.** 2008. In: Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros / Fátima M. S. Moreira, José O. Siqueira, Lijbert brussaard – Lavras, UFLA, 2008, p. 768.

SOUZA, L. S.; FIALHO, J. F. **A cultura da mandioca**. Embrapa Mandioca e Fruticultura. Sistema de produção, 8. 2003.

SOUZA, F. A.; TRUFEM, S. S. B.; ALMEIDA, D. L.; SILVA, E. M. R.; GUERRA, J. G. M. Efeito de pré-cultivos sobre o potencial de inóculo de fungos micorrízicos arbusculares e produção da mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.3, n.10, p.1913-1923, outubro, 1999.

STRAKER, C. J.; HILDITCH, A. J.; REY, M. E. C. Arbuscular mycorrhizal fungi associated with cassava (*Manihot esculenta* Crantz) in South Africa. **South African Journal of Botany**, v. 76, n. 1, p. 102-111, 2010.

TEIXEIRA, J. P. F. Composição química de sementes de *Manihot catingae* ULE. **Bragantia**, Campinas, v. 46, n. 2, p. 431-434, 1987.

TRINDADE, A. V.; FARIA, N. G.; ALMEIDA, F. P. Uso de esterco no desenvolvimento de mudas de mamoeiro colonizadas com fungos micorrízicos.

Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.35, n.7, p.1389-1394, 2000.

TRISTÃO, F. S. M.; ANDRADE, S. A. L.; SILVEIRA, A. P. D. Fungos micorrízicos arbusculares na formação de mudas de cafeeiro, em substratos orgânicos comerciais. **Bragantia**, Campinas, v.65, n.4, p.649-658, 2006.

VALE, F. X. R.; FILHO, E. I. F.; LIBERATO, J. R. **Quant versão 1.0.1**, abril, 2003.

VASCONCELOS, W. A.; SANTOS, E. M.; EDVAN, R. L.; SILVA, T. C.; MEDEIROS, G. R.; FILHO, L. T. S. Morfometria, produção e composição bromatológica da maniçoba e pornuncia, em diferentes fontes de adubação. **Revista trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 4, n. 2, p. 37, 2010.

ZAAG, P. V.; FOX, R. L.; DE LA PENA, R. S.; YOST, R. S. P nutrition of cassava, including mycorrhizal effects on P, K, S, Zn and Ca uptake. **Field crops research**, v. 2, p. 253-263, 1979.